

Теоретический и прикладной научно-технический журнал

ISSN 9967-45-57

ИЗВЕСТИЯ

**Кыргызского государственного технического
университета им. И. Раззакова**

№ 16

*Материалы международной научно
технической конференции*

*« Наука, образование, инновации:
приоритетные направления развития»,
посвященной 55-летнему юбилею*

*Кыргызского государственного технического университета
им. И.Раззакова*

Организаторы конференции: КГТУ, МГТУ им. Н.Баумана, МЭИ (ТУ)

БИШКЕК 2009

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Джаманбаев М.Дж. – доктор физико-математических наук, профессор
(*главный редактор*);
Дуйшеналиев Т. Б. – доктор физико-математических наук, профессор
(*заместитель главного редактора*);
Курманалиев К. – кандидат физико-математических наук, доцент
(*ответственный секретарь*);
Абдрахманов С.А. – доктор физико-математических наук, профессор;
Бабак В.Ф. – доктор технических наук, профессор;
Батырканов Ж.И. – доктор технических наук, профессор;
Джуматаев М.С. – доктор технических наук, академик НАН КР;
Марипов А. М. – доктор физико-математических наук, профессор;
Муслимов А. П. – доктор технических наук, профессор;
Обозов О. Дж. – доктор технических наук, профессор;
Джунушалиева Т.Ш. – доктор химических наук, профессор;
Абдымаликов К.А. – доктор экономических наук, профессор;
Саралаев Н.К. – доктор философских наук, профессор;
Шамшиев О.Ш. – доктор геолого-минералогических наук, профессор;
Осмонбетов К.О. – доктор геолого-минералогических наук, профессор.

Ответственный за выпуск	Курманалиев К.
Редакторы языковой редакции	Мухатаева А.Ш., Сонколова С.А., Суванбердиева Н.Е., Дмитриенко К.М., Лыткин Ю.С.
Корректор	Сонколова С.А.
Технический редактор и компьютерная верстка	Сонколова С.А.

Подписано к печати 06.08.2009. Формат бумаги 60x84¹/₈. Бумага офс.
Печать офс. Объем 51,8 п.л. Тираж 150 экз. Заказ 362. Цена 361-40 с.

Издательский Центр “Текник”
Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова
720044, Бишкек, ул. Сухомлинова, 20.
тел.: 56-14-55, 54-29-43
E-mail: ict@ktu.aknet.kg, beknur@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	7
ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ.....	11
Реализация алгоритма решения двумерной задачи теплопроводности по неявной схеме для модели суперкомпьютера параллельной потоковой вычислительной системы (ППВС) <i>Акжолов М.Ж.</i>	11
О современных тенденциях развития информатизации и электронного управления <i>Живоглядов В.П.</i>	15
Реализация алгоритма адаптивного тестирования с использованием технологии нейронных сетей <i>Савченко Е.Ю.</i>	20
Выбор, обоснование и основные характеристики информационных технологий для разработки информационной системы <i>Мамбеталиева С.М.</i>	24
Модель структуры сотовой сети umts с учетом рельефа местности <i>Каримов Б.Т., Кыдыралиев М.С.</i>	30
Исследование степени защиты информации в системе связи с шумоподобными сигналами <i>Ванюков А.Ю.</i>	35
Разработка системы краткосрочного прогнозирования динамических показателей <i>Мусина И.Р.</i>	37
Концепция сети связи нового поколения для модернизации телефонной сети общего пользования <i>Баянкина Е.В.</i>	41
Тенденции развития оптических транспортных сетей в концепции NGN <i>Баянкина Е.В.</i>	46
Обзор результатов исследований беспроводных сетей передачи данных использованных в модели обслуживания сети FON <i>Ашералиева А.Е.</i>	52
Концепция исследования трафика в технологии многопротокольной коммутации по меткам MPLS <i>Зимин И.В.</i>	56
Защита существующих и планируемых станций различных служб радиосвязи от помех устройств малого радиуса действия <i>Джылышбаев Н.А.</i>	63
Создание информационных систем тестирования в среде интернет с использованием технологий искусственного интеллекта <i>Боскебеев К.Д.</i>	66
Методика проведения диагностического анализа и автоматизация решения задач технической диагностики <i>Асылбеков Н.С., Кыдыралиева Г.Ж.</i>	68
Автономный инженерный метод расчета теоретического цикла ДВС <i>Энгельшт В.С., Искаков Р.Т., Балан Р.К.</i>	72
Review of software developments for computer languages using objective <i>Erdolatov S.S.</i>	76
Land cover change detection using spot-4 vgt ndvi times-series data <i>Karimova G.T., Shefali Agrawal</i>	80
Алгоритмы и программные комплексы слежения за спектральными характеристиками сейсмических волн. <i>Молдобеков К.М., Дакинова З.К.</i>	85
Дифференциальный амперметр <i>Каримов Б.Т., Елкин М.Ю., Кыдыралиев М.С.</i>	88
Выбор инструментальных средств для работы с онтологиями <i>Бабак В.Ф., С.Н. Каткова.</i>	91
Использование экономического подхода для целевой функции задачи составления расписания <i>Салиев А.Б., Кононов Р.А.</i>	94
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА.....	98
Программное управление движением упругого звена манипулятора <i>Маслов А.Н., Меркурьев И.В., Подалков В.В.</i>	98
Image processing using maple <i>Zhazgul Abdraitova, Prof.Dr.Babak V.F.</i>	102
К проектированию динамических регуляторов многомерных систем управления <i>Кожекова Г.А., Оморев Т.Т.</i>	105
Автоматизация управленческого и оперативного учета <i>Кубатбекова Л.Т.</i>	108
ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ.....	110
Гибка стального листа на кромкогибочном прессе при производстве труб большого диаметра <i>Шинкин В.Н., Уандыкова С.К.</i>	110

Разработка банка модулей технологических процессов изготовления детали	
Арзыбаев А.М.	112
Проблемы адаптации автотранспортных средств при эксплуатации в горных условиях	
Турсунов А.А.	114
Динамический анализ машин с механизмом переменной структуры	
Зиялиев К.Ж., Чинбаев О.К., Такырбаев А.Б., Дюшембаев Ж.Ж.	118
Исследование крупнообломочных включений грунтов	
Тургунбаев М. С.	122
Двухконтурная автоматическая система управления режимами работ станка на гидростатической опоре	
Юнусов Ф.И.	127
О виртуальной лаборатории плазменной обработки металлов	
Жайнаков А.Ж., Кабаева Г.Д., Аманкулова Н.А., Жумалиев Ж.М.	131
Технология чеканки у средневековых кыргызов	
Кененсариев К.С., Курманалиев Б.К., Рабидинова А.Д.	134
Анализ рабочих органов машин для зимнего содержания горных дорог	
Тургумбаев Ж.Ж., Башиков И.Т.	138
Определение кинематических параметров рабочего оборудования для подводного копания узких траншей	
Тургумбаев С.Дж.	142
Результаты исследований процесса погружения нагретых каменных частиц в снежный покров дороги	
Тургумбаев Ж.Ж., Гапарова Ж.Т.	145
Синтез пятизвенных стержневых механизмов и их аналогов	
Садиева А.Э.	148
Пылеватые и глинистые грунты с крупнообломочными включениями	
Тургумбаев Ж.Ж., Тургумбаев М.С.	151
Определение температурных режимов охлаждения горячекатаных полос на отводящем рольганге широкополосных прокатных станов	
Абсадыков Б.Н.	154
Өзгөрүлмө структуралуу механизмдердин кинематикалык сөлөкөттөрүн талдоо	
Илиязов О.И., Чылтакбаева Д.Б.	157
Кинематический анализ схем ударных механизмов переменной структуры с наибольшим основанием.	
Бакиров Б.Б., Аликеев С.С.	162
Обоснование необходимых и достаточных условий, обеспечивающих идентичность решений универсальной структурной системы	
Садиева А.Э.	166
Наплавка нержавеющей сталей электродуговой сваркой в среде защитного газа и через CMT процесс	
Talant Ryspaev, Volker Wesling	169
GPRS-based remote control - two years of operation at a wastewater treatment plant at the Issyk-Kul lake area	
Kern P., Bongards M.	174
Online monitoring of environmental process data based on open standards of the open geospatial consortium (OGC)	
Bongards M., Kern P.	178
Mechanical damping in magnesium prepared by ball milling in medium temperature region	
Z. Trojanová, P. Lukáč, B. Weidenfeller, W. Riehemann.	183
Theoretical And Experimental Approach To Characteristic Magnetic Measurement Data Of Polymer Bonded Soft Magnetic Composites	
M. Anhalt and B. Weidenfeller.	189
Effect of overageing temperature on the super plastic behavior in magnesium alloys	
Wesling, V. Ryspaev T., Schram A.	194
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ	199
Математическое моделирование сопряженной турбулентной смешанной конвекции в прямоугольной области	
Кузнецов Г.В., Шеремет М.А.	199
Эффективность применения фотоэлектрических станций на территории астраханской области	
Абельдаев А.Р., Зайнутдинов Р.А., Кошарная Ю.В.	203
Миниатюрные электродвигатели – конструкции и технологии изготовления	
Беспалов В.Я., Володин А.М.	206
Модернизация асинхронного двигателя для частотно-регулируемого привода экскаватора	
Беспалов В.Я., Качалина Е.В.	207
Анализ динамических характеристик частотно-регулируемого асинхронного двигателя	
Беспалов В.Я., Лафишев М.А., Нгуен Хонг Мань	208
Параллельная работа асинхронизированных и синхронных турбогенераторов на примере пермской ГРЭС	
Котеленец Н.Ф., Марков А.Ю.	209
Расчет электромагнитного перемешивания жидкой стали при полунепрерывной разливке	
Фисенко В.Г., Соловьев А.А.	210
Трансформатор тока	
Дениско А.В.	211
Методика комплексного определения электрических нагрузок на основе кластерного и ценологического анализа	
Иваничев А.В.	212

Исследование и расчет потерь активной мощности в линии электропередачи при замене медных проводов на стальные или сталеалюминевые	214
Козьмина И.С., Грамма С.В., Матекова Г.Д.	
Исследование и расчет погонных параметров воздушных линий, выполненных из проводов марок АС-95/16, СА-95, ПС-70, ПС-95, М-70, АП-640	
Козьмина И.С., Симуткин М.Г., Асанова С.М.	217
Особенности расчета и моделирования вентильно-реактивных электрических машин (ВРМ)	
Кузнецов В.А., Кузьмчев В.А., Марков А.С.	219
Анализ синхронного генератора с гибридным возбуждением, обладающего переменной полюсностью	
Ширинский С.В.	223
Анализ характеристик микроомметров для диагностики элементов токоведущего контура силовых трансформаторов	
Тан Тайк У.	226
Электрдик информация техникасын изилдөө жана техникалык кыргыз тилин жаратуунун зарылдыгы	
Нургазы Жумалы	230
Проектирование программного обеспечения системы релейной защиты трансформатора на основе PLC	
Нургазы Жумалы	238
Кадровое обеспечение энергетической безопасности Кыргызской Республики	
Баатов Б.И.	242
Разработка энергосберегающей схемы электропитания электродов электродуговой установки для плавки базальтовых пород	
Байсалов Э.А., Кадыров И.Ш., Полянинов Г.А., Дубинин Ю.Н.	246
Проблемы энергокризиса, энергобезопасности и энергоэффективности Кыргызской Республики	
Касымова В.М.	250
Устойчивость к воздействиям внешних полей электромагнитных механизмов с постоянными магнитами	
Галбаев Ж.Т.	255
Разработка базовых схем микропроцессорного управления электромеханическими системами машинных агрегатов	
Бочкарев И.В., Кадыров И.Ш., Галбаев Ж.Т.	260
О потенциале энергосбережения	
Суеркулов М.А., Попова И.Э.	265
Об электромагнитной совместимости электрооборудований и электронных устройств	
Суеркулов М.А., Асанов А.К., Попова И.Э.	269
Анализ компенсации реактивной мощности в электрических сетях 110-500 кВ Кыргызстана	
Симаков Ю. П., Жолдошова Б. М.	272
Вычислительные сети Петри для реализации дискретных схем замещения линейных элементов электрических цепей	
Асанова С. М.	277
Вычислительные сети Петри для узлов дискретных схем замещения сложных электрических цепей	
Асанова С. М.	283
Алгоритм расчета сопротивления силового резистора с управляемой характеристикой	
Иманакунова Ж.С.	288
К одной из задач использования сезонных аккумуляторов тепла	
Насирдинова С.М.	291
Из истории тарифов	
Бузурманкулова Ч.М.	293
Процессы управления качеством путем повышения надежности технических средств, работающих на возобновляемых источниках энергии	
Адаев М.Р.	295
Система качества и повышение надежности технических средств, работающих на возобновляемых источниках энергии	
Адаев М.Р.	297
Коммерческие потери, обусловленные хищением электроэнергии	
Кадиева А.К.	301
Spectrally selective coatings for solar thermal collectors	
Botraev Ruslan	302
Vacuum Circuit Breaker Model in EMTP-ATP for the examination of Multiple Resignations Inductive Circuits	
Friedrich Wilhelm Veuhoff	307
ГОРНОЕ ДЕЛО	313
Формирование требований к трансмиссии геолода	
Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Бегляков В.Ю., Блащук М.Ю., Тимофеев В.Ю., Сапожкова А.В.	313
Влияние технологии производства твердых сплавов на прочность горного инструмента	
Бурков П.В., Бурков В.	315
Совершенствование конструкции заднего опорного устройства проходческого комбайна КСП-22	
Бурков П.В., Бурков В.П., Тимофеев В.Ю.	318
О состоянии и перспективах добывающих отраслей Кыргызской Республики	
Мамбетов Ш.А.	321
Комплексное использование – основы эффективного освоения богатств недр	
Мамбетов Ш.А., Абдиев А.Р., Орусбаев А.А.	323

Геомеханическая оценка породного массива месторождения «Трудовое» <i>Мамбетов Ш.А., Баканов Н.Б.</i>	326
Геодинамическая модель и прогнозная карта напряженно-деформированного состояния породного массива месторождения Каракече <i>Абдиев А.Р.</i>	329
Совершенствование технологии бурения скважин сурьмяно-ртутных месторождений Кыргызской Республики <i>Ысаков А. Ж.</i>	333
Разделение золотосодержащих песков на концентрационном столе <i>Акматава М.Р., Алмакучукова Г.М.</i>	337
Кинетика цианидного выщелачивания кеков сернокислотного выщелачивания упорных золотомедных руд <i>Кожонов А.К., Ногаева К.А., Романов Ч.К.</i>	340
Определение энергии активации оксалатов редкоземельных элементов (РЗЭ) методом дифференциально-термического анализа <i>Бугубаева М.А., Татыбеков А.</i>	344
Оптимизация комбинированной схемы обогащения смешанных разнотипных руд <i>Кожонов А.К., Ногаева К.А., Шамыраниева А.А.</i>	351
Уровень ультрафиолетовой радиации солнца в различных геоэкологических условиях Кыргызстана <i>Бекболотова А.К., Сатыбалдиева Ж.Ж.</i>	355
ГЕОЛОГИЯ	358
Космические методы геологических исследований: история, современное состояние, некоторые результаты <i>Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г.</i>	358
Новая методика прогноза и поиска эндогенного оруденения в закрытых территориях центральных Кызылкумов <i>Турапов М.К., Акбаров Х.А., Дулабова Н.Ю., Усманов Д.Х., Кабаев О.Д.</i>	362
Роль тектонических напряжений в процессах эндогенного рудообразования в Чаткало-Кураминском регионе <i>Турапов М.К., Акбаров Х.А., Умарходжаев М.У., Дулабова Н.Ю.</i>	365
Методика количественного прогнозирования оруденения в рудных полях <i>Аkbаров Х.А., Турапов М.К., Кабаев О.Д., Усманов Д.Х., Мирзаева Г.А.</i>	369
Некоторые вопросы локального прогнозирования оруденения в рудных полях Тянь-Шаня <i>Аkbаров Х.А., Турапов М.К., Кабаев О.Д., Усманов Д.Х., Мирзаева Г.А.</i>	371
Опыт оценки реакции рельефа территории Чуйской долины Кыргызской Республики на техногенное загрязнение <i>Детушев А.В., Кожобаев К.А.</i>	374
Экогеохимические проблемы вод верховьев реки Нарын <i>Оторова С.Т., Кожобаев К.А.</i>	378
Оползневые процессы как стихийные явления <i>Донбаева Г.Ч.</i>	382
Новая теория происхождения месторождения каменного угля в осадочных горных породах из лесной древесной массы <i>Ревин В.А.</i>	385
Перспективные металлогенические эпохи кыргызской части Тянь-Шаня <i>Кабаев О.Д.</i>	388
Металлогенические особенности вендских формаций Тянь-Шаня <i>Кабаев О.Д.</i>	392
О генезисе золота – медного месторождения Бозымчак и закономерности распределения золота в процессе скарна - рудообразования <i>Сатыкеев Д.С.</i>	396
Существующие взгляды о происхождении и минерально- сыровом потенциале джаспероидов <i>Туркбаев П.Б.</i>	401
Минеральный баланс золота месторождения Куру-Тегерек <i>Байтукенова Н.О.</i>	404
Основные пороодообразующие минералы месторождения Куру-Тегерек <i>Байтукенова Н.О.</i>	408
Разработка программного обеспечения системы автоматизации очистной установки <i>Кошоева Б.Б., Иманалиева Ж.</i>	411

ПРЕДИСЛОВИЕ

В истории Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова было немало значительных событий. К их ряду, без преувеличения, относится и его 55-летний юбилей. Более того, я бы позиционировал эту дату как событие, далеко выходящее за рамки масштаба образовательной сферы республики.

В судьбе КГТУ, как ни в одном другом вузе, отразилась судьба Кыргызской Республики. Разделяя вместе со страной все радости и невзгоды, ее первый инженерный вуз сумел достойно пройти 55-летний путь и реализовать свою миссию. Он добился главного показателя: эффективности системы высшего инженерного образования - удовлетворение жизненных потребностей страны и народа. Из года в год, несмотря на все сложнейшие преобразования в стране и обществе, он успешно выполнял свое конкретное дело - выпускал высококвалифицированных специалистов инженерно-технического и инженерно-экономического направлений, которые, в свою очередь, развивали весь производственный спектр Кыргызстана.

Это наши выпускники: инженеры, ученые, организаторы производства, предприниматели возводили каскад гидроэлектростанций на реке Нарын; создавали уникальные аппараты и системы управления производством и различными оборонными спецобъектами, строили дома, фабрики, заводы, шахты; создавали уникальные транспортные коммуникации, разрабатывали и внедряли оригинальные технологии в пищевую, перерабатывающую и легкую промышленность.

Сегодня, пожалуй, трудно найти производственную компанию, фирму, образовательное и научное учреждение, сферу услуг, где бы не трудились питомцы Политеха. Более того, тысячи из них успешно реализуют полученные знания далеко за пределами Кыргызстана. Это убедительное свидетельство востребованности инженера, ученого-исследователя с дипломом отечественного Политеха. Вот почему юбилейная дата заставляет нас по-новому оценить историческое значение Кыргызского государственного технического университета, внесшего уникальный вклад в развитие экономики, инженерного образования, технической науки и культуры страны.

Для того, чтобы осмыслить значение КГТУ, его особое место в образовательном и научном пространстве, его вклад в развитие интеллектуального потенциала страны, мы невольно обращаемся к событиям 55-летней давности и к памяти тех, кто в труднейших условиях послевоенной разрухи двадцатого столетия сделал ставку на техническое направление, развитие инженерного образования, подготовку собственных инженерных кадров. Я бы подчеркнул, подготовку и воспитание созидателей, способных своим умом, интеллектом, руками поднять разрушенную экономику страны, вывести ее из тяжелейшего кризиса. Дань огромной признательности и благодарности мы сегодня отдаем инициатору создания первого инженерного вуза Кыргызстана - Фрунзенского политехнического института, выдающемуся политическому и государственному деятелю, поистине великому сыну кыргызского народа Исхаку Раззакову и его сподвижникам. В то время было немало сомневающихся в реальных перспективах развития технического образования и исследовательской мысли в традиционно аграрной среднеазиатской республике. Только время и последующие поколения сумели по достоинству оценить мудрость и дальновидность Исхака Раззакова, который доказал личным примером, что судьба человека, общества и государства в целом не может быть успешной без добротного образования.

Открытие в сентябре 1954 года Фрунзенского политехнического института стало настоящим прорывом в образовательной сфере страны, а со временем, и в системе высшей школы Советского Союза. С высоты сегодняшних дней кажется невероятным, что КГТУ-1954 начинался с двух факультетов (горно-технический и строительно-энергетический), с 350 студентами, 31 преподавателем, среди которых было всего 4 кандидата наук. Однако уже через два года количество факультетов увеличивается вдвое (строительный, энергетический, горно-геологический, механико-технологический). Процесс развития ФПИ в те годы был удивительно динамичным. К 1959 году он состоял из пяти дневных, одного вечернего факультетов и 31 кафедры. В 1962 году проспект Мира украсил главный корпус института. В 1963 году были открыты два общетехнических факультета в гг. Ош (ныне Ошский технологический университет) и Кара-Куль. В 1965 преподавателям ФПИ предоставляется возможность обучаться в аспирантурах и докторантурах ведущих технических вузов СССР. В 1967 году стала издаваться многотиражная газета "Политехник". В 1969 году в вузе появились первые ЭВМ. Открывались новые кафедры, специальности, строились новые учебные корпуса, по-новому оснащенные аудитории, учебные кабинеты. Укреплялась связь с производством, организовывались студенческие конструкторские бюро (СКБ), множество научных кружков. Студенты и преподаватели ФПИ становились призерами республиканских и всесоюзных научных конкурсов, рекордсменами в спортивных состязаниях, самостоятельном творчестве. И что особенно важно, на мой взгляд, студенты с первых лет приобщались к активному труду на благо университета и республики: помогали строить учебные корпуса, общежития, базу отдыха "Политехник" на берегу озера Иссык-Куль, спортивный комплекс. Плодами их труда с благодарностью пользовалось не одно поколение студентов и

преподавателей. В летнее время студенты ФПИ отправлялись в строительные отряды, оказывали неоценимую помощь колхозам, совхозам, шахтам, ГЭС, промышленным предприятиям. Таким образом, будущие специалисты познавали цену рабочего труда, производственные процессы, без чего настоящему инженеру не состояться.

К своему 20-летию юбилею ФПИ представлял собой крупнейший образовательно-научный комплекс с современным лабораторным оборудованием и высококвалифицированным профессорско-преподавательским составом. Подготовка будущих инженеров осуществлялась 12 факультетами, на 60 кафедрах, где обучались 13 тысяч студентов по 26 специальностям, 350 преподавателями (200 - с учеными степенями и званиями). К тому времени ФПИ стал кузницей подготовки высококвалифицированных кадров для промышленности и строительства Кыргызской Республики и всего среднеазиатского региона. Среди выпущенных 11,5 тысяч инженеров тысячи стали ведущими специалистами, главными инженерами, управляющими трестов, директорами комбинатов, заводов, рудоуправлений, автохозяйств, проектных институтов, НИИ. Многие из них стали видными учеными, государственными и политическими деятелями. Фрунзенский "Политех" становится подлинным центром притяжения наиболее талантливых выпускников престижных центральных вузов. За 20 лет ФПИ сумел взрастить новое поколение профессорско-преподавательских кадров. Они составляли 70% всего ППС.

За достигнутые успехи в подготовке высококвалифицированных кадров коллективу ФПИ, в числе 26 лучших вузов страны в честь 50-летия образования СССР был вручен Юбилейный почетный знак ЦК КПСС, Президиума Верховного Совета СССР, Совета Министров СССР и ВЦСПС. Результаты 20-летнего взлета ФПИ мы неизменно связываем с именем его первого ректора, истинного приверженца инженерного образования и науки, наделенного замечательными человеческими качествами, профессора Георгия Акимовича Сухомлинова. Будучи талантливым лидером и организатором, он сумел привлечь в ФПИ научно-техническую элиту: Акматбека Сагынбека Джамаубаева, Усенгазы Асаналиевича Асаналиева, Леонида Трофимовича Дворникова, Рақыма Усубакунова и многих других. Именно эти личности, их единомышленники - бьющая через край творческая энергия ФПИ и дали старт вузовской технической науке, создали замечательные традиции нашего университета, сформировали его идеалы, тот самый дух Политеха, который питает и вдохновляет не только их многочисленных учеников, но и последующие поколения преподавателей и студентов.

Плодотворными годами для Политеха стали 70-80-годы, когда им руководил Владимир Михайлович Журавлев, внесший значительный вклад в развитие ФПИ. В течение нескольких лет наш вуз входил в десятку лучших вузов Советского Союза. Однако, хочу подчеркнуть, что это было время подъема экономики нашей республики, страны в целом, когда государство не жалело средств на образование. Это было время теснейших контактов нашего вуза с бурно развивающейся производственной сферой, с такими прославленными центрами технического образования и науки, как: МВТУ им. Н.Э. Баумана, Московский энергетический институт, Московский автомобильный институт и другие. Это было время систематических стажировок, академической и студенческой мобильности, соответственно, зарождения творческих и человеческих связей, выполнения многочисленных совместных хозяйственных проектов, приносящих вузу и республике солидную экономическую подпитку. Это было время значительного укрепления материально-технической, учебно-лабораторной баз, пополнения и развития библиотечного фонда. Соответственно, это было время дальнейшего расцвета университетской науки, инженерной мысли, разработок, изобретений, внедрений: разработки ученых ФПИ нашли применение в первом луноходе по отбору лунного грунта на Луне.

Затем последующая 15-летняя изоляция от общего образовательного процесса, резкий переход к рыночной экономике, спад производства, невостребованность и бесперспективность технических специальностей, падение престижа профессии инженера наихудшим образом отразились на судьбах наших выпускников, преподавателей, университета в целом. Начался интеллектуальный миграционный процесс, большой отток из вуза ведущих ученых, профессоров, молодых преподавателей в другие сферы и в другие страны. Оставались только потриоты своего дела и университета. В тот период речь шла об его элементарном выживании. Более того, в те годы начался процесс преобразования региональных филиалов в самостоятельные вузы. Однако, время показало нецелесообразность подобных "трансформаций" и, как говорится, все вернулось на круги своя. В последние годы указами руководства страны КГТУ возвращены его бывшие филиалы в гг. Кызыл-Кия и Кара-Куль, а также Институт горного дела и горных технологий. Безусловно, в создавшихся условиях того стихийного периода, когда остро ощущалась кадрово-возрастная проблема, проблема повышения квалификации, подготовки научных кадров, обновления материально-технической базы трудно было вести речь о какой-либо стратегии развития университета, а тем более, инженерного образования и науки в целом. Однако, заложенный предшественниками образовательный, научный, материально-технический, а, главное, духовный потенциал, был настолько высок, что университет продолжал функционировать по заданной траектории.

Сегодня наша Кыргызская Республика, как и другие республики бывшего СССР, переживает самый сложный этап исторического пути, когда необходимо сохранить и упрочить политическую и экономическую независимость страны. И как тут обойтись без создателей, без инженеров! Судя по тому, что государство все чаще делает акцент на необходимость подготовки новых инженерных кадров, на техническое образование молодого поколения, развитие и внедрение исследовательской мысли, приходит

время, когда будут активно востребованы инженерные знания, навыки, мысли, инициативы и желание трудиться на благо общества. Вместе с тем, мы хорошо понимаем, что государство еще не в силах финансировать это направление в достаточной мере. Вузы сегодня финансируются менее чем на 20 процентов от госбюджета. Вместе с тем, известно, что подготовка инженера требует двойных затрат по сравнению с подготовкой гуманитария.

Отвечая на вызовы времени, требующие незамедлительных действий, мы решили выбрать путь активной интеграции в мировое образовательное и научное пространство, путь реализации долгосрочных проектов по возрождению и расширению международного сотрудничества с ведущими техническими университетами ближнего и дальнего зарубежья, позволяющие решить вышеупомянутые проблемы и выйти на новую траекторию развития вуза. Фактически, включившись в процесс глобализации в сфере высшей технической школы, КГТУ также как и наши партнеры, далек от слепого подражания новомодным веяниям. К примеру, поэтапно внедряя Болонскую декларацию и другие образовательные технологии, мы руководствуемся, прежде всего, главной целью - повышением качества учебного процесса, развитием в студентах самостоятельного мышления. Введенное год назад компьютерное и бланочное тестирование по всем предметам позволило оценить реальные знания студентов и качество преподавания, а также отчисление студентов, до сессии - за утери связи с университетом и, после сессии - за неуспеваемость, огромного количества (за учебный год более 1600), позволило снизить уровень проявления коррупции среди преподавателей и студентов. Созданная совместно с европейскими партнерами электронная библиотека, Департамент по управлению качеством по модели ведущих европейских вузов приносят реальные плоды.

Динамика развития международного сотрудничества за последние четыре года нас радует и вдохновляет. Это - создание Кыргызско-Германского технического факультета (КГТФ) совместно с Техническим университетом прикладных наук г. Берлин. Выпуск первых бакалавров КГТФ состоялся в 2008 году, и начинается совместная подготовка магистерских программ с выдачей двойного диплома. Это - создание факультета "МЭИ-КГТУ" совместно с Московским энергетическим институтом (техническим университетом), создание Центра дистанционного обучения совместно с Восточно-Казахстанским государственным техническим университетом им. Д. Серикбаева с выдачей двойного диплома. Это - внедрение совместно с Университетом Ницца-София-Антиполис (Франция) и другими европейскими партнерами проекта по созданию структурной кооперативной сети, которая, начиная с 2007 года, поэтапно связывает крупные университетские библиотеки страны. Это - интеграция с Международным обществом инженерной педагогики (IGIP).

Надежными партнерами по сотрудничеству с КГТУ являются Московский энергетический институт (технический университет), МГТУ им. Н.Э. Баумана, Московский государственный университет печати, Московский технический университет связи и информатики, Московский институт стали и сплавов, Московский институт радиотехники, электроники и автоматики, Магнитогорский государственный технический университет им. Носова, Томский политехнический университет, Рязанский государственный радиотехнический университет, Казанский энергетический университет, а также Технический университет г. Клаусталь (Германия), Технический университет прикладных наук г. Кельн (Германия). Благодаря совместным энергичным контактам с этими вузами, сотни наших лучших студентов, бакалавров, магистрантов, аспирантов и докторантов продолжают бесплатное обучение за рубежом, с условием по окончании учебы возвратиться в свой университет, а преподаватели проходят стажировку, повышают профессиональный уровень, налаживают творческие и человеческие контакты с коллегами, защищают кандидатские и докторские диссертации, публикуют результаты научных изысканий в солидных научных сборниках, журналах, участвуют в совместных НИР и НИОКР. Ведущие профессора из этих вузов читают лекции нашим студентам. Эта трудная и кропотливая работа уже приносит ощутимые дивиденды. Академическая мобильность, стажировки преподавателей обогащают КГТУ современными образовательными технологиями, обновляется парк вычислительной техники, на выигранные нашими молодыми талантливыми преподавателями гранты приобретаются дорогостоящие современные лабораторные приборы и оборудование. Особую радость нам доставляет разрастающийся фонд (традиционный и электронный) библиотечно-информационного центра: только за последние три года пользователи библиотеки получили в качестве подарка сотни ценнейших учебников из МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГУП, технические словари всемирно известной издательской фирмы Langenscheidt из Института Гете и Министерства иностранных дел Германии. Но главным результатом международного сотрудничества мы считаем возвращение на родину наших посланцев, уже завершивших обучение в зарубежных вузах. Ведь именно кадровая политика сегодня является основной для развития инноваций в стране. С гордостью свидетельствую - это современные молодые специалисты с новыми знаниями, новыми идеями и, что особенно важно, с новым мышлением, с рациональным отношением к учебе, знаниям, труду, жизни в целом. Я бы подчеркнул, это - инженеры новой формации, ориентированные на созидание, способные поднять такие приоритетные отрасли нашей экономики, как энергетика, информационные технологии. В их числе и те, кто готов реализовать полученные за рубежом знания и навыки в качестве преподавателей родного Политеха. Уверен, именно они помогут Политеху выпускать специалистов, соответствующих требованиям нашего времени, готовых не просто адаптироваться к новым экономическим условиям, но и мобильно, творчески решать поставленные задачи, способных брать на себя ответственность и принимать конкретные решения в режиме on-line; востребованных на мировом рынке труда, способных

реализовывать научно-исследовательские проекты совместно с отечественными и зарубежными партнерами, вести взаимовыгодные работы с промышленными предприятиями и бизнес-структурами.

Преобразования в учебной, научной, международной и хозяйственной деятельности не могли не отозваться на общественной активности нашего студенчества. Сегодня наши студенты второй год завоевывают призовые места на республиканских фестивалях “Весна Ала-Тоо”, а студенты-спортсмены, начиная с 2007 года, третий год подряд становятся чемпионами Универсиады Кыргызской Республики.

Каков он, сегодняшний КГТУ им.И.Раззакова? Это крупнейший центр технического образования и науки Кыргызстана. Его структурными подразделениями являются: 7 факультетов, 5 институтов, ряд центров и региональных филиалов, которые ведут подготовку студентов по 70 специальностям и более 18 инженерно-техническим и инженерно-экономическим направлениям. В КГТУ обучаются более 19 тысяч студентов. Их обучают 986 преподавателей, из которых 43% доктора и кандидаты наук.

Продолжая заложенную 55 лет назад нашими предшественниками траекторию, мы невольно задаемся вопросом: как сохранить и развивать эти традиции без живой энергии? Нет энергии - нет университета. А чтобы пополнить энергетический запас КГТУ, требуются срочные меры: обновленная траектория развития, новые педагогические кадры, новые ученые, новое оборудование, новые формы существования. В Стратегической программе развития КГТУ на 2008-2011 гг. мы обозначили конкретные цели и задачи, определили миссию университета: "Сохранение и развитие общенациональной технической культуры через укрепление роли КГТУ как ведущего технического вуза страны, подготовка компетентного специалиста-инженера с инновационным мышлением".

К устоявшемуся определению "кузница инженерных кадров КР" я бы добавил "колыбель инженерных кадров". По сути дела, по сравнению с прошлым, когда в Политех поступали в основном юноши и девушки, отличившиеся в точных науках, сегодня, в условиях слабой подготовки школьников в общеобразовательной системе, мы вынуждены готовить будущих абитуриентов в базовых школах, вести отбор способных ребят на школьных олимпиадах по физике, математике, химии, возрождать подготовительные курсы, то есть буквально пестовать будущих инженеров со школьной скамьи.

Мы гордимся, что вот уже 55 лет в нашем вузе происходит труднейший, но вместе с тем чудесный процесс рождения представителей самой созидательной профессии на земле - инженеров. В связи с этим, мне хотелось выразить слова благодарности нашим замечательным преподавателям-патриотам ветеранам Политеха, кто в течение многих лет отдавал родному университету, своим питомцам не только знания, но и душу.

На счету КГТУ более 80 тысяч высококвалифицированных специалистов, среди которых тысячи талантливых изобретателей, видных ученых, организаторов производства, бизнесменов, известных политических и общественных деятелей. И тот факт, что большинство из них востребованы и заслуженно оценены в различных сферах нашей жизни, начиная с предпринимательства и кончая высокой наукой, еще раз свидетельствует об универсальности добротного инженерного образования. Мы рады, что преобразования в учебной, научной, международной, хозяйственной деятельности, происходящие в сегодняшнем КГТУ, по своему духу и динамике созвучны темпам, заданным 55 лет назад. Это значит, что энергия наших предшественников осталась в созданных их руками лабораториях, изобретениях и делах. Она удивительным образом передается из поколения в поколение тем, кто хочет и может созидать и преобразовывать.

Считаю, что юбилей КГТУ - не только прекрасный повод для подведения итогов, но и возможность активизировать учебную и научную работу, еще раз привлечь внимание общества к инженерному образованию, к вузовской науке, к исследованиям, имеющим важное значение и публикациям результатов.

В Известия №16 вошли материалы секций:

информационные и телекоммуникационные сети и системы,

автоматизация и управление,

мехатроника и робототехника,

транспорт и машиностроение,

актуальные проблемы электроэнергетики,

горное дело,

геология международной научно технической конференции «Образование, наука, инновации: приоритетные направления развития» посвященной 55-летию юбилею Кыргызского государственного университета им. И.Раззакова.

Главный редактор, ректор Мураталы Джаманбаев

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПО НЕЯВНОЙ СХЕМЕ ДЛЯ МОДЕЛИ СУПЕРКОМПЬЮТЕРА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПОТОКОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ (ППВС)

Акжолов М.Ж.

МГТУ им. Н.Э. Баумана

В настоящее время в Секторе архитектур высокопроизводительных вычислительных систем Института проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук (ИППМ РАН) (www.iprm.ru) совместно с *Кафедрой ИУ-9 «Теоретическая информатика и компьютерные технологии»* МГТУ им. Н.Э.Баумана (www.bmstu.ru) ведется работа над новыми принципами организации вычислительного процесса и на их основе разрабатывается вычислительная система (ВС), использующая модель вычисле-

ний, управляемых потоком данных [1].

Упрощенная структура параллельной потоковой вычислительной системы приведена на Рис. 1

Для ППВС предусматривается аппаратная поддержка параллельного выполнения вычислительных процессов выполняемой задачи, аппаратная поддержка управления распределением ресурсов вычислительных средств, а также аппаратное (автоматическое) выявление неявного параллелизма программы.



**Рис.1 Упрощенная структура параллельной потоковой
вычислительной системы (ППВС).**

Единицами информации, обрабатываемыми в вычислительной системе, являются токен и пакет.

Токены представляют собой структуру, которая содержит передаваемые данные, ключ, а также служебные атрибуты. Пакет представляет собой структуру данных, готовых к обработке на исполнительных устройствах системы. В поле ключа содержится информация, позволяющая однозначно идентифицировать токен или пакет в виртуальном адресном пространстве задачи.

Исполнительное устройство (ИУ) данной системы представляет собой функциональное устройство, предназначенное для выполнения программы узла над данными, поступающими на его вход.

Коммутатор токенов распределяет токены по вычислительным узлам.

Описание параллельного алгоритма состоит из описания узлов. Узлы соответствуют вершинам потокового графа програм-

мы. Каждый узел – это небольшая подпрограмма.

Копии программ узлов содержатся в каждом из исполнительных устройств, что позволяет выполнять обработку программы узла в любом исполнительном устройстве.

Введение механизмов локализации вычислений дает возможность минимизировать количество обменов между группами ядер, что повышает общую производительность системы, поскольку на нижнем уровне коммутационной среды (внутри ядра) – пропускная способность максимальна.

В этом случае существенно меньше сказываются задержки коммутационной среды на производительность системы в целом.

Ведется дальнейшее развитие средств регулирования параллелизма. Рассматривается возможность введения векторных операций, которые позволят оптимально реализовать имеющийся параллелизм задач.

Описание примера

Рассматривается процесс пространственно-двумерного нестационарного распространения тепла внутри однородного прямо-

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \lambda \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + f(x, y, t), \quad 0 \leq x \leq x_{\max}, \quad 0 \leq y \leq y_{\max}. \quad (1)$$

Здесь $u(x, y, t)$ – искомая функция, в данном случае это функция распределения температуры внутри прямоугольника, зависящая от координат x, y и времени t ; $x_{\max}, y_{\max}$ – длина и ширина прямоугольника; λ – коэффициент теплопроводности; $f(x, y, t)$ – известная функция (источник тепла в произвольной точке внутри прямоугольника). Для решения уравнения (1) должны задаваться начальные и граничные условия.

$$u(0, y, t) = \mu_1(y, t), \quad u(x_{\max}, y, t) = \mu_2(y, t), \quad u(x, 0, t) = \mu_3(x, t), \quad u(x, y_{\max}, t) = \mu_4(x, t) \quad (3)$$

где $\mu_1(y, t), \mu_2(y, t), \mu_3(x, t), \mu_4(x, t)$ – функции, определяющие законы изменений температуры вдоль внешней периметры прямоугольника при $t \geq 0$. В рассматриваемом примере граничные условия задавались по всему периметру прямоугольника как постоянные значения равные нулю, функция источника тепла отсутствует: $f(x, y, t) = 0$, коэффициент теплопроводности $\lambda = 1$.

$$\frac{u_{i,j}^{v+1} - u_{i,j}^v}{\Delta t} = \frac{u_{i+1,j}^{v+1} - 2u_{i,j}^{v+1} + u_{i-1,j}^{v+1}}{\Delta x^2} + \frac{u_{i,j+1}^{v+1} - 2u_{i,j}^{v+1} + u_{i,j-1}^{v+1}}{\Delta y^2}, \quad (4)$$

где $v = 0, 1, 2, \dots, v_{\max}$; $i = 1, \dots, N-1$; $j = 1, \dots, M-1$.

В одномерном случае для решения аналогичной системы уравнений мы смогли применить эффективный метод исключения – метод прогонки. Это удалось благодаря тому, что там мы имели систему чрезвычайно простого вида: каждое уравнение связывало только три неизвестных с последовательными номерами, соответствующими их естественному упорядочению. Здесь этого нет. Тем не менее можно построить метод решения системы уравнений (4), непосредственно обобщающий метод прогонки, так хорошо

$$\frac{u_{1,j} - u_{1,j}^v}{\Delta t} = \frac{u_{1+1,j}^v - 2u_{1,j}^v + u_{1-1,j}^v}{\Delta x^2} + \frac{u_{1,j+1} - 2u_{1,j} + u_{1,j-1}}{\Delta y^2}$$

2) На втором этапе явную по y и неявную по x . Значения искомых функций на втором эта-

$$\frac{u_{i,j}^{v+1} - u_{1,j}}{\Delta t} = \frac{u_{i+1,j}^{v+1} - 2u_{i,j}^{v+1} + u_{i-1,j}^{v+1}}{\Delta x^2} + \frac{u_{1,j+1} - 2u_{1,j} + u_{1,j-1}}{\Delta y^2}$$

Разностные уравнение первого этапа преобразуем к виду:

$$\begin{aligned} -\Delta t \Delta x^2 \cdot u_{1,j-1} + (\Delta x^2 \Delta y^2 + 2\Delta t \Delta x^2) u_{1,j} - \Delta t \Delta x^2 \cdot u_{1,j+1} = \\ = \Delta x^2 \Delta y^2 u_{i,j}^v + \Delta t \Delta y^2 (u_{i-1,j}^v - 2u_{i,j}^v + u_{i+1,j}^v), \end{aligned}$$

угольника. Подобные задачи описываются уравнением параболического типа, которое имеет следующий вид:

Начальные условия представлены равенством

$$u(x, y, 0) = \varphi(x, y), \quad (2)$$

где $\varphi(x, y)$ – функция распределения температуры в прямоугольнике в начальный момент времени $t=0$.

Граничные условия представлены равенствами

$$\mu_3(x, t), \quad \mu_4(x, t) \quad -$$

Для численного решения уравнений (1)-(3) введем неявную расчетную сетку. Расчетная область разбивается на элементы с координатами: $x_i = i\Delta x$ ($i = 0, 1, 2, \dots, N$), $y_j = j\Delta y$ ($j = 0, 1, 2, \dots, M$), $t_v = v\Delta t$ ($v = 0, 1, 2, \dots, v_{\max}$). Исходное дифференциальное уравнение (1) можно аппроксимировать следующим разностным уравнением:

себя зарекомендовавший в одномерном случае. Разностные методы такого типа называются методами переменных направлений или методами дробных шагов.

Один цикл по времени t вычислительного процесса будем разбивать на два этапа:

1) Рассмотрим схему, явную по x и неявную по y . Промежуточные значения искомых функций на первом этапе вычисления обозначим $u_{1,j} = u_{i,j}^{v+1}$. Это дает следующую разностную схему:

после вычисления будет u^{v+1} , значений предыдущего момента времени u^v заменяем со значениями u_1 . При этом получим следующую разностную схему:

или

$$a \cdot u_{i,j-1} + b \cdot u_{i,j} + c \cdot u_{i,j+1} = d_{i,j}^v, \quad (2)$$

где $a = -\Delta t \Delta x^2$, $b = (\Delta x \Delta y)^2 + 2\Delta t \Delta x^2$, $c = -\Delta t \Delta x^2$,

$$d_{i,j}^v = (\Delta x^2 \Delta y^2 - 2\Delta t \Delta y^2) u_{i,j}^v + \Delta t \Delta y^2 (u_{i-1,j}^v + u_{i+1,j}^v), \quad (3)$$

($j=1, \dots, M-1$; $v=0, 1, \dots, v_{max}$),

$$d_{i,j}^v = Y1 \cdot u_{i,j}^v + Y2 \cdot (u_{i-1,j}^v + u_{i+1,j}^v),$$

где $Y1 = \Delta x^2 \Delta y^2 - 2\Delta t \Delta y^2$, $Y2 = \Delta t \Delta y^2$

Прямая прогонка.

$$g_j = b + a \cdot \alpha_{j-1}, \quad \alpha_j = \frac{-c}{g_j}, \quad \beta_j = \frac{d_{i,j}^v - a \cdot \beta_{j-1}}{g_{j-1}}, \quad (4)$$

где $\alpha_0 = 0$ и $\beta_0 = u_{i,0}^v$.

Обратная прогонка: Решения вычисляются по рекуррентным формулам:

$$u_{i,j} = \alpha_j u_{i,j+1} + \beta_j, \quad (5)$$

Для максимально возможной загрузки системы динамическая потоковая (data-flow) модель вычислений выше изложенный алгоритм разбиваем на четыре этапа за один шаг по времени Δt т.е. два раза определяется искомая функция $u_{i,j}$.

Используется потоковая модель вычислений, воплощенная в языке программирования DFL [2]. В этой модели вычисления должны быть разбиты на небольшие вычислительные элементы, которые запускаются на исполнение по мере готовности нужных им данных (входов) [3,4].

Программа представляет собой совокупность описаний узлов, задающих поведение отдельных типов элементов. Описание узла состоит из описания входов, программы узла и особого атрибута – контекста, которым различаются отдельные экземпляры узлов данного типа (называемые также виртуальными узлами).

В программе узла, которая запускается по появлению данных на всех входах определенного виртуального узла, производятся вычисления, зависящие от этих входов и компонентов контекста, и выполняются посылки данных на входы других виртуальных узлов.

Существенной особенностью потоковой модели вычислений является то, что в точке программы, где вычислена некоторая величина, должно быть известно, кто будет потребителем этой величины. И эта величина сразу направляется в точки своего использо-

вания. При обычном программировании происходит все наоборот: вычисленным величинам приписываются имена (читай: значения «присваиваются» переменным или массивам), а в точках, где та или другая величина используется, просто ставится ее имя. Соответственно, при реализации программы в этом месте формируется запрос на считывание значения из памяти, ответа, который программа должна ожидать. Понятно, что традиционная парадигма удобнее для человека (или, по крайней мере, привычнее), но для машины легче потоковая, поскольку в ней имеет место одна передача информации вместо двух (запрос и ответ), и нет соответствующих задержек на ожидание ответа, с которыми в распределенных системах так или иначе приходится бороться.

Программа компилируется сначала в ассемблер (oas-файл), а затем в загрузочный исполняемый код (blm-файл). Код исполняется на интерпретаторе, который моделирует работу параллельной вычислительной системы.

Результаты решения двумерной задачи теплопроводности по неявной схеме на модели суперкомпьютера ППВС

В примененной модели суперпроцессора каждой элементарной операции поставлена в соответствие ее время выполнения. Таким образом, интерпретатор позволяет оценить время работы. Результаты работы программы представлены на рис.2. Рассчитывалась задача размерностью 10×10 (расчетное поле составляло 100 точек)

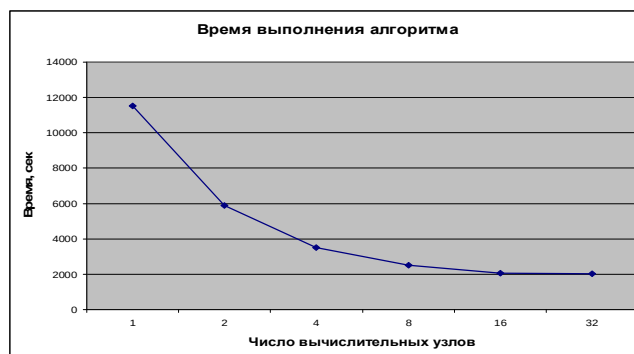


Рис. 2. Время выполнения алгоритма.

Из Рис. 2 видно, что с увеличением числа задействованных ИУ время решения задачи постепенно уменьшается. А с увеличением числа задействованных ИУ эффективность их использования (загруженность) постепенно уменьшается, но до определённого их числа (примерно 16 ИУ) значение эффективности хорошее. Снижение эффективности при увеличении количества задействованных ИУ связано с тем, что количество задействованных ИУ превысило количество расчётных точек по координате (10 точек), результаты были получены для 100 расчётных точек. Загруженность ИУ СП значительно выше загруженности ИУ СК. Достижение подобного значения эффективности стало возможным благодаря оптимизации алгоритма для архитектуры СП, а также за счёт того, что распределение вычислительных ресурсов осуществляется СП автоматически в процессе прохождения вычислительного процесса.

В данной модели не существует проблем, связанных с долгими ожиданиями ответа на запросы к распределенной памяти. Узел начинает выполнять работу только в тот момент, когда все необходимые для его работы данные доступны локально. И в процессе выполнения работы узел не производит дополнительных обращений к удаленной памяти. Программа узла представляет собой обычную последовательную программу, работающую только с локальными данными.

Среди особенностей программирования следует отметить следующие:

- Практическая независимость программирования от физической конфигурации системы.
- Парадигма “раздачи”: производитель данного рассылает его потребителям – вместо традиционной парадигмы “сбора”, когда потребитель запрашивает нужные ему данные по именам (адресам).
- Нет необходимости в барьерной синхронизации. Как правило, достаточно основного механизма синхронизации, основан-

ного на готовности входных данных узлов.

- Нет циклов – множество повторений задается наличными входными данными.
- Загрузка исполняющих устройств очень высока.

Модель вычислений, основанная на принципе data-flow, позволяет программисту написать всего лишь одну программу на языке DFL, а затем, задавая только конфигурацию модели, использовать её для вычислений с различным распределением данных..

При программировании с использование технологии MPI это потребовало бы написание нескольких самостоятельных программ.

Литература

1. Бурцев В.С. Новые принципы организации вычислительных процессов высокого параллелизма // Материалы Международной научно-технической конференции «Интеллектуальные и многопроцессорные системы – 2003». Т.1. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2003.
2. Степанов А.М. Отчет по экспериментальному программированию. -М.: ИПИ РАН, 2002. -112 с.
3. Степанов А.М., Акжолов М.Ж., Березко А.М., Змеев Д.Н. Реализация задачи газовой динамики на нетрадиционной архитектуре высокого параллелизма с автоматическим распределением ресурсов. Международный семинар. Супервычисления и математическое моделирование. Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский НИИ экспериментальной физики. г. Саров. 2004, с. 87-88.
4. Акжолов М.Ж., Климов А.В., Лупенко А.И. Особенности программирования для вычислительной системы потоковой архитектуры на примере двумерной задачи теплопроводности. Научный вестник Московского государственного института радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА). № 2(3). -М.: 2007. с. 12-20.

УДК 681. 518

О СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЯХ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Живоглядов В.П.
КРСУ им. Б.Ельцина

В работе рассматривается состояние сферы информатизации в Кыргызстане с учетом мировых тенденций и разрабатываемых моделей зрелости процессов информатизации и организаций, приводятся данные сравнительного анализа по странам.

1. Введение и постановка задачи

Мир входит в новую информационную эру, во многих странах осуществляется переход от индустриального к информационному обществу. В мире формируется новая граница, новая разделительная линия между развитыми странами, строящими информационное общество, с одной стороны и бедными странами, отставшими в области информатизации, с другой. Граница между бедными и богатыми странами будет проходить по уровню информатизации образования, управления, экономики, по масштабам освоения информационных технологий. Понимание опасности отставания в сфере информатизации привело к разработке и принятию в 2002 году Национальной стратегии «Информационные и коммуникационные технологии для развития Кыргызской Республики», которая определяет три основных тесно связанных приоритета государственной политики: государственное управление и местное самоуправление - эффективное, прозрачное управление через использование ИКТ (электронное правительство); развитие человеческих ресурсов (электронное образование); электронная экономика. В данной работе ставится задача провести анализ некоторых современных тенденций развития процессов информатизации в Кыргызстане с учетом мировых тенденций и разрабатываемых моделей зрелости информатизации.

2. Формирование моделей зрелости информатизации

Модели, описывающие этапы (уровни) развития организации, называются моделями зрелости. Переход на каждый следующий, более высокий уровень развития, делает организацию более конкурентоспособной, динамично реагирующей на требования рынка и лучше использующей свои внутренние ресурсы. Понятие модели зрелости способностей организации SEI CMM при управлении проектами программного обеспечения было введено Институтом программной инженерии (Software Engineering Institute – SEI) в 1991 году. Модель зрелости способностей SEI CMM [1-2] для фирм-разработчиков компьютерных программ включает 5 уровней зрелости: начальный (работа по разовым проектам, велика роль случайных факторов и зависимость от личностных свойств отдельных исполните-

лей, процесс непредсказуемый и плохо управляемый, режим «реактивный»), повторяемый (повторно используются части предыдущих разработок и накопленный опыт, процесс документируется, внедряется менеджмент проектов), определенный (организация работы на основе принятых стандартов предприятия, установленный процесс слабо зависит от отдельных личностей исполнителей, их индивидуальных особенностей, внедрен современный менеджмент проектов), количественно управляемый (управление процессами разработки на основе данных количественных измерений процессов и результатов с предсказуемой количественной оценкой качества), оптимизированный (внимание руководства фокусируется не на продукте, а на непрерывном совершенствовании процессов и технологий, превентивных мерах снижения риска). В дальнейшем модели зрелости информатизации стали разрабатываться для разных сфер [3-9], а именно:

- Модель зрелости информатизации профессионального образования,
- Этапы развития и модели зрелости «электронного правительства» – видение ООН,
- Этапы развития Web-присутствия – согласно классификации Европейской комиссии,
- Модель зрелости электронного правительства ЭП:- внешнее управление (G2C, G2B),
- Модель зрелости электронного правительства внутреннее управление (G2G),
- Модель зрелости сервиса ИТ,
- Модель зрелости менеджмента проектов.
- Модель зрелости кадров, человеческих ресурсов,

В таблице сведена информация о различных моделях зрелости, в то числе представлена предложенная в [3] 5-уровневая модель зрелости информатизации (МЗИ) учреждений профессионального образования с указанием ключевых процессов для различных уровней. В мире существует несколько организаций, которые регулярно публикуют свои рейтинги университетов мира. Предложенная модель МЗИ может быть применена:

как один из инструментов классификации университетов, для проведения самооценки и понимания уровня информатизации, на котором находится организация, при определении и выборе целей развития организации в условиях формирования информационного общества и при управлении проектами развития. Модель зрелости может быть представлена различными способами, например, ступенчатая модель зрелости или шкала зрелости (стандарт COBIT) или в виде пирамиды (вершина пирамиды – самый высокий уровень зрелости). Показатели модели могут быть использованы в качестве индикаторов достижения целей по направлению «электронное образование».

Кому и зачем нужны модели зрелости информатизации?

В сфере образования – *правительству и специализированным органам управления*, чтобы более объективно оценивать уровень информатизации, например, при проведении аттестации, степень удовлетворения потребностей общества в доступе к качественным образовательным услугам и принимать обоснованные решения при выборе путей развития на перспективу; *руководству образовательного учреждения* – помочь более объективно оценивать уровень зрелости и возможности своей организации и выбирать пути развития на перспективу. При переходе на более высокие уровни зрелости процессов информатизации профессионального образования происходит сближение свойств и эффективности электронного очного обучения и электронного дистанционного обучения.

В сфере бизнеса модель зрелости управления ИТ-процессами предназначена для увеличения ценности ИТ при соблюдении равновесия между риском и прибылью. Используя шкалу моделей зрелости, руководитель может выяснить текущий статус организации, оценить, на какой стадии находится организация, сравнить свою организацию с лучшей организацией в этой отрасли (с лучшей практикой); провести дополнительное сравнение текущего статуса организации с международными стандартами; оценить стратегию организации, каких результатов организация хочет достичь, статус организации после усовершенствования.

В таблице представлены также модели зрелости «электронного правительства» (ЭП). Несмотря на их некоторое отличие, они полезны для определения текущего состояния и выбора путей развития. Однако большинство из них охватывают лишь сферу взаимодействия органов государственного и муниципального управления с населением, гражданами (G2C) и бизнесом (G2B), то есть сферу так называемого фронт-офиса.

В таблице приняты обозначения: ЭП – «электронное правительство», ПО – программное обеспечение, ИТ – информационные технологии, SEI CMM – модель зрелости института SEI, ЕС - ПО - PMMM – модель зрелости менеджмента проектов, People Capability Maturity Model® (P-CMM) – модель зрелости человеческих ресурсов, G2C – «правительство – гражданам», G2B – «правительство – бизнесу», G2G – «взаимодействие правительственных органов», МЗ – менеджмент знаний, ЕС – Европейский союз.

Представленные в таблице модели зрелости помогают определить перспективные области исследований и перспективные направления развития информатизации. В этом смысле видна некоторая аналогия с таблицей периодической системы элементов Менделеева.

3. Текущее состояние сферы информатизации в Кыргызстане

В ходе реализации Национальной стратегии «ИКТ для развития Кыргызской Республики» осуществлен первый этап создания государственного Интернет-портала, центральные органы государственного управления разработали и разместили в сети Интернет информационные Web-страницы; совершенствуется нормативная правовая база; развиваются отраслевые информационные системы и ресурсы (регистр населения, регистр правовых единиц, регистр образования, регистр транспорта, регистр прав на недвижимость и др.). Отрасль телекоммуникаций в последние годы демонстрировала положительную динамику развития на 20% в год. Несмотря на негативное влияние кризиса, значительно возросли услуги сотовой связи. Доходы операторов связи увеличивались ежегодно в среднем на 25%.

В Кыргызстане существует более 1,4 тысячи Интернет-сайтов. Однако государственные web-ресурсы не входят в число самых популярных сайтов в Кыргызстане. 77 процентов пользователей Интернета в республике проживает в Бишкеке. Процесс формирования электронного правительства в Кыргызстане находится на первоначальной стадии развития.

В сфере информатизации профессионального образования большинство вузов стараются выйти на уровень базовой компьютеризации. Ряд важных положений уже существующих законов, касающихся развития и применения информационных и телекоммуникационных технологий, охраны авторских прав и интеллектуальной

Таблица 1.

Модели зрелости процессов информатизации

Уровни зрелости	1	2	3	4	5
Сферы информатизации					
Модель SEI CMM: Разработка ПО	Начальный, реактивный	Повторяемый	Определенный, стандартизованный	Количественно управляемый	Уровень оптимизации
ЭП – видение ООН: Web-присутствие	Возникающее Web-присутствие	Продвинутое Web-присутствие	Интерактивный, режим on-line	Транзакционный	Интегрированное Web-присутствие
ЭП (ЕС): Web-присутствие	Информационный, 20% Web-присутствие	Интерактивный односторонний, 40% Web	Интерактивный двусторонний, режим on-line	Транзакционный	Проактивный уровень
ЭП - Utah (США)	Простой Web-сайт	-	On-line правительство	Интегрированное правительство	Электронная трансформация
ЭП (G2C, G2B) - внешнее управление	Начальный, реактивный	Информационный с Web-присутствием	Интерактивный, режим on-line	Интегрированный	Электронная трансформация на базе МЗ
ЭП (G2G)-внутреннее управление	Начальный, реактивный	Базовая компьютеризация	Интерактивный, режим on-line	Интегрированный	Электронная трансформация на базе МЗ
Информатизация образования	Начальный, реактивный	Базовая компьютеризация	Базовая информатизация	Электронная трансформация	Электронный менеджмент знаний
Сервис ИТ	Начальный, реактивный	Циклический	Формализованный, Стандартизованный	Количественно управляемый	Уровень оптимизации
Менеджмент проектов (PMM)/ Результаты, усредняются по областям знаний и процессам	Начальный, реактивный	Повторяемый	Процедуры стандартизованы и документированы	Количественно управляемый	Уровень оптимизации
Зрелость кадров, (P-CMM)	Начальный	Управляемый	Определенный	Предсказуемый	Уровень оптимизации

собственности, на практике не реализуются. В области программной инженерии большинство местных фирм находятся на первом реактивном уровне модели СММ. В Кыргызстане нелегальное коммерческое программное персональных компьютеров по некоторым оценкам в 2007 году могло составлять около 90% используемых компьютерных программ на персональных компьютерах. Причины этого – широкая доступность пиратских копий программ и почти полное отсутствие системных знаний о лицензионном свободном и открытом программном обеспечении (СОПО). Ситуация является критической для страны, поскольку Кыргызстан принял соответствующие обязательства при вступлении во Всемирную торговую организацию (ВТО). СОПО может дать огромные преимущества для развития образования в Кыргызстане. В 2007 г. уже начались массовые поставки в школы компьютеров с операционными системами на базе Linux. В университетах усилилось внимание к лицензионному СОПО.

4. Проведение сравнительного анализа по странам.

Для проведения сравнительного анализа по странам различные международные организации регулярно проводят сбор и систематизацию данных. В соответствии с Обзорным отчетом ООН 2008 года - United Nations e-Government Survey 2008, в который включено 182 страны, Кыргызстан по критерию готовности электронного правительства занимал 102 место. Заметим, что в 2004 году Кыргызстан находился на позиции 66, Казахстан – на 69, Узбекистан – на 81, по Таджикистану данные отсутствовали. В 2005 г Кыргызская Республика в рейтинге стран по критерию готовности электронного правительства, переместилась с 66 места в 2004 году на 76 место, а в 2008 г оказалась на 102 месте.

Сводный индекс готовности электронного правительства по принятой в Отчете ООН методике формируется на основе следующих показателей: Web-индекса, индекса инфраструктуры и индекса человеческого капитала. Кыргызстан при относительно высоком уровне индекса человеческого капитала существенно уступает по развитию инфраструктуры и зрелости Web-сайтов электронного правительства. Именно за счет них произошла утрата позиций. Оценки стран по другим критериям представлены в Глобальных отчетах по информационным технологиям Всемирного экономического форума (ВЭФ). В 2008 году по индексу готовности работы в компьютерных сетях Кыргызстан оказался на 114 месте из 127, в 2009 году - на 115 месте из 134. Основным средством обобщенной оценки конкурентоспособности

стран является Индекс глобальной конкурентоспособности (GCI), созданный для Всемирного экономического форума и впервые опубликованный в 2004 году. GCI составлен из 12 слагаемых конкурентоспособности, которые детально характеризуют конкурентоспособность стран мира, находящихся на разных уровнях экономического развития. В 2009 г в отчете ВЭФ представлен рейтинг 134 стран по индексу глобальной конкурентоспособности (Global Competitiveness Index 2008–2009), в котором Кыргызстан находится на 122 месте. Из стран на постсоветском пространстве в существенно лучшем положении находятся Эстония, Литва, Латвия, Казахстан, Россия. В нижней половине рейтинга расположены Азербайджан, Украина, Грузия, Молдова, Армения, Таджикистан, Кыргызстан. Страны существенно ухудшили свои позиции в рейтинге по сравнению с предыдущим годом, опустившись на ряд позиций. Приведенные данные, несмотря на их относительность, говорят о серьезности проблемы цифрового разделения. Это - серьезная причина для беспокойства и говорит о необходимости проведения в КР большого объема работ по развитию сектора ИКТ и созданию информационных систем управления.

К факторам, тормозящим реализацию Стратегии ИКТ в Кыргызстане, относятся следующие:

- отсутствие необходимой политической воли.
- неготовность органов государственной власти к применению эффективных
- электронных технологий управления и организации взаимодействия с гражданами и
- хозяйствующими субъектами.
- сформированные планы действий не встраиваются в практическую работу большей части государственных ведомств;
- недостаточный уровень подготовки кадров в области икт и массовый отток профессиональных кадров за рубеж.

Более успешно внедряются проекты, реализуемые по грантам международных организаций с использованием принципов менеджмента проектов.

5. Мировые тенденции в сфере информатизации

Мировые тенденции в сфере информатизации характеризуются расширением сфер применения ИКТ, интенсивным развитием методологии проектирования и менеджмента проектов и программ, постоянным совершенствованием технологии, технических и программных средств, поэтапным переходом организаций на более высокие уровни зрело-

сти с переносом фокуса с качества продукта на качество процесса и изменением требований к профессиональной подготовке сотрудников. В 2000 году компания Qualified Business Benefit провела исследование от имени нескольких больших американских корпораций. Они собрали материалы из более чем 200 американских ИТ компаний. На основании полученной информации, они вычислили эффективность СММ для одного виртуального проекта среднего размера. Производительность труда в организации уровня 3 выше в 8 раз по сравнению с фирмой, находящейся на начальном уровне зрелости 1.

Происходит смена парадигм централизации и децентрализации обработки информации во временном аспекте. При этом наряду с получением сверхприбылей компаниями, разрабатывающими коммерческое ПО, появился феномен свободного и открытого программного обеспечения (СОПО).

6. Задачи развития сферы ИКТ и перехода на более высокие уровни зрелости информатизации

Можно поставить амбициозную цель – перейти за 10-15 лет в первую половину списка стран по индексам развития ИКТ, готовности электронного правительства, готовности работы в компьютерных сетях и по индексу глобальной конкурентоспособности ВЭФ. Достижение этой цели предполагает расширение сфер применения ИКТ, использование современного менеджмента проектов, повышение уровней зрелости процессов и организаций.

Модель организационной зрелости управления проектами ОРМЗ, которая призвана стать стандартом в этой области, была разработана Институтом менеджмента проектов РМІ в 2003 г. Международной организацией по стандартизации (ISO) создан технический комитет TC 236 с участием 29 стран для решения задач стандартизации в сфере проектного менеджмента, в первую очередь для разработки стандарта ISO/AWI 21500 *Project management — Guide to project management*. В нем должны быть отражены основные принципы и лучшие практики в сфере управления проектами. Завершение работы над стандартом запланировано на сентябрь 2010 года. Попытки разработать стандарты менеджмента проектов свободного и открытого программного обеспечения СОПО, выполняемых по правилам Свободной лицензии на документацию пока неизвестны.

Важность для предприятия задач менеджмента знаний МЗ определяется уровнем его управленческой зрелости и уровнем конкуренции на тех рынках, на которых оно собирается работать. Последовательность внедрения МЗ, лежит в русле общей концепции бизнес-инжиниринга, как базовой технологии современного управления. Существует ошибочное мнение, что МЗ – это техническая система, набор технологических решений в области ИКТ. Нельзя сводить МЗ к созданию инфраструктуры (баз данных, порталов, систем коммуникаций). МЗ — это организационно-техническая система, которая обеспечивает добывание новых нужных знаний и эффективное использование уже накопленных знаний и приобретенного опыта для достижения целей организации. Система МЗ должна включать организационные и технические решения для создания высокоинформативной (high-tech) и легкодоступной (high-touch) информационной среды. Система МЗ должна содействовать преобразованию индивидуальных знаний и компетенций персонала в интеллектуальный актив организации.

Литература

1. The Capability Maturity Model for Software. - Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, <http://cispom.boisestate.edu/cis320emaxson/cmmht1.htm> <http://www.sei.cmu.edu/cmmi>
2. Живоглазов В.П. Формирование модели зрелости информатизации профессионального образования // Академический вестник. Выпуск V (1). 2007. – Бишкек: АУЦА.
3. Valery P. Zhivoglyadov, Svetlana A. Yampolskaya. Knowledge management and e-learning integration. // Академический вестник. Выпуск V (1). 2007. – Бишкек: АУЦА.
4. <http://www.kmtc.ru/>
5. Живоглазов В.П. Проблемы, перспективы и модели зрелости в сфере информатизации и управления проектами // Информационные технологии и управление. Труды научной конференции. Бишкек: Нац. Акад. наук КР, Нац. центр ИТ, 2008.
6. C. William Ibbs, Young Hoon Kwak. Оценка зрелости процессов управления проектами. ect/section_35/article_2607/
7. <http://www.kmmm.org>
8. IBS Datafort. Аутсорсинг ИТ, Оценка зрелости процессов управления ИТ-услугами.
9. <http://www.datafort.ru/content/rubr63/rubr-638.asp>

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Савченко Е.Ю.

МУК

Рассматривается алгоритм двухшагового адаптивного тестирования с использованием технологии нейронных сетей. Описана организация процесса моделирования тестов путем генерации адаптивного теста в выбранных интервалах измеряемой шкалы.

The algorithm two crossbar adaptive testing is Considered with use of technologies нейронных сетей. The Described organization of the process of modeling test by way to generations of the adaptive test in chosen interval of the measured scale.

Применение вычислительной техники в высших и других учебных заведениях дает возможность более эффективно организовать учебный процесс на этапах обучения и контроля знаний. В настоящее время широкое распространение получили тестирующие системы, которые применяются в разнообразных областях и затрагивают различные сферы жизни общества. С их помощью проверяется уровень знаний, осуществляется подбор квалифицированных кадров, проводится сертификация персонала, производится анализ способностей человека и др. Информационные технологии позволяют осуществлять контроль в форме компьютерного тестирования. В связи с этим тестирующие системы, являющиеся компонентом соответствующей обучающей системы, имеют целый ряд преимуществ:

- Исключение субъективного подхода к оценке знаний обучаемых;
- Освобождение преподавателей от трудоемкой работы по обработке результатов тестирования;
- Оперативное получение требуемой статистической информации из базы данных по результатам проведенного тестирования;
- Уменьшение вероятности возникновения ошибок при подсчете результатов тестирования и выведения итоговой оценки;
- Построение дальнейшей работы преподавателя на основе анализа результатов тестирования, ориентируясь на каждого конкретного студента и курс в целом;
- Возможность проводить социологические и психологические исследования, образовательные эксперименты на основе полученной статистической информации.

В тоже время классическое тестирование обладает многочисленными недостатками. Одним из недостатков является неустойчивость в определении трудности заданий вследствие некоторой неопределенности в оценке дифференцирующей способности заданий и качества подготовки тестируемой

выборки[1]. Фиксированная длина традиционного теста не учитывает индивидуальные способности учащихся. Это приводило к невозможности эффективного оценивания различной подготовленности одним и тем же тестом. К другим недостаткам традиционного теста относятся: значительные материальные и временные затраты на составление теста, недостаточная 'точность в оценке знаний учащихся, наличие неработающих очень легких или наоборот трудных заданий для тестируемого учащегося. В связи с этим становится актуальной проблема повышения эффективности системы традиционного тестирования и традиционных тестов, и одно из направлений в решении этой проблемы — адаптация системы тестирования к индивидуальным особенностям учащихся. Повышение уровня эффективности тестов возможно при переходе от традиционных тестов фиксированной длины к адаптивному тестированию.

Под адаптивным тестированием называется такая диалоговая тестовая программа, которая изменяет порядок следования тестовых заданий в зависимости от результатов выполнения испытуемым уже предъявленных заданий[2]. В построении адаптивного тестирования различают двухшаговое и многошаговое тестирование[1]. *Двухшаговое адаптивное тестирование* предполагает наличие двух этапов, отличающихся по целям, задачам и видам используемых тестов. На первом этапе учащиеся выполняют входной традиционный тест. Цель первого этапа — осуществить дифференциацию испытуемых, по результатам которой определяется интервал, в котором строятся адаптивные тесты. Для осуществления двухшагового адаптивного тестирования необходимо решить следующие задачи:

- создание входных тестов для начальной дифференциации и выделения интервалов тестирования по измеряемой шкале для составления АТ;
- выделение результатов отдельных

испытуемых в соответствующих интервалах измеряемой шкалы;

- организация процесса моделирования тестов путем генерации АТ в выбранных интервалах шкалы;

- интерпретация полученных результатов АТ.

Рассматриваемый в статье алгоритм проведения адаптивного тестирования реализуются, согласно принципам двухшагового адаптивного тестирования рис.1. Весь процесс тестирования разбивается на три шага:

- первый (фундаментальный) этап, на котором осуществляется дифференциация испытуемых;

- второй и третий этапы выполняют сам процесс адаптивного тестирования.

В блоке оценки результатов тестирования, производится подсчет количества правильных ответов и количество набранных баллов. Полученный результат поступает в блок принятия решения о дальнейшей исходные данные к моделированию теста

шем выборе уровня тестирования. Данный блок реализован на базе обученной нейронной сети и отвечает за организацию процесса моделирования тестов. В результате работы нейронной сети, осуществляется переход на следующий этап тестирования, в рамках измеряемой шкалы. По завершению последнего этапа тестирования система подводит итоги проведенного тестирования.

Вопросы в тесте на втором и третьем этапе различаются по уровнями сложности, в данном алгоритме три уровня сложности (низкий, средний, высокий), за правильные ответы на вопросы соответствующего уровня сложности устанавливаются баллы таб. 1. Таким образом, максимально возможный набранный балл в системе 55, что соответствует оценки «отлично» по шкале оценивания результатов тестирования таблица 2.

Таблица 1

Данные	В общем случае	В рассматриваемом алгоритме
Количество этапов	от 2 до N	3
Количество вопросов в каждом этапе	от 5 до N	1 этап -5 2 этап -5 3 этап -5
Количество уровней сложности вопросов	От 2 до N	2,3 этапы – (три уровня сложности) низкий средний высокий
Количество баллов за правильные ответы в тесте	На усмотрение преподавателя	1 этап -1балл 2,3 этапы (1,3,5 баллов в зависимости от сложности вопроса)

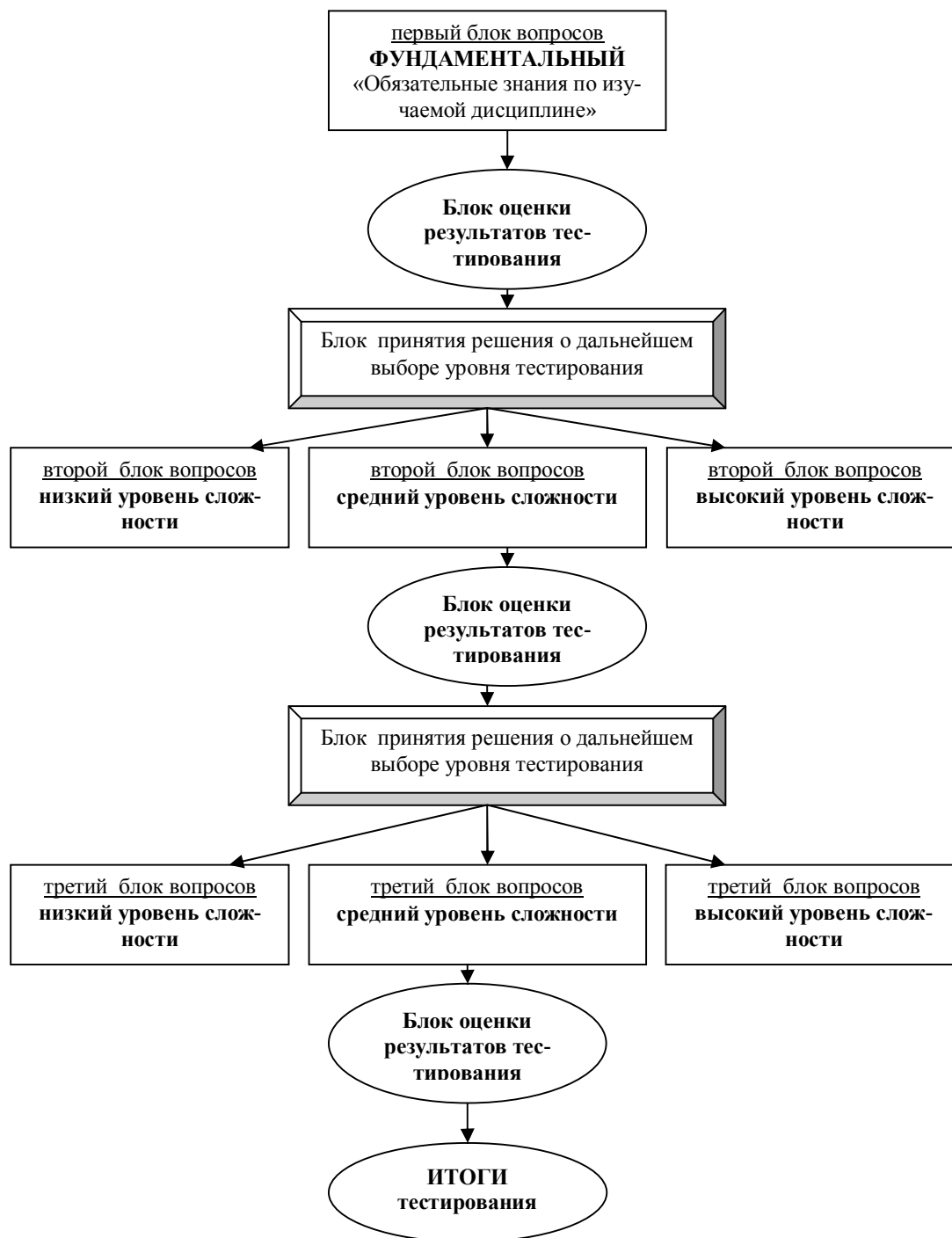


Рис. 1. Алгоритм отбора и предъявления заданий

После построения схемы проведения алгоритма, необходимо рассмотреть правила перехода с одного уровня сложности на другой уровень сложности. Допустим, после первого этапа тестирования пользователь набрал пять из пяти возможных баллов, тогда на следующем этапе тестирования, тестирующего переводят на высокий уровень сложности

рис.2. После подведения итогов второго этапа тестирования, пользователя также переводят на другой уровень сложности, согласно количеству правильных ответов набранных им на данном этапе рис.3.

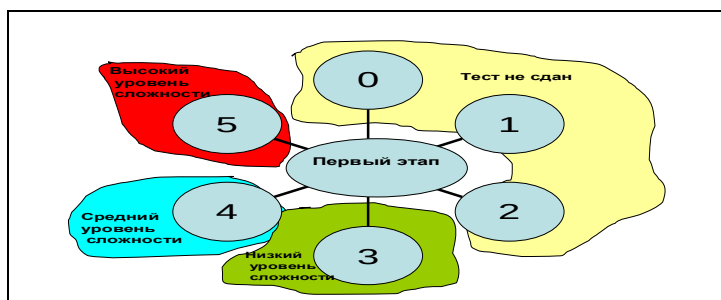


Рис. 2 Итоги первого этапа тестирования

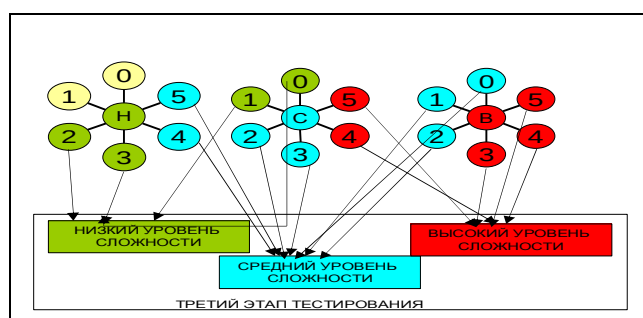


Рис. 3. Результаты тестирования второго этапа

Шкала оценивания результатов тестирования

Таблица 2

%	Баллы	Оценка
96-100	55-53	5
91-95	50-52	5
88-90	49	4
84-87	47,48	4
81-83	45,46	4
78-80	43,44	4
74-77	42-40	3
71-73	39- 37	3
68-70	36,35	3
61-67	34	3
55-60	30-33	2
0-54	0-29	2

По завершению последнего этапа тестирования система подводит итоги проведенного тестирования.

В заключение отметим, что предложенный адаптивный алгоритм, описанный выше, позволяет при предъявлении в среднем 15 заданий добиваться такой же точности-надежности, как и тест с фиксированным предъявлением 45 заданий, не учитывающий уровень трудности заданий. Введение трех уровней трудности и оптимального алгоритма перехода с уровня на уровень позволяет втрое сократить расходы на продолжительность тестирования, но положительный момент не только в экономии времени, но и в

информационной безопасности. Чем меньше заданий предъявляется одному испытуемому из банка заданий, тем менее становится прозрачным, обозримым для испытуемых весь банк заданий. Таким образом, адаптивное тестирование — такой подход к компьютерному тестированию, который фактически позволяет привнести в стандартные групповые тесты элементы индивидуализации, учета индивидуальных особенностей данного испытуемого в процессе тестирования.

Литература

1. В.П. Левин Методика конструирования педагогических тестов. Адаптивное тестирование. Электронная публикация <http://new.hse.ru>
2. С.В. Грушецкий Адаптивное тестирование в автоматизированных системах контроля знаний. Электронная публикация <http://new.teste.ru>
3. Соловей Е. Методы и модели интеллектуального автоматизированного контроля знаний, 2001. КГТУ Калининград.
4. Саймон Хайкин Нейронные сети. Полный курс второе издание 2006г. Москва – Санкт-Петербург-Киев.
5. С.Короткий Электронная публикация.
6. http://sergdobrinin.narod.ru/intelect/s_korotriy2.htm
7. Д. Рутковская, М.Пилинский, Л.Рутковский Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Москва 2007г. Горячая линия – Телеком.

УДК 631.3.05

ВЫБОР, ОБОСНОВАНИЕ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Мамбеталиева С.М.

Колледж «Комтехно», г. Бишкек

В статье предлагается выбранная нами для разработки системы автоматизированного учета учебного процесса современная система управления базами данных Microsoft SQL Server 2000, признанная во всем информационном мире как надежная система хранения и обработки данных, использующая технологию клиент-сервер.

Основной целью проведения разработок нами - принять учет учебного процесса образовательного учреждения. Основными компонентами исследования являются: регистрация, вступительные испытания абитуриентов, зачисление, движение студентов, контингент, электронный деканат, учебная часть, отдел кадров профессорско-преподавательского состава.

Предложить и обосновать применение системы управления базами данных для разработки системы учета основных составляющих компонентов учебного процесса.

В качестве метода исследования применяется один из широко известных численных методов решения задач механики деформируемого твердого тела – метод граничных элементов (МГЭ).

Microsoft SQL Server 2000 - это законченное предложение в области баз данных и анализа данных для быстрого создания масштабируемых решений электронной коммерции, бизнес-приложений и хранилищ данных. Оно позволяет значительно сократить время выхода этих решений на рынок, одновременно обеспечивая масштабируемость, отвечающую самым высоким требованиям. В сервер SQL Server 2000 включена поддержка языка XML и протокола HTTP, средства повышения быстродействия и доступности, позволяющие распределить нагрузку и обеспечить бесперебойную работу,

функции для улучшения управления и настройки, снижающие совокупную стоимость владения. Кроме того, SQL Server 2000 полностью использует все возможности операционной системы Windows, включая поддержку до 32 процессоров и 64 ГБ ОЗУ.

MS SQL Server является одним из наиболее стремительно развивающихся серверов баз данных на рынке корпоративных СУБД. Разумеется, невозможно подробно остановиться на характеристиках этого продукта в той мере, в какой это хотелось бы сделать и какой он, безусловно, заслуживает. Рассмотрим хотя бы некоторые из его базовых возможностей применительно к перечисленным выше функциям сервера баз данных.

Симметричная мультипроцессорная архитектура MS SQL Server предусматривает использование "родных" сервисов операционной системы Windows NT для управления потоками, памятью, операциями дискового чтения/записи, сетевыми службами, функциями безопасности, а также для поддержки параллельного выполнения потоков на нескольких CPU. Использование потоков Windows NT позволяет MS SQL Server автоматически масштабироваться при работе на многопроцессорных платформах, что исключает необходимость дополнительной конфигурации или программной настройки. Например, на Comdex была продемонстрирована

на работа MS SQL Server на платформе AlphaServer 8400 производства Digital, оснащенным 12 процессорами, 28 Гбайт памяти и 39-ти терабайтным хранилищем.

В отличие от большинства распространенных СУБД, вынужденных иметь в своем составе механизмы дублирования ядра операционной системы для обеспечения кросс-платформенной переносимости, MS SQL Server обладает достаточно легковесной прозрачной архитектурой, не перетяжеленной несвойственными ей функциями. В результате, например, при смене типа процессора не требуется заново приобретать MS SQL Server для новой аппаратной платформы. Он ставится, по определению, на все, на чем работает Windows NT (на сегодня это Intel, Alpha, MIPS и PowerPC). По мере того как Windows NT завоевывает все большее признание и все ведущие производители СУБД уже выпустили версии своих продуктов под этой операционной системой или уже заявили о своей готовности это сделать в ближайшее время, изначальная ориентированность MS SQL Server на тесную интеграцию с Windows NT выступает в качестве одного из серьезных преимуществ.

На каждое пользовательское соединение в MS SQL Server назначается отдельный рабочий поток (порядка 55K) в рамках единого серверного процесса. Так как каждый из этих потоков в действительности является потоком Win32, на них распространяются соответствующие функции контроля операционной системы, включая защиту памяти, правила доступа к оборудованию и планирование выполнения потоков во времени (thread scheduling). Это предоставляет улучшенные способности к масштабированию при росте числа одновременно работающих пользователей, динамическую балансировку при загрузке процессоров и повышенную надежность, так как пользовательские запросы, исполняющиеся на разных потоках, защищены друг от друга. Несмотря на то что пул соединений ограничен 1024 потоками, динамическое управление пользовательскими соединениями и свободными потоками позволяет увеличить эту величину до 32 767. Кроме этого, другие пулы потоков могут использоваться для параллельного выполнения операций сканирования данных, удаления и обновления, резервного копирования, проверки целостности базы, индексирования, асинхронного опережающего чтения данных в кэш на основе алгоритмов предсказания, создания и управления курсо-

рами и т. д.

Сетевые службы Windows NT обеспечивают MS SQL Server поддержку протоколов TCP/IP, NWLink IPX/SPX, Named Pipes (NetBEUI), Banyan Vines, AppleTalk (ADSP) и DECNet. В версии к ним добавилась дополнительная сетевая библиотека – multi-protocol network library, которая "умеет слушать" порты TCP/IP, сокет SPX или поименованные каналы (named pipes), которые обычно выбираются динамически. Несомненным достоинством multi-protocol является наличие сетевого сервиса, обеспечивающего взаимодействие между процессами при помощи вызовов удаленных процедур, что позволяет, например, использовать шифрование при передаче данных.

Многопоточное ядро и интеграция со службами планирования потоков Windows NT обеспечивает высокую производительность MS SQL Server при обработке OLTP- и DSS-запросов, что особенно заметно при одновременной работе нескольких сотен пользователей. В опубликованных результатах по тестированию MS SQL Server на максимальное число одновременно работающих пользователей приводится цифра 3500, хотя известны реально работающие приложения, где нагрузка доходила до 5000 одновременных пользовательских соединений.

В состав MS SQL Server входит свыше 20 графических средств управления и утилит командной строки. Кроме этого, MS SQL Server включает Web-assistant – программу мастер для подготовки публикации на Web-страницах данных из базы, SQL Mail – утилиту, обеспечивающую интеграцию с электронной почтой MS Mail или MS Exchange, MS Distributed Transaction Coordinator (MS DTC) для проведения распределенных транзакций и некоторые другие средства. SQL Server, MS DTC и SQL Executive функционируют как сервисы операционной системы. Согласованная работа этих компонентов достигается благодаря трехуровневой архитектуре SQL – DMF (Distributed Management Framework).

Легко масштабируемая распределенная среда управления позволяет значительно упростить процессы централизованного контроля над многими серверами, которые могут объединяться в группы по соображениям безопасности или с административными целями, и их объектами.

SQL Enterprise Manager интегрирует в себе все функции управления, включая создание баз данных и объектов внутри них,

назначение прав доступа, резервное копирование, тиражирование и т.д. При желании имеется возможность автоматизировать процесс составления плана поддержки базы при помощи специальной программы-помощника (Database Main-tenance Wizard). Различные подходы к системному администрированию зачастую могут содержать ряд малопрятных моментов, например необходимость выполнять резервное копирование базы, командировать сотрудников в какой-нибудь удаленный филиал, где отсутствует должным образом подготовленный IT-персонал. MS SQL Server позволяет решить эти проблемы, во-первых, за счет централизованного управления удаленными серверами, во-вторых, за счет наличия мощного средства диспетчеризации задач во времени, предоставляемого SQL Executive. Для каждой административной функции может быть назначен временной график ее выполнения.

Практически все СУБД содержат развитые средства по ликвидации тех или иных неблагоприятных последствий. MS SQL Server, помимо этого, предоставляет обширный инструментальный диагностики, позволяющий своевременно предотвратить причины сбоев. Утилиты SQL Performance Monitor и Alert Manager могут использоваться для программирования реакции сервера на различные классы событий, возникающих в системе, в том числе и на бизнес-события, MS SQL Server может послать вам (или указанным вами лицам) по электронной почте или на пейджер соответствующее предупреждение и/или выполнить предусмотренный вами скрипт, cmd- или exe-файл для устранения ошибки, а также зафиксировать появление этого события в системном журнале. В целом можно сказать, что распределенная среда управления позволяет существенно упростить жизнь администратора базы данных.

SQL-DMO (Distributed Management Objects). В качестве промежуточного слоя в архитектуре распределенной среды управления выступают распределенные объекты управления (DMO), которые играют исключительно важную роль в концепции построения MS SQL Server и потому заслуживают более тщательного рассмотрения. По мере того как приложения приобретали все менее централизованный характер, поддержка распределенных баз данных становилась одним из самых актуальных вопросов построения современных СУБД. SQL Enterprise Manager позволяет осуществлять удобное админист-

рирование распределенных серверов из единого центра, однако наряду с этим хотелось бы иметь возможность программного обращения к административным функциям из высокоуровневых языков. Обычно использовавшимся для этих целей в других СУБД сценарным языкам типа REXX или PERL недоставало функциональных возможностей, библиотек классов, отладчика и т. д.

Поэтому в случае с MS SQL Server был избран более открытый подход: сервер был разработан как совместно с набором объектов управления, которые могли быть вызваны из любого языка программирования, поддерживающего технологию COM (Component Object Model). MS SQL Server предоставляет интерфейс OLE Automation с более, чем 70 объектами, обладающими 1500 свойствами.

Это означает, что фактически любая из административных задач, включая операции над базами данных, ограничениями (constraints), триггерами, таблицами, представлениями, полями, индексами, пользователями, группами, публикациями и пр., может быть оформлена как вызов соответствующего метода соответствующего объекта и выполнена (при наличии прав доступа) из Visual Basic, Visual C++, Visual J++, Visual FoxPro и т. д.

В основе практически всех вышеперечисленных утилит лежит код языка Transact-SQL. MS SQL Server был первой СУБД, прошедшей сертификационные испытания Правительства США на соответствие входному уровню (entry level) федеральных стандартов обработки информации (FIPS) 127.2. Эти тесты основываются на известных стандартах ANSI SQL92 и включают дополнительные требования, в частности по поддержке трехуровневых архитектур.

MS SQL Server содержит большое количество черт и функций, относящихся к более высоким уровням стандарта ANSI SQL92 (intermediate и full), например скролируемые в обоих направлениях курсоры с абсолютным и относительным позиционированием. Насколько мне известно, ни одна из СУБД на сегодня не достигла полного соответствия уровню ANSI SQL92, более высокому, чем входной.

Transact-SQL включает операторы для изменения настроек сервера, пользовательской сессии, просмотра и редактирования данных, создания и модификации баз и их объектов. В настоящее время в MS SQL

Server поддерживается только строгий (restrict) тип ссылочной целостности.

Помимо обычных хранимых процедур MS SQL Server предоставляет возможность динамической загрузки и выполнения функций, которые называются расширенными хранимыми процедурами и выполнены в виде dll-библиотек. Расширенные процедуры объединены в dll-библиотеки в целях повышения производительности по сравнению с оформлением в виде отдельных процессов.

Кроме расширенных процедур, входящих в Transact-SQL, MS SQL Server позволяет создавать пользовательские расширенные процедуры с использованием кода на C при помощи MS Open Data Service (ODS) API. MS ODS является мощным средством разработки и применяется также для создания шлюзов к неподдерживаемым штатно пользовательским ресурсам, программирования задач аудита, извещения о событиях и пр. Дополнительный уровень защиты обеспечивается обработчиком исключений MS SQL Server, который предотвращает сервер от сбоя в случае нарушений защиты памяти в расширенной процедуре.

В версии в Transact-SQL вошли хранимые процедуры для работы с объектами OLE Automation. Таким образом, фактически появилась возможность писать расширенные хранимые процедуры на любом языке программирования, поддерживающем создание серверов OLE Automation: Visual Basic версии 4 и выше, Visual FoxPro 5.x и т. д. Экземпляр соответствующего объекта создается непосредственно в коде Transact-SQL.

Механизм вызовов удаленных хранимых процедур (RPC) позволяет организовать межсерверное взаимодействие и является мощным средством построения распределенных баз. RPC означает вызов с одного сервера процедуры, принадлежащей другому серверу баз данных. Клиентское приложение может вызывать процедуру на своем основном сервере, которая неявно для клиента может порождать каскад вызовов удаленных хранимых процедур на других серверах. RPC представляет собой достаточно удобный способ работы с распределенными данными без необходимости внесения изменений в клиентскую часть приложения.

MS Distributed Transaction Coordinator (DTC). Создание распределенных приложений приводит к тому, что транзакции также приобретают распределенный характер. Структуризация приложения в виде многих самостоятельных компонентов способна

существенно повысить масштабируемость и повторную используемость, а также упростить его разработку. Однако при этом необходимо иметь в виду, что сбой в работе одного из компонентов (например, в результате выхода из строя компьютера, на котором она была запущена) не должен сказываться на целостности функционирования всего приложения в целом, т. е. компонент может временно выключиться из согласованной работы приложения, но связанные с ней сообщения должны быть обработаны корректно.

Участниками распределенной транзакции являются приложение, менеджеры транзакций, менеджеры ресурсов и сами ресурсы, затрагиваемые транзакцией. В этой цепочке MS DTC выполняет роль менеджера транзакций.

MS DTC содержит компоненты клиентской и серверной настройки. Установка клиентского компонента требуется только в том случае, если данный клиент будет сам инициировать распределенные транзакции, а не использовать транзакции, начатые на серверной стороне. MS DTC достаточно легок и удобен в настройке и управлении.

OLE Transaction выгодно отличается от некоторых других распространенных стандартов тем, что построен на основе объектной модели и поддерживает приложения, работающие одновременно со многими потоками. OLE Transaction обладает улучшенными характеристиками по сравнению с ранее разработанными стандартами, лишенными, например, возможности восстановления (recovery), инициированного менеджером ресурсов. Тем не менее при помощи процесса XA Mapper MS DTC, выполняющего роль переводчика между XA и OLE Transaction, обеспечивается определенное взаимодействие с продуктами, совместимыми со стандартом X/Open DTP XA.

MS DTC может участвовать в транзакциях, координируемых мониторами транзакций Encina, TopEnd и Tuxedo, для которых он выглядит как некоторый менеджер ресурсов. Стандарт OLE Transaction содержит возможности расширения для работы с широким спектром транзакционно-защищенных ресурсов, к которым могут быть отнесены документы, образы, очереди сообщений и другие виды плохо структурированной информации.

Надежность хранения информации. В критических для бизнеса приложениях, когда сервер СУБД должен быть постоянно доступен для клиентов, большинство профилактических работ по поддержке базы

данных приходится выполнять фактически в режиме on-line. MS SQL Server обладает возможностями динамического резервного копирования данных. В случае сбоя оборудования, отключения питания и т. д. механизм автоматического восстановления MS SQL Server восстанавливает все базы данных до их последнего целостного состояния без вмешательства администратора. Все завершённые, но не отражённые в базе транзакции из журнала транзакций применяются к базе данных (это фактически то, что происходит при событии checkpoint), а незавершённые транзакции, т. е. те, которые были активными на момент сбоя, вычищаются из журнала.

Наличие развитого механизма тиражирования в любой серьёзной системе управления базами данных обуславливается необходимостью приближения данных к местам их непосредственного потребления, что является особенно важным фактором при построении витрин данных в системах принятия решений, разгрузки приложений от избыточных функций чтения/поиска при создании отчетов и т. д. Создание распределённых приложений с использованием средств тиражирования положительно сказывается на относительной автономии сайтов, повышении масштабируемости и производительности. Традиционно в построении распределённых систем данных существуют два основных подхода. Один из них основан на плотной целостности данных (loose consistency). Протокол двухфазной фиксации гарантирует идентичность данных в любой момент времени на всех узлах сети, однако необходимо иметь в виду, что этот подход требует наличия высокоскоростных каналов передачи данных и постоянной доступности каждого узла. Другой подход, основанный на слабой целостности (loose consistency), допускает, вообще говоря, некоторый временной интервал между внесением изменений в оригинал и их отражением в образе. Приложения, основанные на принципе слабой целостности, являются значительно менее чувствительными к доступности узлов, а также пропускной способности и надёжности каналов передачи данных. Тиражирование в MS SQL Server построено на использовании именно второго подхода.

На дистрибьюторе существуют ещё два вида процесса: распространение и очистка. Задача распространения создается для каждой пары "тиражируемая база/подписавшаяся база", а задача очистки - для пары "издатель/подписчик". Распростра-

нение (distribution task) применяет прочитанные из базы данных распространения sql-команды к базе данных подписчика. Процесс очистки (cleanup task) уничтожает все выполненные работы (т. е. транзакции) из базы данных распространения через некоторый настраиваемый интервал после того, как они были доведены до подписчика. Несмотря на то что организация всего процесса тиражирования может быть записана в кодах при помощи вызовов специальных хранимых процедур, эта черта используется на практике крайне редко и главным образом в целях отладки. В обычных ситуациях настройка и управление тиражированием осуществляются из графической среды SQL Enterprise Manager и планировщика задач SQL Executive.

Соединение дистрибьютора с издателем происходит на основе DB-Library, а с подписчиком - через ODBC. Таким образом, в качестве подписчиков MS SQL Server может выступать широкий спектр ODBC-достижимых ресурсов, к которым, например, относятся другой Access, Sybase, Oracle, DB2 и т.д.

Безопасность доступа. MS SQL Server использует в своей работе сервисы безопасности Windows NT. Напомним, что Windows NT на сегодня сертифицирована по классам безопасности C2/E3. MS SQL Server может быть настроен на работу в одном из трех режимах безопасности. Интегрированный режим предусматривает использование механизмов аутентификации Windows NT для обеспечения безопасности всех пользовательских соединений. В этом случае к серверу разрешаются только трасовые, или аутентифицирующие, соединения (named pipes и multiprotocol). Стандартный режим безопасности предполагает, что на MS SQL Server будут заводиться самостоятельные login id и соответствующие им пароли. Смешанный режим использует интегрированную модель при установлении соединений по именованным каналам или мультипротоколу и стандартную модель во всех остальных случаях.

MS SQL Server обеспечивает многоуровневую проверку привилегий при загрузке на сервер. Сначала идентифицируются права пользователя на установление соединения с выбранным сервером и выполнение административных функций: создание устройств и баз данных, назначение прав другим пользователям, изменение параметров настройки сервера и т.д. На уровне базы данных каждый пользователь, загрузившийся на

сервер, может иметь имя пользователя (username) базы и права на доступ к объектам внутри нее. Имеется возможность отобразить нескольких login id на одного пользователя базы данных, а также объединять пользователей в группы для удобства администрирования и назначения сходных привилегий. По отношению к объектам базы данных пользователю могут быть назначены права на выполнение различных операций над ними: чтение, добавление, удаление, изменение, декларативная ссылочная целостность (DRI), выполнение хранимых процедур, а также права на доступ к отдельным полям. Наконец, можно вообще запретить пользователю непосредственный доступ к данным, оставив за ним лишь права на выполнение хранимых процедур, в которых будет прописан весь сценарий его доступа к базе.

MS SQL Server в Internet/Intranet-приложениях. Времена статических страниц объявлений и рекламы миновали – бурное развитие бизнеса в Internet предполагает непосредственное участие клиента в совершении сделок. Говоря об использовании MS SQL Server при построении активных Internet/intranet-приложений, мы снова должны обратиться к преимуществам его тесной интеграции со всеми продуктами семейства Microsoft Back Office.

На этот раз речь пойдет об Internet Information Server (IIS). Помимо исполнения CGI-скриптов MS IIS предоставляет разработчикам возможность создания с помощью соответствующего прикладного программного интерфейса (ISAPI) приложений в виде динамических библиотек, запуск которых происходит в ответ на команду или выбор линка на Web-странице. В отличие от CGI, где каждый скрипт выполняется как иной, нежели Web-сервер, процесс, что быстро "съедает" ресурсы даже достаточно мощной машины при большом количестве заходов на сервер, ISAPI-приложение выполняется в адресном пространстве Web-сервера, что, естественно, повышает скорость работы и существенно экономит машинные ресурсы. В зависимости от сложности сайта и приложений, dll могут быть предзагружены одновременно с запуском сервера, либо подгружаться/выгружаться из памяти по мере необходимости. К наиболее известным средствам разработки приложений на основе ISAPI относятся входящий в состав MS IIS Internet Database Connector (IDC), а также свободно распространяемый dbWeb.

Microsoft dbWeb представляет со-

бой шлюз между 32-битными ODBC-ресурсами и MS IIS. dbWeb предусматривает создание схемы, содержащей описание данных и связанных с ними Web-страниц. Он поддерживает исполнение запросов в реальном режиме времени на основе "pull"-модели публикации, позволяя тем самым создавать активные Web-страницы. Microsoft dbWeb структурно состоит из двух основных компонентов: dbWeb Service и dbWeb Administrator. dbWeb Service является типичным ISAPI-приложением, которое обрабатывает пользовательские запросы, направляемые посетителем страницы через браузер, и управляет соединениями между браузером, ODBC-ресурсом и IIS. К функциям dbWeb Administrator относится создание HTML-страниц, содержащих результаты выполнения запросов на основе уже упоминавшихся схем, с помощью которых осуществляется управление публикуемыми данными.

IDC входит в состав MS IIS. С помощью вызовов функций ODBC API он обеспечивает прямую связь между полями HTML-формы и соответствующим ODBC-достижимым источником данных. Для доступа к данным и публикации на Web IDC использует файлы двух типов – .idc и .htx. Файл с расширением idc содержит всю необходимую информацию о соединении с источником данных, текст запроса, а также ссылку на соответствующий htx-файл. Файл с расширением htx служит шаблоном страницы, на которой будут опубликованы данные из базы, а также элементы оформления в виде статического текста, графики, видео и т. п.

SQL Web Assistant, входящий в состав MS SQL Server, в отличие от двух только что рассмотренных инструментов, не является ISAPI-приложением и работает только с MS SQL Server. Web Assistant имеет интерфейс мастера (wizard), благодаря которому, администратор может сэкономить время по выполнению рутинного HTML-кодирования и получить готовую (в HTML-кодах) страницу, содержащую результаты опубликования произвольного запроса к базе.

Полученная страница не является активной в строгом смысле этого слова, так как публикуется при помощи push-метода, т. е. обновление происходит по инициативе сервера и не допускает обновления со стороны клиента. Однако сервер может производить обновление (перегенерацию) страницы на триггерной основе или на основе расписаний задач под управлением SQL Executive.

Active Data Objects (ADO) в достаточно грубом приближении служат VB-интерфейсом к OLE DB. Их роль видится особенно важной в развитии компонентного

подхода и технологий универсального доступа к данным.

Активные серверные страницы представляют собой инструмент для эффективной разработки серверных Web-приложений, интегрирующих в своем составе HTML-код, VBScript и компоненты ActiveX. С их помощью в уже существующие наработки легко могут быть встроены фрагменты кода на VBScript или JavaScript, а также вызовы соответствующих объектов ActiveX.

MS SQL Server представляет собой мощный полнофункциональный сервер баз данных, отличающийся высокой производительностью, быстротой освоения и удобным интерфейсом администрирования. Под его управлением могут работать базы данных в широком диапазоне от уровня среднего звена предприятия до распределенных баз масштаба корпорации. Доступ к MS SQL Server возможен из большого числа средств разработки клиентских front-end, настольных баз данных и офисных продуктов. MS SQL Server изначально ориентирован на интеграцию с другими серверами MS BackOffice, что позволяет непосредственно охватить решение комплексных задач автоматизации хранения и

обработки информации, электронной почты и документооборота, построения Internet/intranet приложений и т. д. MS SQL Server работает в как в традиционных клиент-серверных платформах, так и в многоуровневых средах.

Литература

1. Харитонов И., Михеева В., MS Access 2000 в подлиннике. BHV – Санкт-Петербург, 2001.
2. Мамаев Е. MS SQL Server 2000 в подлиннике. BHV – Санкт-Петербург, 2001.
3. Мамаев Е. MS SQL Server 7.0 проектирование и реализация баз данных. BHV – Санкт-Петербург, 2000.
4. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. 2000г.
5. Корнеев В.В., Гареев А.Ф. Базы данных, интеллектуальная обработка информации. Москва 2000г.
6. Мейер Д. Теория реляционных баз данных.
7. Карпова Г. Базы данных: модели, разработка, реализация: Учебник. – СПб, Питер, 2002

УДК: 621.396.49

МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ СОТОВОЙ СЕТИ UMTS С УЧЕТОМ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

Каримов Б.Т., Кыдыралиев М.С.

КГТУ им. И.Раззакова

В данной статье рассмотрена модель двухсекторной сотовой структуры сети UMTS, в котором направления излучения секторов противоположны несовместимым радиоэлектронным средствам (РЭС). Дан анализ особенностей создания такой структуры и подход к решению проблем по радиоэлектронной совместимости (ЭМС).

Сети UMTS имеют традиционную сотовую структуру. В такой структуре каждая сота обеспечивает равномерное радиопокрытие «своей» территории. Чаще всего это достигается за счет секторизации соты при равномерном разбиении ее на несколько одинаковых секторов. Такая регулярная структура удобна при планировании сетей и проведении расчетов по ЭМС, так как регулярность позволяет проводить анализ и моделирование бесконечной структуры сети на конечных моделях. Поиск путей более эффективного использования ограниченного частотного ресурса привел к созданию сотовых сетей, в которых при соблюдении определенных условий можно многократно (повторно) использовать имеющиеся радиочастоты. При этом эффективность такого повторения достигалась за счет разработки и применения

совершенных методов частотного планирования сетей первого и второго поколений. Появление сотовых сетей связи третьего поколения с кодовым разделением каналов исключило необходимость повторного использования радиочастот, поскольку во всех сотах сети используется одна общая частота (или ограниченное число частот). Учитывая этот факт, можно поставить вопрос о целесообразности строго соблюдать традиционную сотовую структуру при планировании и строительстве сетей 3G. Как было замечено выше, предпосылка для создания такой структуры базируется на отсутствии необходимости в строгой структуризации (кластеризации) сети и разноточности сот с одинаковыми частотами для повторного их использования. Сложность электромагнитной обстановки и рельеф местности сдерживают строительство

коммерческих сетей UMTS на большей части территории страны, а на территории отдельных регионов и вовсе не позволяет их построить. В этой ситуации возникает необходимость рассмотрения возможных альтернативных вариантов решения данной проблемы.

Традиционная модель

Зарубежный опыт показал, что в ряде случаев традиционная структура сетей UMTS может оказаться не вполне приемлемой по условиям их электромагнитной совместимости с отдельными типами потенциально несовместимых РЭС, если условия функционирования этих РЭС категорически не допускают воздействия каких-либо радиопомех. Подобное требование может быть предъяв-

лено к совокупности большого числа базовых станций сети UMTS, как потенциального источника радиопомех с суммарной мощностью всех секторов, излучающих на общей частоте в сторону одного из несовместимых РЭС.

При двухсекторной сотовой структуре излучение всех базовых станций сети UMTS направлено в сторону, противоположную от потенциально несовместимого РЭС (рис. 1), при этом каждая сота состоит из двух секторов. Как было замечено выше, предпосылка для создания такой структуры базируется на отсутствии необходимости в строгой структуризации (кластеризации) сети и разносе сот с одинаковыми частотами для повторного их использования

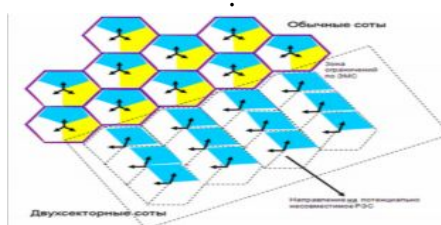


Рис. 1. Структура сети UMTS из двухсекторных сот

Особенности создания двухсекторных сотовых сетей UMTS

Планируя сеть с описанной выше структурой, необходимо учитывать ряд важных обстоятельств. Во-первых, требуется оценить размер запрещенного сектора излучения в направлении на потенциально несовместимое РЭС (рис. 1). Размер этого сектора зависит от таких параметров, как:

- форма диаграмм направленности и коэффициенты усиления передающих антенн, используемых в разрешенных секторах двухсекторной сотовой сети UMTS;
- разнос главных направлений излучения двух используемых секторов между собой;

требования по ЭМС для потенциально несовместимого РЭС (планируемое удаление базовых станций сети и несовместимого РЭС, форма диаграммы направленности и коэффициент усиления приемной антенны, защитное отношение сигнал/шум на входе приемника несовместимого РЭС).

На рис. 2 в качестве примера приведены полученные оценки минимально допустимого удаления двухсекторных базовых станций сотовой сети UMTS от одного из типов потенциально несовместимого РЭС в зависимости от размера (угла в градусах) запрещенного сектора.

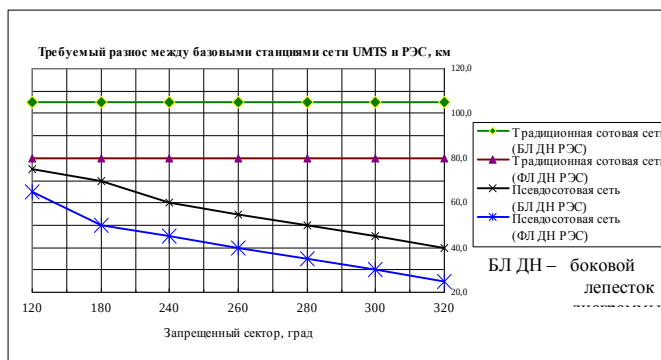


Рис. 2. Размер запрещенного сектора для различных допустимых удалений РЭС

В отличие от GSM абонентский терминал в сети UMTS должен одновременно принимать сигналы от нескольких базовых станций, обеспечивая при этом мягкий хэндовер без разрыва соединения и разнесенный прием. Такая процедура получила в зарубежной литературе название макроразнесения (macro-diversity) и служит для улучшения качества приема в многолучевом канале за счет уменьшения требуемого отношения сигнал/шум E_b/N_0 по сравнению с отдельной радиолинией. Полный выигрыш при этом составляет от 2,0 дБ до 3,0 дБ. Следует заметить, что макроразнесение осуществляется по линии «вниз» только по низкоскоростным каналам DCH и в соединении с высокоскоростным режимом HSDPA не применяется.

Необходимым условием для макроразнесения в UMTS является формирование активного набора ячеек (AS – Active Set), который представляет собой совокупность ячеек сети, с которыми абонентский терминал (АТ) поддерживает одновременное соединение. Для оценки состояния активного набора часто используют параметр «геометрия» (Geometry)

$$G = I_{or}/I_{oc} \quad (1)$$

где I_{or} и I_{oc} – уровни суммарного принимаемого сигнала от ячеек активного набора и ячеек, не входящих в активный набор, соответственно.

Параметр G зависит в прямой пропорции от размера активного набора, но вместе с тем при строительстве сети требует разумного ограничения.

Особенность строительства сетей UMTS с двухсекторной структурой состоит в том, что в состав AS обязательно должны

входить ячейки смежных слоев, при этом необходимо обеспечить по крайней мере активный набор из двух таких ячеек (рис. 3). Как видно из рисунка, значения удалений АТ от базовых станций ячеек как активного R_{or} , так и неактивного R_{oc} наборов, ограничиваются минимальным значением, близким к нулю, и максимальным значением, равным размеру ячейки R . Их средние значения соответственно равны $\bar{R}_{or} = \bar{R}_{oc} = R/2$. При таком соотношении удалений параметр G может достигать значения, равного в среднем 1 дБ...1,5 дБ (рис. 4) [2]. Такой результат может обеспечить приемлемый выигрыш в отношении сигнал/помеха $\Delta E_c/I_0$, примерно равный 1 дБ (рис.5) [2].

На качественном уровне можно оценить еще один важный параметр сети UMTS с двухсекторной структурой. Как показано в [1], пропускная способность нисходящих каналов DL зависит от степени влияния соседних сот (параметр $i = I_{oc}/I_{or}$ в выражении (4) [1]). В сети UMTS данный параметр изменяется по мере удаления АТ от базовой станции и на краю ячейки при традиционной структуре может принимать значение, равное 3 дБ. При таком значении параметра i АТ испытывает максимальное влияние соседних сот.

Как можно видеть из рис. 5, при двухсекторной структуре сети UMTS такое влияние существенно меньше ($i = 1/G = -1$ дБ, -1,5 дБ), что в свою очередь обуславливает повышение пропускной способности ячеек на 10-15% и способствует снижению требуемой мощности излучения базовых станций сети (выражения (4) и (6) [1]).

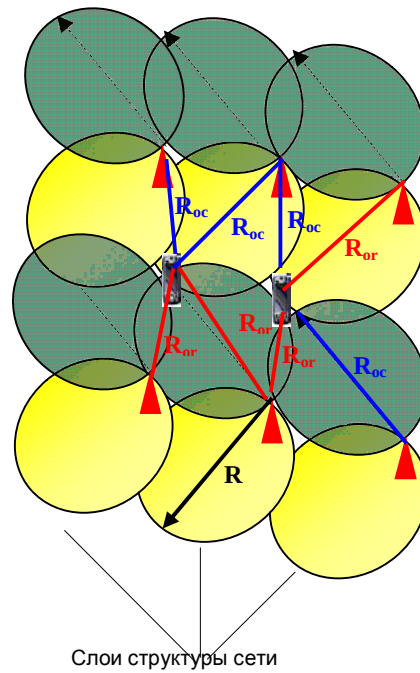


Рис. 3. Мягкий хэндовер и макроразнесение в двухсекторной структуре сети UMTS

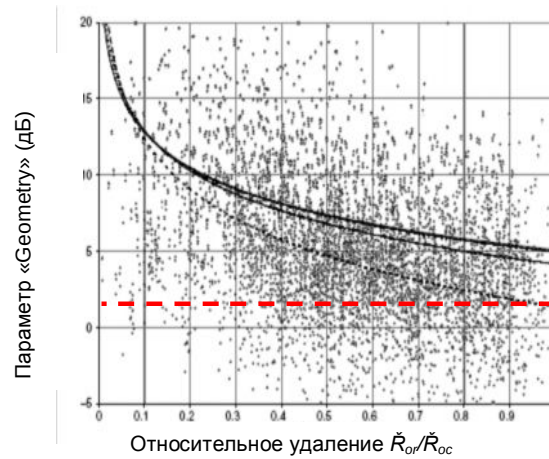


Рис. 4. Соотношение параметра G и удалений АТ от БС ячеек активного и неактивного наборов

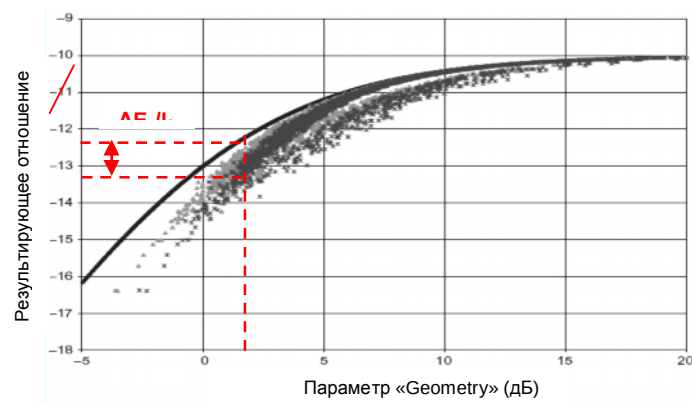


Рис. 5. Выигрыш в отношении сигнал/помеха при макроразнесении в двухсекторной структуре сети UMTS

Горный рельеф местности

При построении сети UMTS для Кыргызстана также важно учесть горный рельеф местности. Населенные пункты расположены в долинах и на склонах горных хребтов. Двухсекторная сотовая сеть лучше подходит

для местных условий рельефа. Направление по склону, а именно изменение высоты на склонах улучшают характеристики модели двухсекторной сотовой сети (рис. 6): увеличивается зона покрытия за счет выигрыша по высоте экономятся средства на постройку

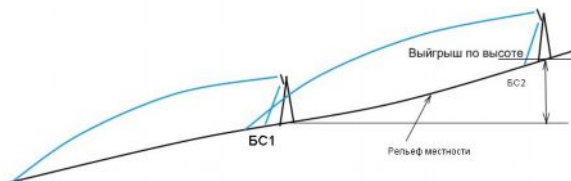


Рис. 6. Рельеф местности и выигрыш по высоте

При угле наклона в 3° , на расстоянии 1 км вниз по склону от БС, БС будет выше по уровню на 50 метров. Выигрыш по высоте будет равен 50 метров. При проектировании

будет достаточно, чтобы средний вектор направления двух секторов был направлен вниз по склону (рис.7).

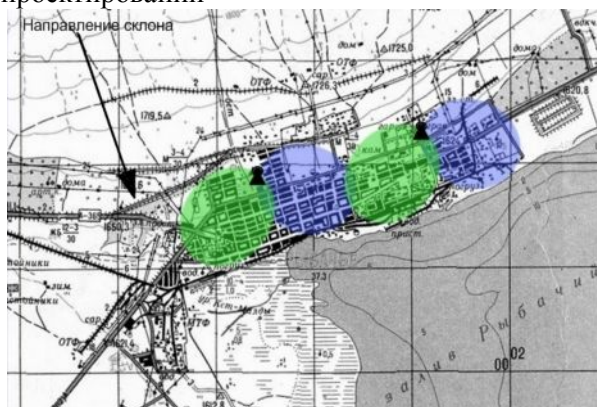


Рис. 7. Пример расположения двух БС в городе Балыкчы

Полученные оценки позволяют сделать вывод о реальной возможности и целесообразности создания двухсекторной сотовой структуры сетей UMTS. Предложенная структура может обеспечить существенное снижение действующих ограничений по ЭМС, а сети UMTS с двухсекторной структурой могут рассматриваться как альтернативный вариант сетей для сложных регионов, таких как Кыргызстан.

Литература

1. В.Г.Скрынников. Предварительная оценка параметров сети UMTS/HSDPA. – Электросвязь, №3, 2008. С. 45
2. Ch. Chevallier, Ch. Brunner, A. Garavaglia, Kenn P. Murray, Kenneth R. Baker. WCDMA (UMTS). Deployment Handbook. Planning and Optimization. – Wiley, 2006. С. 130
3. H. Holma, A. Toskala. WCDMA for UMTS. Radio Access for Third Generation Mobile Communications. 2001. С. 2006

УДК 621.391.7

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ СВЯЗИ С ШУМОПОДОБНЫМИ СИГНАЛАМИ

Ванюков А.Ю.

КГТУ им. И.Раззакова

В работе приведены результаты исследования степени защиты информации в системе связи при условии передачи нескольких шумоподобных сигналов. Показано, что в рассмотренной системе достигается высокая степень защиты информации и не требуется наличия криптографического шифрования.

Защита информации является актуальной задачей в настоящее время. Это связано с наличием абонентов, нуждающихся в защите частной, корпоративной информации. В современных телекоммуникационных системах используются как аппаратные, так и программные средства защиты. Широко используются криптографические алгоритмы шифрования. В статье рассмотрен метод защиты информации на основе передачи нескольких шумоподобных сигналов. Шумоподобные сигналы (ШПС) используются в системах связи [1,2] и обладают несколькими положительными свойствами.

В системе связи используется M реализаций ШПС. Используются сигналы с псевдослучайной перестройкой частоты. Нарушитель знает о системе передачи информации некоторые сведения, которые не разглашаются, но могут быть получены путем подкупа персонала или воровства. Для оценки уровня защиты информации рассмотрим следующую модель вероятного нарушителя:

- противник ведет электромагнитный перехват информации и имеет полный доступ к каналу связи;
- условия ведения разведки таковы, что заранее известно число частот в ШПС (N), также известно точное значение частот и число реализаций (M);
- известно исходное сообщение (до передачи);

- противник знает о временных режимах передачи, т.е. время начала и окончания сигнала;
- известна полоса частот, занимаемая сигналом;
- нарушитель оцифровал реализацию и обрабатывает ее с помощью компьютера или объединенных в сеть компьютеров.

Таким образом, мы допустили значительную утечку информации и анализируем действия противника. Задача нарушителя состоит в нахождении реализаций ШПС, что позволит обрабатывать различные перехваченные реализации сигнала и выделять сообщения. Поскольку известна структурная схема системы связи и принципы ее построения, противник создает программу для обработки сигнала.

На рис.1 показан условно процесс передачи. В системе связи передаются короткие текстовые сообщения. После кодирования каждый символ текста представляется в виде M битов. Каждая группа M битов передается группой M ШПС. Далее процесс повторяется. Для приема суммарного сигнала используются корреляторы или согласованные фильтры. В процессе приема для правильного выделения информации необходимо знать полные сведения о ШПС, т.к. они используются в качестве опорного сигнала при обработке.

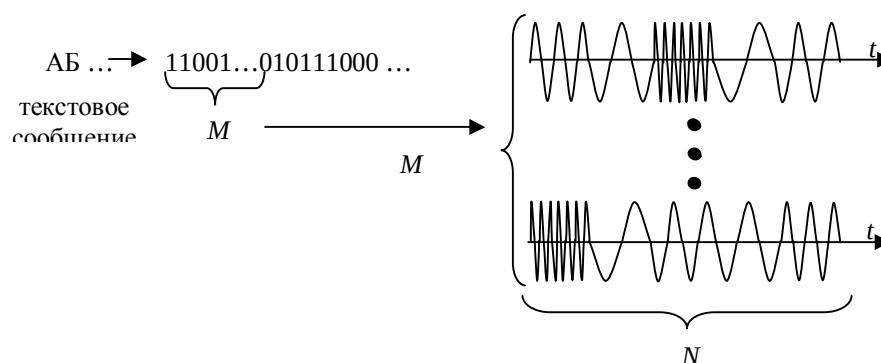


Рис. 1. Процесс передачи

Рассмотрим следующую ситуацию – для раскрытия содержащейся в сигнале информации не хватает данных о порядке чередования M ШПС и порядке чередования N частот в каждом ШПС. Не зная комбинации частот в ШПС, противник создает методом перебора реализации ШПС, затем из них составляется ансамбль ШПС. Перехваченный сигнал обрабатывается для каждого ансамбля ШПС, и сравниваются результаты для нахождения искомого ансамбля ШПС.

В математике рассматриваются перестановки [3]. Если рассмотреть три частоты, то перестановки из 3 частот F_1, F_2, F_3 : $F_1F_2F_3$; $F_2F_1F_3$; $F_3F_2F_1$; $F_1F_3F_2$; $F_2F_3F_1$; $F_3F_1F_2$. Если рассматривать N частот, то таких перестано-

вок (число возможных реализаций ШПС) получится:

$$V = N! \quad (1)$$

Для восстановления переданного сообщения недостаточно знать реализации, необходимо также иметь сведения о порядке передачи, т.е. какой бит какой реализацией передается. В таком случае необходимо рассмотреть размещения [3]. Например, размещения из реализаций V_1, V_2, V_3 по 2: V_1V_2 ; V_2V_1 ; V_3V_2 ; V_1V_3 ; V_2V_3 ; V_3V_1 . Если рассматривать всего V ШПС и M из них передающихся одновременно, то число размещений (ансамблей ШПС) получится:

$$B = \frac{V!}{(V-M)!} = \frac{N!!}{(N!-M)!} \quad (2)$$

Стирлинга [3]

$$n! \approx \left(\frac{n}{e}\right)^n \sqrt{2\pi n} \left(1 + \frac{1}{12n} + \frac{1}{288n^2} + \dots\right) \quad (3)$$

На основании (3) преобразуем (2), учитывая, что мы находим факториал очень больших чисел:

$$B = \frac{N!!}{(N!-M)!} = \frac{\left(\frac{N!}{e}\right)^{N!} \cdot \sqrt{2\pi N!}}{\left(\frac{N!-M}{e}\right)^{N!-M} \cdot \sqrt{2\pi(N!-M)}} > \frac{\left(\frac{N!}{e}\right)^{N!}}{\left(\frac{N!}{e}\right)^{N!-M}} = \left(\frac{N!}{e}\right)^M \quad (4)$$

По формуле (4) мы находим нижнюю границу для B . Примем, условие, что на программную обработку для одного выбранного ансамбля ШПС затрачивается время вычисления 1 мкс. Это гипотетический случай, время вычисления:

$$T(M, N) = \frac{\left(\frac{N!}{e}\right)^M \cdot 10^{-6} \cdot 0.5}{3600 \cdot 24 \cdot 365}, \text{ лет} \quad (5)$$

В формуле (5) учитывается время вычисления для одного ансамбля (10^{-6} с), число секунд в 1 часе (3600), число часов в сутках (24), число дней в году (365). Также считается, что искомая комбинация будет найдена при переборе 50% комбинаций (коэффициент 0.5). По формуле (5) выполнены расчеты, которые сведены в таблицу 1 для различных

рассчитанный на технический прогресс в будущем. При расчете не будем учитывать время необходимое для сравнения и выбора ансамбля ШПС. Найдем

значений M и N . Будем считать, что при времени вычисления более 5 лет обеспечивается необходимый уровень защиты информации, т.к. по истечении этого времени информация не представляет ценности. Из таблицы 1 следует, что время вычисления оказывается значительным с увеличением M и N . Следует отметить, что для обеспечения высокой помехоустойчивости системы связи и достижения хороших корреляционных свойств ШПС на практике используются сигналы с псевдослучайной перестройкой частоты при $N > 10$.

Таблица 1

N, M	$M = 2$	$M = 3$	$M = 4$
$N = 8$	$3.488 \cdot 10^{-6}$	0.052	767.481
$N = 10$	0.028	$3.772 \cdot 10^4$	$5.035 \cdot 10^{10}$
$N = 16$	$9.393 \cdot 10^{11}$	$7.23 \cdot 10^{24}$	$5.565 \cdot 10^{37}$

Расчетные значения времени вычисления

Рассмотрим другую ситуацию – для раскрытия содержащейся в сигнале информации не хватает только данных о порядке передачи реализаций ШПС, сами реализации

ШПС известны. В данном случае нарушитель перебирает все возможные перестановки, и по виду выделенного сообщения будет судить о порядке чередования реализаций.

Найдем время вычисления, используя формулу (1):

$$T(M) = \frac{M! \cdot 10^{-6} \cdot 0.5}{3600 \cdot 24 \cdot 365} \quad (6)$$

По формуле (6) построен график (рис.2). Из рис.2 следует, что при $M \geq 17$ время вычисления оказывается довольно большим. Порядок чередования частот в реализации и порядок чередования реализаций можно использовать как аналог ключа в крипто-

графии. Защита информации заключается в ключе, который можно выполнить в виде текстового файла, в строках которого задать сведения о частотах ШПС.

В программе считываются строки из файла и, зная значение частот, составляющих ШПС можно синтезировать массив отсчетов, необходимый для цифровой обработки.

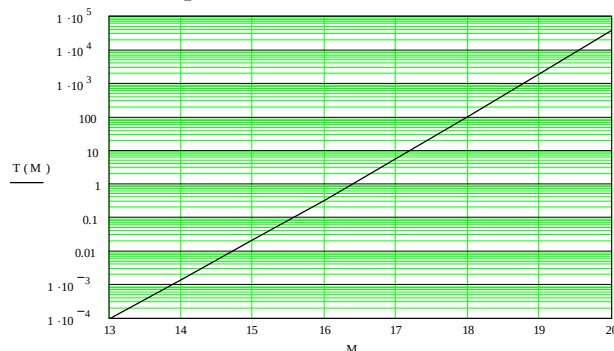


Рис. 2.

Проведенные вычисления призваны показать высокую степень защиты информации при рассмотренном методе передачи. Метод перебора на компьютере при правильно выбранном ансамбле ШПС не применим. Следует отметить, что проанализирован случай значительной утечки информации, что не следует допускать на практике. В этом случае уровень защиты информации будет еще выше. Если будут известны полные сведения о ШПС, можно изменить ШПС и вновь передавать информацию. Ансамбль ШПС можно изменить, изменяя файл с параметрами ШПС. Наличие сложных по форме сигналов позволяет защитить информацию без использования криптографических алгоритмов.

Литература

1. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. - М.: Радио и связь, 1985. - 384 с.
2. Склар Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. - М.: Изд. дом. «Вильямс», 2003. - 1104 с.
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. - М.: Изд. Наука, 1964. - 608 с.

УДК 62-50

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Мусина И.Р.

КГТУ им. И.Раззакова

Приводятся результаты построения автоматизированной системы краткосрочного прогнозирования с использованием алгоритма самоорганизации.

Современные условия экономического кризиса характеризуются скачкообразными изменениями экономических показателей, что затрудняет прогноз их поведения в будущем. А это, в свою очередь, препятствует принятию эффективного управленческого решения. Даже макроэкономические характеристики, обладающие наибольшей инерци-

онностью, в период кризиса становятся весьма подвижными. В таких условиях особенно сложным становится построение краткосрочного прогноза (с периодом упреждения не более пяти шагов), который требует высокой точности.

При работе над прогнозом приходится иметь дело с большими объемами инфор-

мации, которая должна оперативно анализироваться и обрабатываться в соответствии с используемой технологией прогнозирования. Поэтому без использования компьютеров, эффективных программ анализа и обработки информации в виде временных рядов получить краткосрочный прогноз с достаточно высокой точностью, как правило, невозможно.

Первая проблема при построении прогноза, которая решается с помощью автоматизированной системы, это подготовка исходных данных. Поступающая информация об объекте должна накапливаться в базе данных, анализироваться (с помощью построения графиков и таблиц); устаревшие данные должны записываться в архив. Временные ряды, на основании которых строится прогноз, не должны иметь пропущенные наблюдения. Пропуски могут быть как за счет ошибок ввода информации, так и в силу объективных причин при ее сборе. При больших объемах данных подобные ситуации могут отслеживаться только компьютерной программой.

Вторая и одновременно главная проблема – это получение достоверного прогноза для динамических показателей. Прогнозист не знает всех факторов, влияющих на рост или спад наблюдаемого показателя, тем не менее, это не означает, что он не может прогнозировать его поведение в постоянно изменяющихся условиях внешней среды. Все влияющие факторы отражены во временном ряде – упорядоченной во времени последовательности наблюдений. Но прогнозирование одномерного временного ряда, отображающего динамику структурно-изменяющегося показателя, осложнено тем, что для него нельзя выбрать один и тот же алгоритм, одинаково хорошо работающий на любом временном интервале. А это значит, что человек, получающий прогноз должен быть компетентным в области прогностики, чтобы грамотно подбирать предиктор. Таким образом, становится актуальной разработка автоматизированной системы, позволяющей обрабатывать ряды с различной динамикой. Для разработки системы краткосрочного прогнозирования системы было выбрано инструментальное средство POWER BUILDER.

Выбор алгоритмов прогнозирования. В разработанной системе реализованы методы, основанные на экспоненциальном сглаживании. Это объясняется не только простотой их реализации и научной обоснованностью [1], но и тем, что сама процедура

сглаживания направлена на минимизацию случайных отклонений точек ряда от некоторой гладкой кривой предполагаемого тренда процесса. В методах, основанных на экспоненциальном сглаживании, используется параметр сглаживания (его значения изменяются в пределах от 0 до 1), который позволяет дисконтировать данные. Если необходимо увеличить вес более свежих наблюдений, то параметр следует увеличивать, а для сглаживания случайных отклонений его значение нужно уменьшить.

В системе реализованы следующие методы и модели прогнозирования:

- простое экспоненциальное сглаживания (ПЭС) по полиномиальной модели нулевого, первого и второго порядка [1,2];
- модель линейного роста Брауна [2];
- модели с адаптивными параметрами адаптации, использующие следящий контрольный сигнал: модель Тригга – Лича и его модификация – модель Тригга - Лича – Шоуна [2];
- метод У.Чоу [1, 2], который комбинирует экспоненциальное сглаживание с методом эволюционного планирования.

Все выше перечисленные методы являются адаптивными. Однако при их практическом применении к структурно - изменяющемуся показателю, как сказано выше, возникают проблемы, связанные с выбором, во-первых, модели прогнозирования и, во-вторых, значения параметра сглаживания для различных интервалов времени. Для их разрешения в автоматизированной системе реализован алгоритм прогнозирования, построенный по принципу самоорганизации (САП), состоящий из ряда шагов [3]:

Шаг 1. Формирование множества простых алгоритмов прогнозирования. Под определением «простой алгоритм» мы понимаем известные алгоритмы (методы, математические модели) прогнозирования. На этом шаге формируется множество алгоритмов, которые будут использоваться при построении самоорганизующегося алгоритма. В автоматизированной системе в это множество включены все выше перечисленные модели и методы, основанные на экспоненциальном сглаживании. При этом каждый метод «работает» с множеством параметров сглаживания: 0.1; 0.2;...1. Шаг изменения параметра может быть изменен пользователем.

Шаг 2. Выбор критерия отбора лучшего алгоритма для формирования прогноза. В качестве критерия отбора может быть выбрана

как относительная (абсолютная) ошибка прогнозирования, рассчитываемая в каждой точке.

Шаг 3. Обучение самоорганизующегося алгоритма прогнозирования. Проводится прогнозирование на текущий момент времени (или для некоторой ретроспективной выборки), где известно (или известны) фактические значения наблюдаемого показателя. Расчет прогноза производится по алгоритмам из множества, сформированного на шаге 1.

Шаг 4. Оценивание качества прогноза. Оценивание качества прогноза проводится с использованием критерия, выбранного на шаге 2. Алгоритм, показывающий минимальное значение критерия (ошибки прогнозирования), будем считать лучшим.

Шаг 5. Прогнозирование на будущий момент времени.

В качестве прогноза выбирается расчетная величина, полученная по лучшему алгоритму, выбранному на шаге 4.

Разработанная система позволяет выполнять следующие функции:

- ввод, корректировка, просмотр и хранение фактических данных по наблюдаемому показателю;
- расчет прогноза с возможностью выбора метода прогнозирования;
- расчет ошибки прогнозирования.

Результаты разработки. На рисунке 1 представлено окно системы при выборе команды меню «Определение прогноза», которая предоставляет пользователю выбрать метод получения прогноза. Пункт меню *Наивный прогноз* означает, что за будущее значение наблюдаемого показателя принимается его текущее фактическое значение. На рисунке 2 представлена динамика курса доллара за период 19.04.2003 - 18.04.2009 (всего 311 точек). Дисперсия ряда составляет 6.61. Воспользовавшись системой, спрогнозируем следующее значение ряда (в точке 312). На рисунке 3 представлено окно работы программы при выборе метода простого экспоненциального сглаживания.

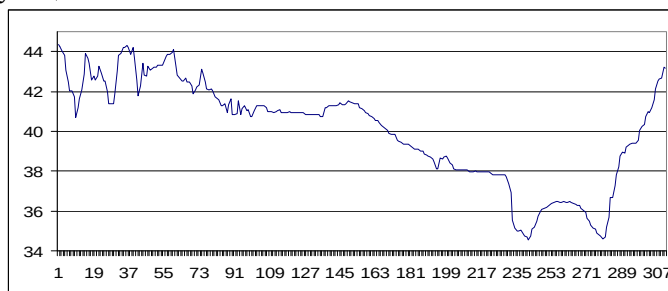


Рис. 2. Динамика курса доллара за период 19.04.2003 - 18.04.2009

Метод простого экспоненциального сглаживания				
Выбрать α :	0,5	Время упреждения прогноза:	1	
Ввести α :		Порядок модели:	0	
Просчитать				
Оптимальное значение α				
№	Дата	Факт	Прогноз	Ошибка (%)
299	24.01.2009	40,2372	39,7576	1,192
300	31.01.2009	40,3376	39,9974	0,8434
301	07.02.2009	40,743	40,1675	1,4125
302	14.02.2009	40,9711	40,4552	1,2591
303	21.02.2009	40,9251	40,7132	0,5178
304	28.02.2009	41,162	40,8191	0,833
305	07.03.2009	41,582	40,9906	1,4223
306	14.03.2009	42,1152	41,2863	1,9682
307	21.03.2009	42,5297	41,7007	1,9491
308	28.03.2009	42,6295	42,1152	1,2064
309	04.04.2009	42,673	42,3724	0,7045
310	11.04.2009	43,2109	42,5227	1,5927
311	18.04.2009	43,165	42,8668	0,6909
			43,0159	
Интегральная ошибка:			0,66865	

Рис. 3. Прогноз методом простого экспоненциального сглаживания.

Краткосрочный прогноз на точку №312 составляет 43.0159. Интегральная ошибка прогнозирования (среднее арифметическое относительной погрешности прогноза) по всему ряду составляет 0.66865%. При нажатии на кнопку «Оптимальное значение α » определяется параметра сглажи-

вания, которое показывает наименьшее значение интегральной ошибки по всей ретроспективной выборке, и пользователю выдается прогноз с использованием именно этого значения. Для данного ряда оптимальное значение коэффициента сглаживания равно 1.0 (наивный прогноз). Интерфейс пользова-

теля при работе с другими «простыми» методами прогнозирования аналогичен представленному на рисунке 3.

На рисунке 4 представлено окно программы в режиме работы алгоритма самоорганизации с типовыми настройками системы.

В режиме самоорганизации пользователь, если пожелает, может изменить на-

стройки: исключать методы из множества, используемого для построения самоорганизующегося алгоритма, уменьшить шаг, с которым изменяется коэффициент сглаживания, выбрать критерий переключения.

Результаты расчета можно сохранить в любом формате и месте на диске.



Рис 4. Прогноз с использованием алгоритма самоорганизации.

Как видно из рисунка 4, интегральная ошибка прогнозирования по ряду составляет 0.5578%, что на 0,11% лучше, чем результат, полученный по методу простого экспоненциального сглаживания.

Приведем результаты некоторых исследований алгоритмов прогнозирования, включая самоорганизующегося алгоритма, которые были проведены с помощью системы.

Для данных, представленных на рисунке 1, был проведен прогноз по методу простого экспоненциального сглаживания

(для моделей нулевого, первого, второго порядков), двойного сглаживания Брауна, Тригга – Лича и Тригга – Лича – Шоуна. Прогноз проводился по трем промежуточным значениям постоянных сглаживания 0,2, 0,5 и 0,8. В таблице 1 приведены интегральные ошибки прогнозирования по выбранным методам.

Как видно из таблицы 1, лучшие результаты при прогнозировании показал метод простого экспоненциального сглаживания, затем – методы Тригга – Лича и Тригга – Лича – Шоуна. Наихудший результат показал метод двойного сглаживания Брауна.

Таблица 1

Методы	0,2	0,5	0,8
Брауна	0,69101	0,58294	0,8168
МПЭС 0-ого порядка	1,16243	0,66853	0,49569
МПЭС 1-ого порядка	0,74045	0,4908	0,47089
МПЭС 2-ого порядка	0,65861	0,44845	0,44375
Тригга – Лича	0,61517	0,5125	0,54539
Тригга – Лича – Шоуна	0,61937	0,5165	0,54692

Значения интегральных ошибок

Проведем прогнозирование для этой же ретроспективной выборки с использованием алгоритма самоорганизации. Формировать множество «простых алгоритмов» будем тремя способами, при этом каждый способ

отличается от предыдущего добавлением лучших алгоритмов. Результаты исследований (по значениям интегральных ошибок) приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Способы формирования САП	Методы	Ошибка
1	Брауна	0,59192
2	Брауна + МПЭС	0,55532
3	Брауна + МПЭС + Т Л + Т Л Ш	0,5322

Значения интегральных ошибок

Параметр сглаживания для каждого алгоритма изменялся в диапазоне от 0.1 до 0.9 с шагом 0.1.

Разработана автоматизированная система для краткосрочного прогнозирования динамических показателей. В ней реализованы адаптивные прогнозные модели, а также самоорганизующийся алгоритм, который улучшая свои прогностические свойства с добавлением лучших алгоритмов. Система имеет удобный интерфейс для пользователя, не требует специальных знаний в области прогнозистики при работе в режиме самоорганизации и позволяет сохранить результаты в удобном формате для дальнейшего анализа.

УДК 621.395.74.681.324

КОНЦЕПЦИЯ СЕТИ СВЯЗИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Баянкина Е.В.

КГТУ им. И. Раззакова

Конвергенция услуг телефонной сети связи общего пользования (ТфОП) и сети Интернет предполагает поиск новых путей для реализации не только дополнительных услуг для абонентов ТфОП, но и базовой услуги (телефонного вызова) средствами сети пакетной коммутации. В статье рассматривается технология NGN и ее применения для сетей связи общего пользования.

Konvergent services to telephone telecommunications of the general use and network Internet expects searching for of the new ways for realization not only value-added services for phone abonent, but also base facilities (telephone call) facility to network to packet switching. Technology NGN and its using is considered In article for telecommunications of the general use.

С бурным развитием телекоммуникаций в современном мире общество неуклонно идёт к усложнению взаимосвязи между различными звеньями общественного производства, увеличению информационных потоков в технической, научной, политической, культурной, бытовой и других сферах общественной деятельности. Сегодня очевидно, что ни один процесс в жизни современного общества не может происходить без обмена информацией, для своевременной передачи которой используются различные средства и системы связи.

На сегодняшний день прогресс коммутационной техники вышел за пределы обычной передачи речи или телеграммы. Сегодня клиент требует от местного оператора такие услуги как Интернет, электронная почта, видео конференция и это далеко не весь спектр запросов потребителей и это связано с новейшими достижениями и бурным развитием электронной и вычислительной техники, что требует создания и внедрения качественно новых систем коммутации.

Основные предпосылки модернизации ТфОП. Сегодня информационные и телекоммуникационные технологии становятся одним из основных факторов формиро-

вания мировой экономики. Их развитие и конвергенция — это шаг к созданию единой глобальной информационной инфраструктуры, неотъемлемой частью которой являются современные средства создания, обработки/хранения, доступа и передачи информации. Эволюция сетей и терминального оборудования в направлении конвергенции определяется, с одной стороны, прогрессом в ключевых технологиях, с другой, — новым требованиями и растущими потребностями пользователя. Современный клиент становится интеллектуальным и мобильным.

Учитывая существующую тенденцию развития Интернета с высокой долей уверенности можно сказать, что здесь основой эволюции может быть Интернет.

Сегодняшний лавинный рост количества пользователей услугами Интернет, изобретение множества телекоммуникационных услуг, новые технологии доступа и мобильности определили концептуальные аспекты технической политики в области развития коммуникационных узлов и станций сети общего пользования.

На рис.1. представлена упрощенная структура городской телефонной сети.

Литература

1. К.Д. Льюис. Методы прогнозирования экономических показателей. — М.: Финансы и статистика, 1986.
2. Ю. П. Лукашин. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов.- М.: Статистика, 2003.
3. Then I.G., Musina I.R. Investigation of Self-organizing forecasting algorithm for dynamic processes. - В кн. «IKECCO'2004. International Conference on Electronics and Computer in Kyrgyzstan». 2 April 2004. Bishkek.

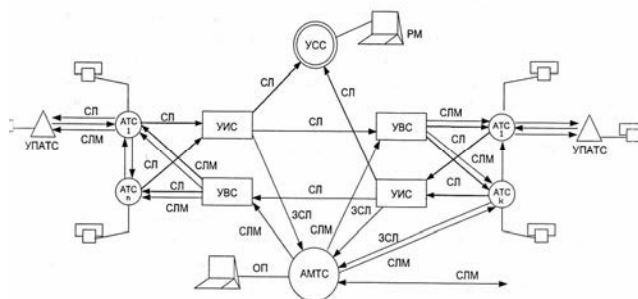


Рис. 1. Традиционная структура ГТС конца XX века

Существующие телефонные сети общего пользования (ТфОП) создавались для обслуживания речевого трафика, т.е. для предоставления традиционных услуг телефонной связи. Телеграфные сообщения передавались по отдельной, ранее существовавшей сети, а системы передачи данных и изображений появились гораздо позже.

Современные ТфОП, гораздо более многофункциональны, они поддерживают обмен огромными объемами речевой информации, данных и даже видеoinформации.

Современные автоматические системы коммутации с программным управлением имеют ряд важных преимуществ, среди которых, прежде всего, следует отметить высокую надежность и малый объем оборудования АТС. На станциях этого типа осуществляется так называемая цифровая коммутация, при которой соединения осуществляются с помощью операций над цифровыми сигналами электросвязи без преобразования их в аналоговую форму. Аналоговая передача уступила место цифровой.

Развитие цифровых телефонных сетей напрямую связано с методом уплотнения каналов за счет мультиплексирования низкоскоростных первичных каналов и за счет использования более рациональных методов модуляции. Сегодня развитие схем мультиплексирования привело к возникновению цифровых иерархий с разными уровнями стандартизованных скоростей передачи. Эти иерархии, названные плезиохронными PDH и синхронными SDH, которые широко используются и в телефонии и в сетях передачи данных.

Существующие подходы к модернизации ТфОП. Вопросы модернизации ТфОП возникали и ранее и были связаны в основном с тем, что срок службы систем коммутации (СК) составляет 40 лет. Естественно, в процессе эксплуатации возникали технические проблемы, которые необходимо было

решать. Однако, все решения, включая цифровизацию оборудования, проводились в рамках предоставления базовой услуги (телефонного вызова) и безусловного преобладания речевого трафика.

Сегодня задача модернизации принципиально изменилась. Основной ее целью стала пакетизация сети.

Цифровизация, интенсивно проводимая на протяжении последнего десятилетия, разработка и усовершенствование новых сетевых технологий (транспортных и коммутационных) создают предпосылки для построения универсальной сетевой инфраструктуры — мультисервистной сети, которая во всем мире рассматривается как основа сетей следующего поколения.

Имея мощнейшую сеть передачи данных и богатый опыт предоставления услуг, одним из важнейших стратегических направлений развития можно считать широкосетевое внедрение мультимедийных услуг. Как следствие глобальных изменений на телекоммуникационном рынке, а именно — формирование новой законодательной и регулятивной среды, а также эволюции сетей и терминального оборудования в направлении конвергенции, принципиальные изменения происходят и в сфере деятельности операторов.

Сети общего пользования нового поколения, которые основаны на принципах коммутации пакетов и протоколах, разработанных для передачи данных, и обещают как более низкие цены, так и большую функциональность. Структура обусловлена тем, что именно IP является движущей силой конвергенции сетей связи, информационных технологий и мультимедийных продуктов. На сетевом уровне IP создает единую управляемую приложениями интерактивную сеть, способную обеспечить высокоскоростную пакетную связь абонентскими устройствами проще и дешевле, чем традиционные сети.

Новая сетевая инфраструктура сможет поддерживать миллионы пользователей существующих традиционных сетей. При этом она обеспечит возможность обмена информацией между разными типами пользователей, а также предоставления любой тради-

ционной услуги наряду с услугами нового поколения.

На рис.2 приведена классическая структура мультисервисной сети связи нового поколения.

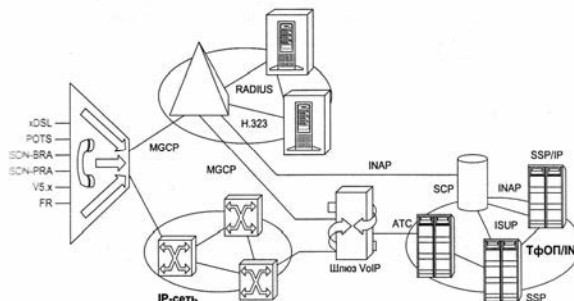


Рис. 2. Мультисервисная сеть связи XXI века

Традиционным операторам ТфОП структура мультисервисной АТС дает возможность напрямую интегрироваться в пакетные сети посредством оснащения телефонных узлов и станций интерфейсными модулями, поддерживающими пакетные интерфейсы с протоколом IP или режим асинхронного переноса информации ATM. При этом поддерживаются и все возможности современной ТфОП, в том числе интерфейс V5 для взаимодействия с оборудованием проводного и беспроводного доступа, цифровая абонентская система сигнализации (DSS1) для подключения учрежденческих АТС (и даже сигнализация QSIG для непосредственного взаимодействия с корпоративными сетями), стек протоколов ОКС-7, включая INAP для связи с SCP интеллектуальной сети, протокол X.25 для поддержки функций COPM и, наконец, модуль IPU (ISP PoP Unit) для взаимодействия с пакетными сетями.

Сетевая инфраструктура следующего поколения NGN (New Generation Network) – это концепция построения сети связи, может быть охарактеризована как мультисервисная с децентрализованным управлением услугами. Ее основу составит универсальная транспортно-ориентированная сеть, основанная на технологии распределенной коммутации пакетов. Кроме традиционных узлов (мультиплексоров, маршрутизаторов, коммутаторов) в состав элементов этой сети входят контроллеры сигнализации и шлюзы разнообразного назначения.

Основная эталонная модель NGN. Одной из основных характеристик NGN служит развязка между услугами и транспортировкой, что позволяет предлагать их отдель-

но и развивать независимо. Поэтому в архитектуре NGN должно быть четкое разделение между функциями обслуживания и функциями транспортировки. NGN позволяет предоставлять как существующие, так и новые услуги вне зависимости от используемой сети и типа доступа.

Таким образом, в базовой функциональной модели NGN выделяют два слоя: транспортный и сервисный.

Транспортный слой включает в себя уровни 1 – 3 эталонной модели взаимодействия открытых систем (ВОС). Он обеспечивает перенос информации между двумя географически разделёнными точками. В частности, транспортный слой обеспечивает обмен информацией между следующими объектами:

- пользователь – пользователь;
- пользователь – сервисная платформа;
- сервисная платформа – сервисная платформа.

Вообще говоря, в транспортном слое могут применяться все типы сетевых технологий, а именно: ориентированная на соединение коммутация каналов (connection-oriented circuit-switched – CO-CS), ориентированная на соединение коммутация пакетов connection-oriented packet-switched – CO-PS, неориентированная на соединение коммутация пакетов (connectionless packet-switched – CLPS). Однако для построения NGN предпочтение отдаётся технологии IP с поддержкой качества обслуживания.

Сервисный слой может включать в себя сложный набор географически распределённых сервисных платформ или в простейшем случае набор функций, реализованный дву-

мая конечными пользователями. Для предоставления полного набора услуг в сервисный слой включаются прикладные функции. Примерами служб, реализуемых на данном уровне, могут быть передача речи, данных,

видео или любая их комбинация. На рис. 3 приведён пример услуг (сервисов), обеспечиваемый сетью NGN.

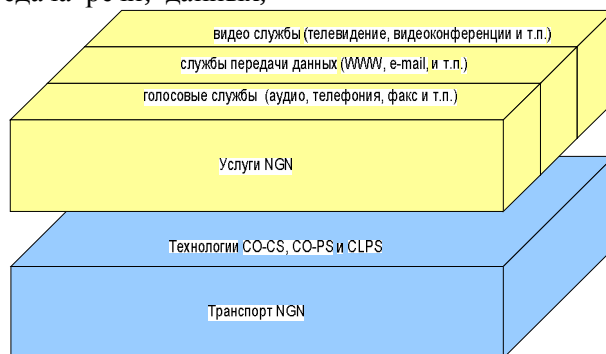


Рис. 3. Разделение услуг и транспорта в NGN

Каждый слой содержит один или несколько уровней. Уровень состоит из трёх плоскостей:

- плоскость пользователя;
- плоскость контроля;
- плоскость менеджмента.

Обобщённая функциональная модель NGN. Для построения сети, удовлетворяющей концепции GII, в функциональной модели NGN ITU выделяет три категории

объектов: функции, сервисы, ресурсы. Сервисы реализуются различными функциями с помощью доступных ресурсов. Один и тот же сервис может реализовываться разным набором функций и наоборот, одна функция может использоваться для реализации различных сервисов. Их взаимосвязь показана на рис. 4.

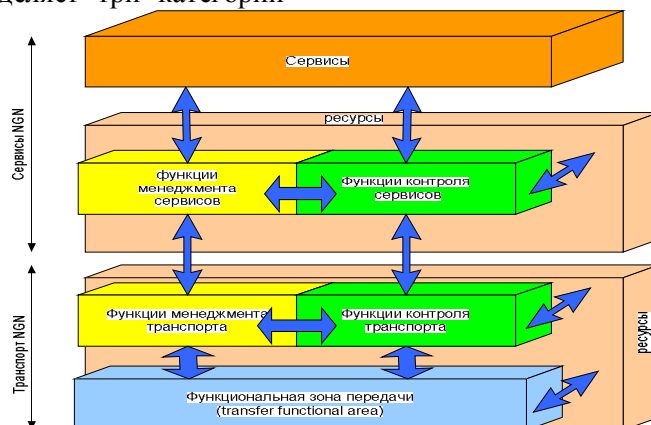


Рис. 4. Обобщённая функциональная модель NGN

Архитектура сети NGN. Архитектура сети связи, построенной в соответствии с концепцией NGN, представлена на рис. 5. Основу сети NGN составляет универсальная транспортная сеть, реализующая функции транспортного уровня и уровня управления коммутацией и передачей. В состав транспортной сети NGN могут входить:

- транзитные узлы, выполняющие функции переноса и коммутации;
- оконечные (граничные) узлы, обеспечивающие доступ абонентов к мультисервисной сети;
- контроллеры сигнализации, вы-

полняющие функции обработки информации сигнализации, управления вызовами и соединениями;

- шлюзы, позволяющие осуществить подключение традиционных сетей связи.

Контроллеры сигнализации могут быть вынесены в отдельные устройства, предназначенные для обслуживания нескольких узлов коммутации. Использование общих контроллеров позволяет рассматривать их как единую систему коммутации, распределенную по сети. Такое решение не только упрощает алгоритмы установления

соединений, но и является наиболее экономичным для операторов и поставщиков услуг, так как позволяет заменить дорогостоящие системы коммутации большой емкости небольшими, гибкими и доступными по стоимости даже мелким поставщикам услуг.

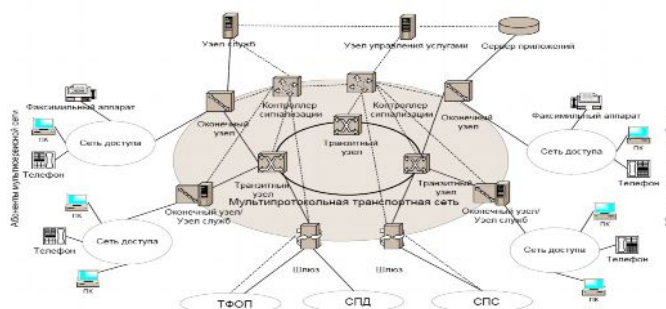


Рис. 5. Сеть, построенная в соответствии с концепцией NGN

SN является оборудованием поставщиков услуг и может рассматриваться в качестве сервера приложений для инфокоммуникационных услуг, клиентская часть которых реализуется окончательным оборудованием пользователя. SCP является элементом распределённой платформы Интеллектуальной сети связи (ИСС), выполняет функции управления логикой и атрибутами услуг. Совокупность нескольких узлов служб или узлов управления услугами, задействованных для предоставления одной и той же услуги, образуют платформу управления услугами. В состав платформы также могут входить узлы административного управления услугами и серверы различных приложений. Оконечные, оконечно-транзитные узлы транспортной сети могут выполнять функции узлов служб. Для построения таких узлов может использоваться технология гибкой коммутации (Softswitch).

Весь интеллект обработки вызовов находится в Softswitch, а шлюзы служат лишь такими кроссконнекторами. Чтобы подключить те или иные медиапотoki, шлюз руководствуется командами, поступающими от контроллеров MGC. Для эффективного взаимодействия служит протокол MGCP/H.323. Если необходимо обеспечить соединение (по терминологии MGCP, поместить в один контекст) разнотипных медиапотокa — скажем, с одной стороны в шлюз заходит поток E1, а с другой — выходят речевые IP-пакеты, — шлюз выполняет перекодирование сигнала и другие необходимые операции.

Чтобы управлять работой медиашлюзов, контроллеры MGC, очевидно, должны получать и обрабатывать сигнальную информацию, как из пакетных сетей, так и из

Назначением транспортной сети является предоставление услуг переноса. Реализация инфокоммуникационных услуг осуществляется на базе узлов служб (SN) и/или узлов управления услугами (SCP).

традиционных телефонных сетей, основанных на коммутации каналов.

Количество и места установки контроллеров и шлюзов определяются по исходным данным сети, таким как число абонентов, удельная нагрузка на абонента, среднее время разговора, территориальный разнос абонентов, производительности гибкого коммутатора, производительности шлюза, распределения абонентов в районах и наличия систем передачи, по которым будут подключаться абонентские выносы.

Важно отметить, что высокая производительность шлюзов позволяет оператору точно определять места их установки и не быть связанным ограничениями по обработке вызовов.

В случае классической телефонной сигнализации ситуация сложнее. Контроллеры медиашлюзов задумывались как устройства, подключаемые к пакетным сетям, поэтому для доставки классической телефонной сигнализации ее необходимо упаковывать в пакетный (IP) транспорт.

Поскольку классическая телефонная сигнализация обычно переносится по сети с коммутацией каналов, а интерфейсы с такой сетью имеют только медиашлюзы (а не контроллеры), то логично на таких шлюзах реализовать дополнительно функции шлюза сигнализации. Последний будет терминировать протоколы OKC7 и PRI, инкапсулировать их высокоуровневые сообщения для передачи по IP-сети и доставлять на контроллеры MGC. А уж разбираться с сутью сообщений системы сигнализации будет контроллер.

Очевидно, что операторы традиционных ТФОП не могут в одночасье переключиться на сети нового поколения, да и сети

новых операторов вынуждены взаимодействовать с традиционными телефонными сетями и услугами.

В ближайшие годы голосовые услуги пока еще будут оставаться главным источником доходов большинства национальных операторов, для поддержания уровня этих доходов будут необходимы инвестиции в сеть с коммутацией каналов. В этих условиях телекоммуникационная сеть функционально пока еще будет развиваться и как телефонная с коммутацией каналов, и как пакетная. Таким образом, речь идет об оборудовании, равноправно пропускающем трафик IP и трафик сети коммутации каналов. При этом телефонные сети постепенно будут преобразовываться в сети доступа.

Литература

1. Minges M., Mannisto L., Kelly T. The future is bright, the future is mobile// Info. - December 1999. - Vol. 1. - № 6. - Cernford.
2. Jun-ichiro Miyazu. From the Keynote Address at the "NTT R&D Forum 2000 in Musashino", November 2000// NTT Review. - March 2001. - Vol. 13. - № 2.
3. Bear C.L., Montgomery W.A., Nolle D.B., Rajchel S.K., Silva M.C. Open, Programmable Networks// Bell Lab's Technical Journal. - July-September 2000. - Vol. 5. - № 3.
4. Dianda J.R., Colbert R.O., Herve P.J.L., Jang T. Programmable Service Platforms for Converged Voice/Data Devices/, Bell Lab's Technical Journal. - July- September 2000. -Vol. 5. - № 3.
5. Zygen-Maus R., Exner A. Network Architecture for Voice Data Converged Services// ISS'17, Birmingham, Great Britain. - 5-12 May 2000. Proceedings.
6. Кучерявый А.Е., Гильченко Л.З. Принципы модернизации телефонной сети общего пользования// Электросвязь. - 2002. - №2.

УДК 681.7.068.4

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ В КОНЦЕПЦИИ NGN

Баянкина Е.В.

КГТУ им. И. Раззакова

В данной статье рассматривается тенденция развития транспортных сетей связи в направлении создания полностью оптических сетей в рамках общей тенденции реализации концепции NGN.

In given article is considered trend of the development transport telecommunications toward creation completely optical networks within the framework of the general trend of the realization to concepts NGN.

Оптические технологии всё глубже врастают в современные сети связи. Образование полностью оптической транспортной сети является одной из актуальных проблем в настоящее время.

Процесс постепенного перевода всех транспортных функций в оптический слой называется фотонизацией транспортной сети. Одной из доминирующих тенденций развития телекоммуникационных сетей, наряду с миграцией к NGN (Next Generation Network – «сеть нового поколения»), является процесс «фотонизации» транспортных сетей, конкретным результатом которого должен являться переход к полностью оптическим транспортным сетям (ОТС).

В развитых странах активно проходит процесс реализации таких сетей. Можно быть уверенным, что в относительно скором времени технология ОТС дойдёт и до Кыргызстана.

На базе физического слоя оптических волокон (ОВ) в телекоммуникационных сетях с

помощью ВОСП образуется слой прозрачных оптических каналов. Использование технологии спектрального уплотнения, или мультиплексирования с разделением по длинам волн (Wavelength Division Multiplexing - WDM), позволяет эффективно использовать ОВ, осуществлять передачу очень больших потоков информации, достигая эквивалентной пропускной способности вплоть до не скольких терабит в секунду.

Тенденция развития сетей связи.

Формирование NGN является общепризнанной глобальной тенденцией развития телекоммуникационных сетей. Миграция к NGN в последние годы охватила и Кыргызстан. Об этом заявляют ведущие операторы. Однако нет уверенности в том, что «строителям» NGN известен объективный критерий, позволяющий отнести ту или иную сеть к категории NGN. Недавно вышла книга «Сети связи следующего поколения» [3], в которой приведено следующее определение NGN: «Сеть связи следующего поколения (NGN) – кон-

цепция построения сетей связи, обеспечивающих предоставление неограниченного набора услуг с гибкими возможностями по их управлению, персонализации и созданию новых услуг за счет унификации сетевых решений, предполагающая реализацию универсальной транспортной сети с распределенной коммутацией, вынесение функций предоставления услуг в оконечные сетевые узлы и интеграцию с традиционными сетями связи».

Необходимость перехода к сети NGN характеризуются такими факторами, как:

- открытая конкуренция операторов;
- прогрессирующий характер роста цифрового трафика, в частности благодаря постоянно увеличивающемуся распространению Интернета;
- увеличивающийся спрос на новые услуги мультимедиа;
- увеличивающийся спрос на общую мобильность;
- конвергенция сетей и услуг.

Рекомендация Y.2001 определяет целевые и фундаментальные характеристики NGN:

- NGN – не конкретная сеть, а концепция развития сетей связи в начале XXI века.

• Концепция NGN в настоящее время в международном масштабе регламентирована рекомендациями МСЭ-Т.

• В NGN транспортный уровень и уровень формирования услуг должны быть технологически разделены и могут развиваться независимо друг от друга.

• Транспорт NGN должен базироваться на пакетных технологиях и слое прозрачных оптических каналов.

Рассмотрев концепцию NGN применительно к транспортным сетям, можно сформулировать следующие общие требования к транспортным сетям следующего поколения:

• Развитие транспортной сети может планироваться технологически независимо от развития других компонентов телекоммуникационной сети.

• Транспортная сеть должна быть универсальной и индифферентной к типу транспортируемой информации.

• Транспортная сеть должна обладать свойством адаптации к объемам передаваемой информации.

Развитие сетей связи в направлении NGN, а их транспортной составляющей в направлении ОТС схематически представлено на рис. 1.



Рис. 1. Тенденции развития сетей связи

Существующее состояние транспортных сетей. Важным критерием развития транспортных сетей, естественно, является их существующее положение. Несмотря на очень большой разброс степени развития транспортных сетей в целом в мировом масштабе, современную ситуацию можно охарактеризовать следующим образом:

- Основной средой передачи стационарных сетей являются волокна оптических кабелей.
- Основным транспортным средством являются системы передачи синхронной цифровой иерархии (СЦИ/SDH).
- Технологии спектрального уплотнения (Wavelength Division Multiplexing – WDM), пакетные технологии (ATM, IP, Ethernet и др.) используются в той или иной степени в

зависимости от конкретных условий и уровня развития сети или хуже, не используются вообще.

Таким образом, существующие транспортные сети представляют собой смешанные

оптико-электронные сети.

Волоконно-оптические кабели, оснащенные системами передачи со спектральным уплотнением (WDM), обеспечивают высокую эффективность передачи телекоммуникационных сигналов между сетевыми узлами. Оптические каналы такого оптического тракта обладают замечательным свойством – прозрачностью.

Прозрачность оптических каналов позволяет передавать по ним сигналы любых

форматов в пределах некой максимальной скорости, определяемой шириной полосы пропускания канала.

Возникают вопросы: так что же не устраивает операторов в существующих транспортных сетях, в особенности при переходе к NGN - это смешанные оптико-электронные сети.

Корень недостатков смешанных оптико-электронных сетей лежит в распределении функций между оптической и электронной частью. Это разделение в существующих сетях определяется объективными свойствами применяемых технологий. Эти технологии (ATM, IP, Ethernet и др.), являющиеся электронными, изначально не предназначались для использования на сетях дальней связи.

Диалектика традиционных транспортных сетей заключается в том, что современные требования к формированию услуг влекут за собой целесообразность применения на

транспортном уровне пакетных технологий. Доминирующей на оптических сетях технологии SDH, в современных сетях можно отвести роль адаптера между пакетными технологиями и оптикой. Из-за того, что в оптическом слое недостаточно «интеллекта», а у таких интеллектуальных технологий, как, например, ATM и IP, слабо развиты функции передачи, приходится прибегать к технологиям-посредникам.

Сочетание оптического слоя и слоя SDH образует универсальную транспортную среду, которая служит эффективным фундаментом для слоев, образованных технологиями с недостаточно развитыми функциями передачи, в основном пакетными технологиями. В результате существующие транспортные сети представляют собой различные варианты многослойных структур, которые изображены на рис. 2.

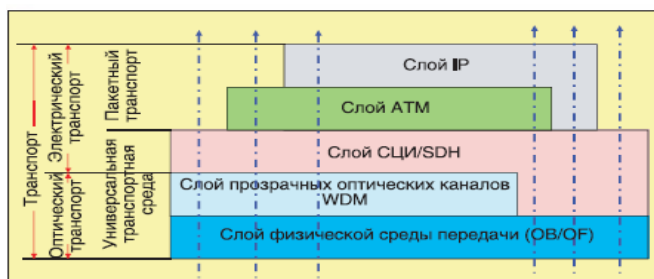


Рис. 2. Технологические слои транспортной сети

Достоинства полностью оптической транспортной сети. В полностью оптической транспортной сети – ОТС (Optical Transport Network – OTN) перечисленные выше недостатки смешанных сетей могут быть устранены. Функции, характерные для систем СЦИ/SDH, в ОТС реализованы на оптическом уровне. По этой причине практически любые телекоммуникационные технологии могут «опираться» непосредственно на ОТС. Архитектура телекоммуникационных сетей упрощается (рис. 3).

Наличие полностью оптических регенераторов снимает ограничение по протяженности непрерывных оптических каналов. Отсутствие в пределах ОТС электрических (электронных) фрагментов позволяет оперировать сигналами, очень большого информационного объема, недоступного электронной аппаратуре.

Итак, основными достоинствами ОТС являются:

- отсутствие ограничений по протяженности;
- функциональность, подобная СЦИ/SDH;

- доступ к ОТС сигналов различного формата через открытый оптический интерфейс;
 - возможность оперировать сигналами очень большого информационного объема, недоступного электронной аппаратуре.
- Перспектива реализации этих достоинств определяет направление эволюции транспортных сетей связи. По этой причине полностью оптическая транспортная сеть (ОТС) является очередным этапом эволюции транспортных сетей.

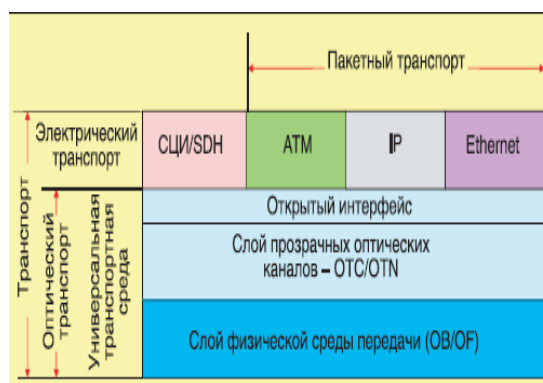


Рис. 3. Упрощение структуры транспортной сети

В соответствии с рекомендацией G.872 ОТС интерпретируется как многослойная структура, включающая в себя следующие функциональные слои:

- слой оптического канала передачи (ОКП);
- слой оптической мультиплексной секции (ОМС);
- слой оптической секции передачи (ОСП);
- слой физической среды передачи (ФСП),

Извне в ОТС оптические сигналы (их еще называют «клиентскими») могут поступать

в любом формате и передаваться в ней по оптическим каналам передачи (ОКП). ОКП обладает свойством прозрачности, т.е. возможностью переноса сигналов независимо от его параметров: скорости передачи, структуры, протокола и т.д.

Оптический канал ОТС осуществляет подачу оптического сигнала к сетевому слою оптической мультиплексной секции (ОМС).

В этом слое происходит оптическое мультиплексирование сигналов, т.е. спектральное уплотнение. Оптические каналы в результате мультиплексирования по частоте (по длине волны) образуют агрегатный (групповой) сигнал ОТМ- n (оптический транспортный модуль порядка n). Параметр n (коэффициент спектрального уплотнения) определяет иерархический уровень транспортного модуля. ОТМ- n является сигналом, который представляется на интерфейсах сетевых узлов ОТС.

В следующих слоях (ОСП и ФСП) групповой оптический сигнал ОТМ- n передается на расстояние с помощью цепочки оптических усилителей. Далее сигнал идет «наверх» к слою ОКП, испытывая обратное преобразование.

Главной особенностью ОТС является то, что внутри канала сигнал структурируется, т.е. приобретает вполне определенную стандартизированную структуру. Благодаря структурированию, появляется возможность логической обработки сигнала в оптическом формате, что позволяет обеспечить, помимо транспортировки и мультиплексирования, маршрутизацию, телеконтроль и мониторинг передаваемых сигналов.

Каждый из вышеуказанных оптических блоков различается в пределах своего уровня

иерархической скоростью передачи, которую он поддерживает. Стандартизация МСЭ-Т охватывает три скорости, которые условно обозначаются индексом k :

- $k = 1$ соответствует номиналу скорости 2,488 ($\pm 2,5$) Гбит/с;
- $k = 2$ соответствует номиналу скорости 9,952 (± 10) Гбит/с;
- $k = 3$ соответствует номиналу скорости 39,808 (± 40) Гбит/с.

Структурирование клиентских сигналов при прохождении через все функциональные слои ОТС показано на рис. 4.

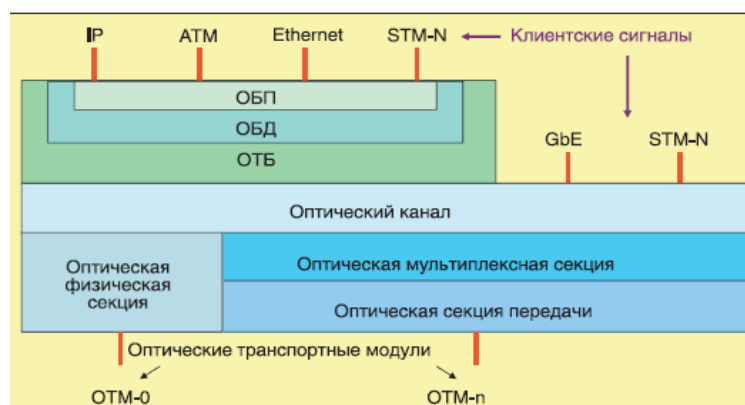


Рис. 4. Структурирование клиентских сигналов для прохождения через ОТС

Построение транспортного кольца на базе технологии DWDM в городских сетях.

В недавнем прошлом волоконно-оптические технологии, в частности, технология DWDM применялись в основном на линиях связи уровня ОС-48 (STM-16) и ОС-192 (STM-64) протяженностью 50 км и более.

Однако сейчас эти технологии начинают применяться в совершенно новой области – сетях городского и регионального масштабов.

Применение технологии DWDM на уровне городских сетей дает провайдерам значительную гибкость, которая позволяет

им предлагать услуги для различных секторов рынка. Прозрачность оптической передачи позволяет осуществлять локальную связь по существующим протоколам (IP, Ethernet и т. д.) с добавлением защиты на уровне линий SONET/SDH. Затраты на расширение сети достаточно низки, так как оборудование DWDM для коротких городских линий связи значительно дешевле, чем намного более сложное оборудование для линий связи большой протяженности.

Установка системы DWDM городского масштаба не подразумевает обязательного отказа от существующих сетей SONET/SDH: они могут существовать параллельно, причем определенные части систем DWDM могут передавать трафик SONET/SDH. Более того, для эффективного использования полосы пропускания систем DWDM трафик SONET/SDH, IP или ATM в оригинальном формате, можно передавать по различным каналам. Системы DWDM городского масштаба позволяют также передавать трафик таких протоколов, как Gigabit Ethernet, FDDI и т.п.. Хотя передавать “неэффективно использующие время” сигналы типа Gigabit

Ethernet в их оригинальном формате по каналам DWDM высокой протяженности не всегда экономично, иногда имеет смысл это делать для коротких дистанций, типичных для городских сетей связи. При достижении участками сети, использующими SONET/SDH, максимальной загрузки их можно постепенно заменять линиями DWDM. При этом возможно как сохранить старые каналы SONET/SDH, так и предложить новые услуги с низкими дополнительными издержками. Пропускная способность систем DWDM может расти до тех пор, пока остаются свободные каналы.

Городские системы DWDM часто имеют кольцевую топологию (либо в виде двух колец с противоположными направлениями передачи, либо в виде одного двустороннего кольца), которая совместима с кольцевой топологией сетей SDH (рис.5). Схемы мониторинга и защиты обеспечивают быстрое переключение каналов на резерв (за время порядка десятков миллисекунд) в случае выхода из строя какого-либо компонента или волокна.

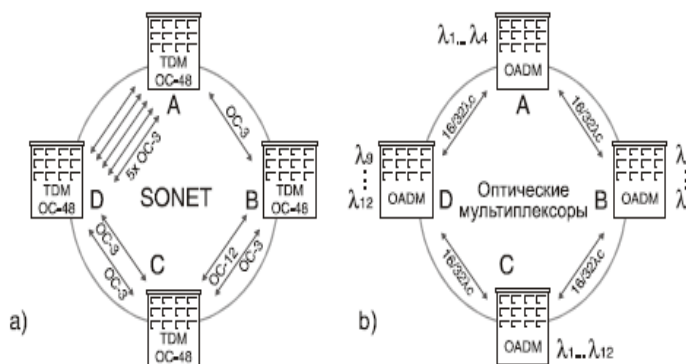


Рис. 5. Городские сети

- а) кольцо TDM перегружено между узлами сети А и D;
б) рациональное решение - кольцо WDM

Хотя линии городских систем DWDM имеют относительно небольшую протяженность, в них чаще всего приходится использовать линейные оптические усилители (обычно EDFA). Так как наличие или отсутствие усилителей EDFA в линии связи определяет ее стоимость, сети DWDM городского масштаба обычно подразделяют на две группы: магистральные сети и сети доступа.

Магистральные линии связи обычно имеют протяженность более 50 км, и для них типичны оптические и технические ограничения систем такой протяженности. При этом

требования к их гибкости остаются высокими.

Короткие линии связи городских сетей доступа имеют множество преимуществ. Для них становятся не нужными усилители EDFA, что дает ощутимую экономию средств.

Отсутствие усилителей EDFA приводит к существенному снижению требований к характеристикам сигнала, в частности, точности длины волны.

Кроме этого нелинейные явления в компонентах и волокне, перестают вызывать какие-либо проблемы. Наконец, при отсутст-

вии усилителей EDFA можно увеличить число каналов и/или расстояние между ними за счет применения длин волн за пределами рабочего диапазона усилителей EDFA и еще больше снизить требования к качеству компонентов. Конфигурация и набор оборудования для городских сетей доступа за счет их простоты, могут достаточно сильно отличаться от сетей большой протяженности.

В кольцевой сети DWDM каналы добавляются и выделяются в произвольных точках кольца, поэтому балансировка каналов может быть затруднена, хотя из-за отсутствия усилителей EDFA она становится намного менее существенной. Для кольцевых сетей DWDM разработаны способы организации различных сетевых топологий (“дерево”, “точка-точка”, широковещание и др.) за счет соответствующего использования большого числа доступных каналов в кольце.

На сети Кыргызстана еще нет в эксплуатации линий, использующих технологию спектрального уплотнения.

Процесс же внедрения в Кыргызстане телекоммуникационных оптических технологий и систем начался довольно давно. Современный этап этого процесса можно охарактеризовать как этап создания разветвленной сети оптических кабелей и количественного накопления оптических систем передачи. Развитие телекоммуникационных сетей в целом в направлении к NGN нуждается в реализации совершенной универсальной транспортной платформы.

В силу некоторых принципиальных особенностей протяженность непрерывных оптических каналов ограничена, и в среднем через каждые 800-1200 км требуется переход к электрическому сигналу и осуществление его полной регенерации.

В упомянутой выше ОТС, эти недостатки отсутствуют. Существенно упрощается архитектура телекоммуникационных сетей. Наличие полностью оптических регенераторов снимает ограничение по протяженности оптических каналов. Отсутствие в пределах ОТС электрических (электронных) фрагментов позволяет оперировать сигналами очень большого информационного объема, недос-

тупного электронной аппаратуре. В странах с развитой экономикой уже проходит процесс создания таких сетей. Можно быть уверенным, что в относительно скором времени технология ОТС дойдет и до Кыргызстана.

Городская сеть DWDM более экономична, чем традиционные линии связи SONET/SDH. Сложность оборудования добавления/выделения каналов в сетях DWDM зависит только от характеристик этого канала, ему не приходится работать со всей информационной полосой линии связи. Кроме того, переход линии связи на технологию DWDM и добавление новых услуг не нарушает передачу существующего трафика, что особенно важно при постоянных изменениях предоставляемых услуг.

Развитие технологии WDM позволило создать коммерческие сети, в которых по отдельным волокнам передается более сотни независимых оптических каналов, а также сети, в которых передача сигналов осуществляется в обоих направлениях в одном и том же оптическом волокне.

Литература

1. Докучаев В.А. и др. Проблемы транспортных сетей при переходе к NGN в России // Фотон- Экспресс, № 4 (44), июнь 2005.
2. Рерих А. Пакетики для голоса // Стан дарт, № 5 (40), май 2006.
3. Кучерявый А.Е., Цуприков А.Л. Сети связи следующего поколения. М.: ФГУП ЦНИ ИС, 2006.
4. Концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ВСС России. Министерство Российской Федерации по связи и информатизации. 2001.
5. ITUT. Rec. Y.2001 (12/04). General overview of NGN.
6. Калмыков В.В., Меккель А.М. и др. Транспорт и доступ в инфокоммуникационных сетях. Серия «Инфокоммуникации XXI века», т. VII. М.: Издание МАС, 2006.

УДК 65.012.26:621.395.5

ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ В МОДЕЛИ ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕТИ FON

Ашералиева А.Е.

КГТУ им. И. Раззакова

В работе описаны публикации в области поведения и трафика пользователей, а также конфигурации сетей беспроводной передачи данных. Приведены результаты и выводы из этих исследований, использованные в отдельных решениях модели. Доклад содержит разделы, соответствующие рассмотренным уровням модели.

На сегодня сеть FON имеет более 250 тыс. точек доступа, и является самой крупной сетью Wi-Fi. Одна из причин ее популярности заключается в том, что клиенты FON (так называемые Fonero) могут перераспределять радиодоступ сети между собой, обеспечивая покрытие сети. Другая причина – низкая стоимость предоставляемых услуг (\$3 за 24-часовой доступ).

Основанная на технологии Wi-Fi, сеть FON обладает рядом особенностей. Так, в этой сети невозможно запланировать или предсказать число, местоположение и емкость точек доступа. Владельцы точек доступа (Fonero) имеют приоритетное обслуживание в пределах своей зоны (описание и характеристики сети можно найти в [17], подробный обзор модели – в [10]). Несмотря на немалое количество работ по анализу сетей беспроводного доступа, ни одно из них не касалось сети FON. Тем не менее, специфичность этой сети требует ее отдельного изучения, для чего в первую очередь необходимо разработать новую модель, определяющую сеть FON на сетевом, канальном, и физическом уровнях. В представленном докладе выделен ряд исследований, взятых за основу при построении модели сети FON.

Конфигурация зон обслуживания

Зоны обслуживания сети FON могут быть подключены к различным ISP, каждый из которых (ISP) имеет уникальную топологию и протоколы передачи. Так, широко распространенный на сегодняшний день прото-

кол управления передачей TCP имеет множество разновидностей, которые существенно отличаются друг от друга [6]. Таким образом, сеть FON обладает сложной структурой, для которой целесообразно использовать упрощенную конфигурацию.

В ряде публикаций последних лет можно выделить исследование Жоо, в котором рассматривалась так называемая “игрушечная сеть” (рис. 1), состоящая из отдельного сервера (узел 1), нескольких клиентов (узлы 5 - 405), и соединяющих их линий. Клиенты подключаются к сети с помощью линий 40 – 100 кбит/с, сервер подключается к сети линией в 100 Мбит/с. Емкость буфера определяется числом пакетов, если при передаче данных буфер роутера переполняется, то прибывающие пакеты отбрасываются (теряются). Жоо показал, что “игрушечную сеть” можно использовать в качестве первоначальной модели при изучении динамики трафика в масштабных сетях с комплексной топологией, таких как современные глобальные сети TCP/IP [9].

По аналогии с “игрушечной” сетью, можно построить любую точку доступа сети FON: пользователи подключаются к точке с помощью FON-роутера; Fonero и n_v посетителей образуют n_v+1 каналов связи (приоритетный для Fonero, остальные – для посетителей); в роутере предусмотрены два буфера – один для Fonero, другой для посетителей точки доступа (рис. 2).

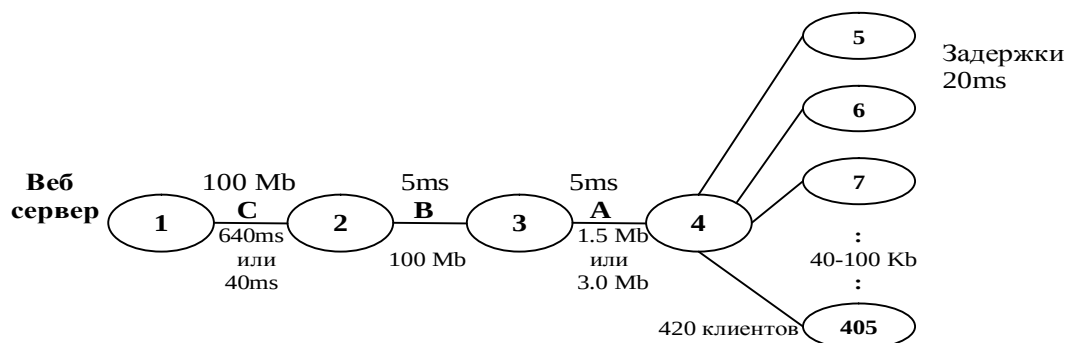


Рис 1

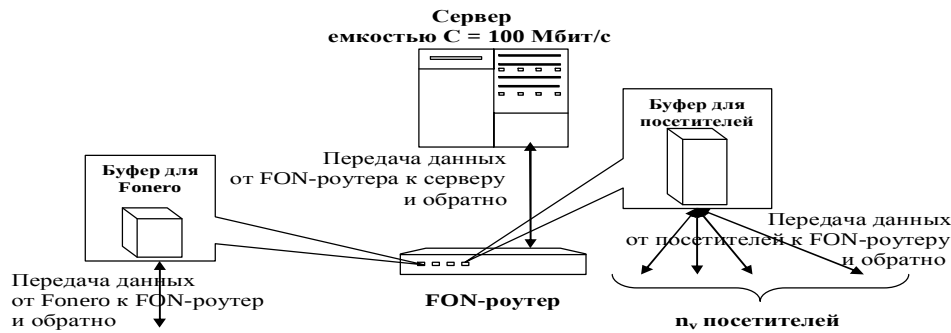


Рис. 2

Поведение и трафик пользователей сети

При моделировании обслуживания в сети FON были учтены результаты исследований беспроводных сетей передачи данных, и связанных с поведением и трафиком пользователей. Глубокий и детальный анализ поведения пользователей можно найти в [1, 2], где был исследован крупный след трехдневной пользовательской активности в беспроводной сети, использованной в ходе конференции (300000 потоков от 195 пользователей при используемой ширине полосы в 4.6 Гбайт). Анализ трафика пользователей показал следующее.

Пользователи случайно распределяются в точках доступа сети, а их прибытия коррелированы во времени и в пространстве. Прибытие пользователей в сеть характеризуется Марковски-модулированным Пуассоновским распределением с двумя состояниями (ON/OFF). Средний интервал между прибытиями пользователей - 38 с в период ON, 6 с - в OFF. Большинство пользователей имеют короткие сессии: около 60% пользовательских сессий ≤ 100 мин. Пользователи с длинными сессиями имеют низкую активность. Время сессии аппроксимировано основным распределением Парето с коэффициентом формы, равным 0.78 и масштабным коэффициентом 30.76.

В зависимости от емкости запросов, пользователей можно разбить на три подгруппы: с низкой (≤ 15 кбит/с), средней (≤ 80 кбит/с), и высокой (> 80 кбит/с) нагрузкой. Распределение нагрузки и число пользователей не коррелированы, т.е. в общем случае максимальная нагрузка канала не соответствует максимальному числу пользователей. Точки доступа имеют схожие параметры беспроводных каналов связи. Режим активности сети целиком отражал поведение пользователей в "реальном мире": число пользователей увеличивалось во время заседаний, и сокращалось во время перерывов проходившей конферен-

ции. Подобный тип поведения пользователей подтверждается целым рядом исследований, проведенных в точках доступа на территории учебных заведений, аэропортах, библиотеках, залах заседаний и т.д. [4, 5, 7, 11, 13, 14, 16].

Данные других авторов показывают следующее. Веб-трафик с высокой нагрузкой характеризуется загрузкой страниц размером 50 кбайт (включая графику) и одномоментным интервалом между прибытиями пакетов. Низкой нагрузке соответствуют страницы размером 10 кбайт и 5 мин. между прибытиями [13]. Высокоемкий email-трафик характеризуется размером электронной почты 60 кбайт. Время между прибытиями пакетов имеет равномерное распределение и составляет в среднем 1 мин. [12]. Голосовой трафик можно аппроксимировать источником с двумя состояниями (ON/OFF) и экспоненциальным распределением периодов ON/OFF длительностью 350 мс и 650 мс соответственно. Трафик, генерируемый в период ON, составляет 60 кбит/с [3]. Трафик пользователей можно аппроксимировать

Марковски-модулированным Пуассоновским распределением (MMPP) [15].

В соответствии с приведенными исследованиями, в модели сети FON можно положить следующее. Система функционирует в режиме дискретного времени; временная ось разбита на интервалы (слоты) равной длины. Передача данных в сети осуществляется с помощью пакетов. Так как большинство TCP-приложений имеют одинаковый размер пакетов [6], размеры всех пакетов в исследуемой системе также принимаются равными. Пользовательские запросы определяются числом пакетов, передаваемых с IP-адреса пользователя на роутер FON за единицу времени (единица измерения - пакет/слот). Пользовательские

сессии характеризуется совокупностью запросов, посылаемых с IP-адреса пользователя за время его пребывания в сети (единица измерения – пакет/слот). Сессии имеют периоды включения (ON) и выключения (OFF). Период ON характеризуется высокой активностью пользователя в сети, в период OFF активность заметно снижается. Емкость или пропускная способность канала связи определяется максимальный объем информации, который передается по каналу связи в единицу времени (единица измерения - пакет/слот). Размер или емкость буфера определяется максимальным

объемом хранимой в нем информации (единица измерения - пакет).

Поведение и трафик пользователей определяется в соответствии с распределениями, представленными в табл. 1. Средняя скорость поступления пакетов на роутер FON в период ON может быть различной. Пользователи модели сети FON условно разбиты на три группы с различными значениями средней скорости прибытия пакетов на роутер в период включения сессии λ_{ON} . Данные о пользователях различного типа приведены в табл. 2.

Таблица 1

Параметр	Распределение
Трафик пользователей	Периоды ON/OFF. Запросы пользователей моделируются дискретным Марковски-модулированным Пуассоновским процессом с двумя состояниями ON/OFF и матрицей вероятностей переходов $\{D_k\}$: $D_k = \begin{pmatrix} e^{-\lambda_{ON}^k} \lambda_{ON}^k / k! & 0 \\ 0 & e^{-\lambda_{OFF}^k} \lambda_{OFF}^k / k! \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1-P_{ON-OFF} & P_{ON-OFF} \\ P_{OFF-ON} & 1-P_{OFF-ON} \end{pmatrix}$
Продолжительность периодов сессий x	Моделируется ограниченным распределение Парето: $P_x(x) = \frac{\alpha k^\alpha}{x^{\alpha+1} (1 - (k/T)^\alpha)}$
Время оккупации точки доступа посетителями t	Моделируется смещенным по времени экспоненциальным распределением: $P_t(t) = \begin{cases} \frac{e^{-(t-a)/(t_m-a)}}{t_m-a}, & t > a \\ 0, & t \leq a \end{cases}$
Число посетителей точки доступа y	Ограничено. В системе может одновременно находиться не более n_v пользователей. Прибытия посетителей в зону обслуживания моделируется Пуассоновским процессом с плотностью распределения: $P_y(y) = \frac{R_y^y e^{-R_y}}{y!}$

Распределения, использованные в модели обслуживания сети FON

Таблица 2.

Тип нагрузки	Средняя нагрузка в период ON λ_{ON}	Средняя нагрузка в период OFF λ_{OFF}
Низкая	10 пакет/слот	2.5 пакет/слот
Средняя	25 пакет/слот	2.5 пакет/слот
Высокая	50 пакет/слот	2.5 пакет/слот

Параметры распределения нагрузки пользователей различных типов
В рассматриваемой модели владелец точки доступа (Fonero) имеет приоритет обслуживания. Если величина запроса Fonero превышает пропускную способность сети, то пакеты Fonero помещаются в отдельный буфер (размер буфера для Fonero = Q_f). Хранение и обслужи-

вание других пользователей (размер буфера для посетителей = Q_v) организовано (на пакетном уровне) по принципу FIFO (First In First Out - “первый пришел - первый вышел”).

Число пользователей точки доступа FON определяется числом соединений (IP-адресов). Посетители случайно прибывают в сеть в соответствии с Пуассоновским процессом со скоростью R . Они могут покинуть систему до момента окончания наблюдения. Т.к. число пользователей FON ограничено, то ее модель на уровне соединений имеет ограниченное число мест (установленный лимит n_v), и “виртуальную очередь”, составленную абонентами, ожидающими доступа, размер которой определяется временем ожидания. Таким образом, модель обслуживания на этом уровне содержит n_v серверов и буфер неограниченной емкости, в котором абоненты имеют ограниченное время ожидания (рис. 3).

Литература

1. Balachandran A. Voelker G.M. Bahl P. Rangan P.V. Characterizing user behaviour and network performance in a public wireless LAN. // Proceedings of the 2002 ACM SIGMETRICS Conference. - Marina Del Rey, CA, June 2002. – pp. 195-205.
2. Balachandran A. Voelker G.M. Bahl P. Hot-Spot Congestion Relief in Public-area Wireless Networks. // Proceedings of the 4th IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA 2002). - IEEE Computer Society. - June 2002.
3. Balachandran A. Voelker G.M. Bahl P. Wireless hotspots: current challenges and future directions. // Proceedings of WMASH 2003. - June 2003. – pp. 1-9.
- Balazinska M. Castro P. Characterizing Mobility and Network Usage in a Corporate

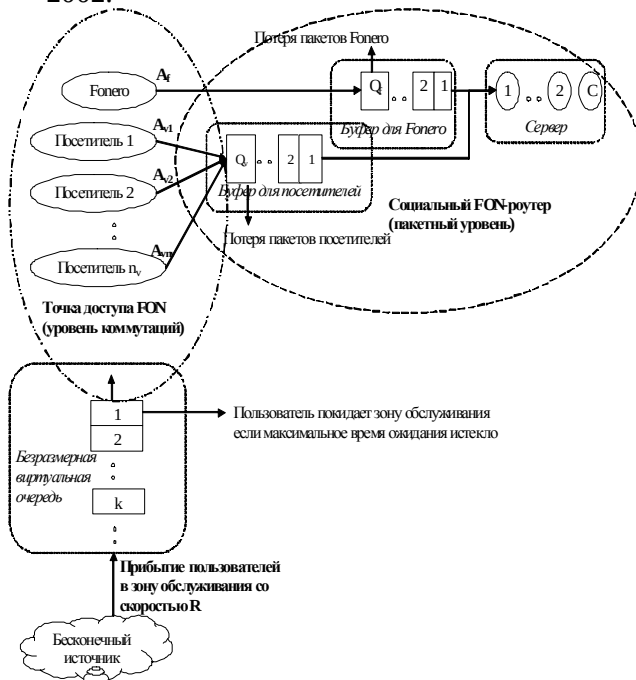


Рис. 3

- Wireless Local-Area Network. // Proceedings of MobiSys 2003. - San Francisco, CA, May 2003. – pp. 303-316.
- Chinchilla F. Lindsey M. Papadopoulos M. Analysis of wireless information locality and association patterns in a campus. // Proceedings of INFOCOM 2004. - Hong Kong, China, Mar. 2004. – pp. 906-917.
- Floyd S. Paxson V. Difficulties in Simulation the Internet. // IEEE/ACM Transactions on Networking. – Vol. 9, No. 4. - Aug. 2001.
- Christensen M. Jeffay K. Ott D. Smith F.D. Tuning RED for Web Traffic. // IEEE/ACM Transactions on Networking. – Vol. 9, No. 3. - June 2001.
- Joo Y. Ribeiro V. Feldmann A. Gilbert A.C. Willinger W. TCP/IP traffic dynamics and network performance: A lesson in workload modeling, flow control, and trace-driven simulation. // Proceedings of the 2001 ACM SIGMETRICS Conference. - New York, NY, USA, Apr. 2001. – pp. 25-37.
- Jumabaev M., Asheralieva A. Simulative Studies of a FON Network: Traffic Modelling as a Key Component of Service Performance Analysis. // Proceedings of the 5th International Conference on Electronics and Computers (IKECCO-2008). – Section 4. IT/Networks. – Oct. 2008. – pp. 99-103.
- Kotz D. Essien K. Analysis of a campus-wide wireless network. // Wireless Networks, 11, 2005. – pp. 115-133.
- Opnet Technologies Inc. Wireless LAN Model Description. – Nov. 2000.
- Pitkow J. E. Summary of WWW Characterizations. // Journal of Computer Networks and ISDN Systems. – 30(1-7): 551-558. – Apr. 1998.
- Schwab D. Bunt R. Characterizing the use of a campus wireless network. // Proceedings of INFOCOM 2004. - Hong Kong, China, Mar. 2004 – pp. 862-870.
- Sohraby K. Kolarov A. A mathematical model for representing aggregate traffic in mobile networks. // Proceedings of the 7th International Conference on Personal, Mobile, and Spread Spectrum Communications. – Dec. 2004.
- Tang D. Baker M. Analysis of a metropolitan-area wireless network. // Wireless Networks, 8(2-3). – Mar.-May 2002. – pp. 107-120.
- “Terms of use of FON” (2006)
<URL:
http://en.fon.com/info/general_conditions.pdf
>

УДК 621.39

КОНЦЕПЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАФИКА В ТЕХНОЛОГИИ МНОГОПРОТОКОЛЬНОЙ КОММУТАЦИИ ПО МЕТКАМ MPLS

Зимин И.В.

КГТУ им. И. Раззакова

Технология MPLS представляет собой синтез всего самого лучшего из технологий уровня 2 (ATM, Frame Relay, Ethernet) и маршрутизации уровня 3 пакетных сетей. В статье рассмотрены вопросы исследования трафика, которые включают в себя технологию и научные принципы измерения, моделирование трафика, управление трафиком и использование этих знаний и техники для получения определенных рабочих характеристик сети.

The MPLS technology is a synthesis of all the best from the Layer 2 technologies (ATM, Frame Relay, Ethernet) and Layer 3 packet routing. In article are considered questions of the study of the traffic, which comprise of itself technology and scientific principles of the measurement, modeling of the traffic, traffic management and use of these knowledges and technology for reception determined operating line to network.

Технология многопротокольной коммутации по меткам MPLS явилась результатом слияния нескольких сходных технологий. Возрастающий интерес к коммутации с использованием меток привел к созданию специальной рабочей группы IETF, целью которой было выработать общий стандарт. Перед пересылкой принятого пакета на следующий участок маршрута устройство коммутации по меткам обычно вставляет в этот пакет, некоторую новую метку вместо той, которая в нем содержалась. Эта операция называется заменой меток (label swapping). Для того чтобы определить, куда пересылать пакеты, устройство коммутации по меткам, которое называется маршрутизатором LSR (Label Switching Router), использует стандартные протоколы управления IP-сетью. Многопротокольной (Multi-Protocol) коммутацией MPLS называется потому, что ее средства применимы к любому протоколу сетевого уровня, т.е. MPLS – это своего рода инкапсулирующий протокол, способный транспортировать информацию множества протоколов низших уровней модели OSI.

Первый, физический уровень (physical layer) содержит функции, обеспечивающие использование физической среды для двусторонней передачи битов (с такой достоверностью, какую обеспечивает эта среда) по прямому тракту, связывающему два узла сети. Второй уровень – уровень звена данных

(data link layer) – содержит функции, обеспечивающие формирование в этом тракте надежного логического звена связи, по которому происходит двусторонний обмен информационными блоками между названными узлами; при этом путем обнаружения и исправления ошибок гарантируется заданная достоверность передачи. Третий, сетевой уровень содержит функции, обеспечивающие транспортировку информационных блоков от отправителя к получателю через несколько узлов сети по подходящему маршруту транспортировки, который составляется из звеньев второго уровня. Общая идея протоколов всех уровней (кроме физического) состоит в том, что информационный блок каждого уровня содержит заголовок и информационное поле, и в том, что блок протокола вышележащего уровня помещается в информационное поле блока протокола расположенного сразу под ним нижележащего уровня.

Основные понятия: MPLS может рассматриваться как совокупность технологий, которые, работая совместно, обеспечивают доставку пакетов от отправителя к получателю контролируемым, эффективным и предсказуемым способом. В MPLS для пересылки пакетов используются коммутируемые по меткам тракты LSP, которые были организованы с помощью протоколов маршрутизации и сигнализации уровня 3. Основные специальные термины MPLS сведены в табл. 1.

Таблица 1

Понятие	Пояснение
FEC Forwarding Equivalence Class) класс эквивалентности пересылки	Множество пакетов, которые пересылаются одинаково, например, с целью обеспечить заданное QoS
Label – метка	Короткий идентификатор фиксированной длины, определяющий принадлежность пакета тому или иному FEC
Label swapping – замена меток	Замена метки принятого узлом сети MPLS пакета новой меткой, связанной с тем же FEC, при пересылке этого пакета к

	нижестоящему узлу
LER – (MPLS edge router – пограничный узел сети MPLS)	Пограничный узел сети MPLS, который соединяет домен MPLS с узлом, находящимся вне этого домена
Loop detection – выявление за-кольцованных маршрутов	Метод, позволяющий обнаружить, что пакет прошел через узел более одного раза
Loop prevention – предотвращение образования закольцованных маршрутов	Метод выявления и устранения закольцованных маршрутов
LSP – (Label Switched Path) коммутируемый по меткам тракт	Приходящий через один или более LSR тракт, по которому следуют пакеты одного и того же FEC
ER – LSP – (explicitly routed LSP) – LSP с явно заданным маршрутом	Тракт LSP, который организован способом, отличным от традиционной маршрутизации пакетов IP
LSR – (Label Switching Router) маршрутизатор коммутации по меткам	Маршрутизатор, способный пересылать пакеты по технологии MPLS
MPLS domain – домен MPLS	Совокупность узлов MPLS, между которыми существуют непрерывные LSP
MPLS egress node – выходной узел сети MPLS	Последний MPLS-узел в LSP, направляющий исходный пакет к адресату, который находится вне MPLS-сети
MPLS ingress node – входной узел сети MPLS	Первый MPLS-узел в LSP принимающий исходный пакет и помещающий в него метку MPLS

Основные термины MPLS

В дополнение к приведенным в таблице рассмотрим еще некоторые базовые понятия, уже упоминавшиеся выше и весьма важные для понимания принципов работы технологии MPLS, такие как пересылка, коммутация и маршрутизация.

Маршрутизация – это выбор маршрута или того его элемента, который ведет к ближайшему узлу, входящему в этот маршрут, как правило, функция уровня 3 модели OSI. Очень важно правильно воспринять это понятие, потому что технология MPLS дополняет его общепринятую трактовку и «вклинивается» между сетевым уровнем 3 и уровнем звена данных 2. Маршрутизация, без MPLS, представляет собой процесс определения следующего участка, по которому должен пойти пакет в направлении получателя, путем анализа заголовка сетевого уровня. Процесс маршрутизации в каждом маршрутизаторе использует различные протоколы и алгоритмы маршрутизации для отыскания маршрутов и создания таблицы пересылки, которая используется уже в плоскости пересылки данных.

Коммутация – это выбор исходящего порта в соответствии с результатом маршрутизации и создание связи между входящим и выбранным исходящим портами, т.е. создание внутри узла условий (внутриузлового пути) для отправки пакета по уже выбранному маршруту. Как правило, это – функция уровня 2 модели OSI. Таким образом, комму-

татор представляет собой устройство, которое принимает пакеты во входных портах, анализирует информацию заголовка уровня 2 (звена данных), использует свои внутренние таблицы коммутации, чтобы создать условия для отправки пакетов к надлежащим выходным портам. Обычно коммутаторы работают быстрее маршрутизаторов, но имеют меньше функциональных возможностей. Добавление в коммутатор функций MPLS превращает его в LSR.

Пересылка – это использование созданных посредством коммутации условий (внутриузлового пути) для того, чтобы передать пакет из входящего порта по упомянутому маршруту через выбранный при коммутации исходящий порт.

Постановка задачи. Из самого определения MPLS видно, что метки – основа основ этой технологии. Именно с метками выполняются процедуры их распределения по маршрутизаторам LSR и процедуры создания трактов LSP (Label Switched Path) коммутируемый по меткам тракт, по которым будут следовать пакеты MPLS. После распределения меток и создания трактов LSP может выполняться главная функция MPLS – пересылка снабженных метками пакетов по сети MPLS. Помимо этой функции должны решаться и вспомогательные задачи, связанные с метками, а именно, контроль времени сохранения меток, упорядочение меток и обработка ошибок. Метка представляет собой ко-

роткий элемент фиксированной длины, используемый для локальной идентификации класса эквивалентности пересылки FEC (Forwarding Equivalence Class). По значению метки пакета в каждом узле маршрута, по которому он передается, определяется его принадлежность определенному FEC. Структура метки MPLS представлена на рис. 1. Ее длина составляет 32 бита (4 байта): 12 битов – заголовок и 20 битов – значение метки. За-

головки метки состоит из трех полей: 3-битового поля Exp, которое может служить для обозначения класса обслуживания, S-бита признака «дна» стека и 8-битового поля «время жизни» TTL (Time-to-Live). 20-битовое поле метки содержит значение MPLS-метки, которое может быть любым числом в диапазоне от 0 до $2^{20}-1$, за исключением резервных значений (0, 1, 2, 3 и др.)



Рис. 1. Структура MPLS-метки

Поле экспериментальных битов (EXP) содержит три бита, которые резервированы для дальнейших исследований и экспериментирования. В настоящее время проводится работа, направленная на создание согласованного стандарта использования этих битов для поддержки дифференцированного обслуживания разнотипного трафика и идентификации класса обслуживания. Первоначально поле так и называлось – «Класс обслуживания» (CoS). При предоставлении дифференцированных услуг MPLS-сети это поле может указывать определенный класс обслуживания, например, аналогичный классам DiffServ. Чтобы обеспечить сквозное качество IP-услуг, на границе MPLS-сети можно скопировать в поле CoS поле IP-приоритета с учетом того, что поле CoS в MPLS-заголовке содержит всего 3 бита, и в нем может передаваться только 3-битовое поле IP-приоритета, а 6-битовое поле кода дифференцированной услуги (Differentiated Service Code Point – DSCP) – нет. При необходимости информация CoS может передаваться и в виде одной из меток MPLS-стека, т.к. поле метки имеет размер 20 битов и способно вместить как поле IP-приоритета, так поле DSCP.

Бит S является средством поддержки иерархической структуры стека меток MPLS. В заголовке последней (т.е. самой глубокой или нижней) метки бит S=1, а во всех остальных метках в стеке бит S=0.

Поле времени жизни (TTL) в заголовке MPLS работает аналогично полю TTL в IP-дейтаграмме; это поле является механизмом, предотвращающим возможность беско-

нечной циркуляции пакетов по сети вследствие образования закольцованных маршрутов. Байт TTL находится в конце заголовка метки и, как представлено на рис. 1, занимает биты 24 — 31. Диапазон значений этого поля составляет от 0 до 255.

Протокол MPLS поддерживает два способа определения маршрута, по которому будет следовать пакет.

Первый из них аналогичен способу hop-by-hop, используемому сегодня в IP-сетях, и предполагает, что каждый маршрутизатор самостоятельно выбирает, куда переслать принятый им пакет, так что маршрут, по которому транспортируется пакет, оказывается, случайным.

Второй способ основан на том, что маршрутизаторы на пути следования пакета действуют не самостоятельно, а в соответствии с инструкциями, полученными от одного из LSR тракта LSP (обычно – от верхнего LSR, что позволяет совместить процедуру «раздачи» этих инструкций с процедурой распределения меток). Таким образом, маршрут следования пакетов однозначно определяется заранее.

Возможность иметь в пакете более одной метки в виде стека позволяет создавать иерархию меток, что открывает дорогу многим приложениям MPLS. MPLS может выполнять со стеком следующие операции: помещать метку в стек, удалять метку из стека и заменять метку. Эти операции могут использоваться для слияния и разветвления информационных потоков. Функциональные возможности стека MPLS позволяют объединять несколько LSP в один. К стеку меток

каждого из этих LSP сверху добавляется общая метка, в результате чего образуется тракт MPLS. В точке окончания такого тракта он разветвляется на составляющие его индивидуальные LSP. Так могут объединяться тракты, имеющие общую часть маршрута. Следовательно, MPLS способна обеспечивать иерархическую пересылку, что может стать важной и востребованной функциональной возможностью. При ее использовании не нужно переносить глобальную маршрутную информацию, что делает сеть MPLS более стабильной и масштабируемой, чем сеть с традиционной маршрутизацией.

Исследование трафика. Инжиниринг трафика представляет собой мониторинг и моделирование потоков трафика, а также управление трафиком с тем, чтобы обеспечить нужное качество его обслуживания путем рационального использования сетевых ресурсов за счет сбалансированной их загрузки. Так или иначе, возможности инжиниринга трафика – главная или, по крайней мере, одна из главных причин, по которым технология MPLS реализуется в современных сетях связи. Она позволяет снять ограничения, присущие рассмотренным протоколам маршрутизации внутреннего шлюза IGP (Interior Gateway Protocol), как дистанционно-векторным RIP (Routing Information Protocol), так и на основе состояния каналов (OSPF (Open Shortest Path First) – открытый протокол маршрутизации IGP по принципу «первым выбирается кратчайший путь», и IS-IS (Intermediate System to-Intermediate System) – протокол обмена информацией о маршрутах промежуточных систем). Эти протоколы направляют трафик от отправителя к адресату по кратчайшему маршруту, заранее выбранному в определенной метрике. Для протокола RIP эта метрика представляет собой просто число пересылок (hops) между маршрутизаторами. Протоколы маршрутизации на основе параметров состояния каналов – OSPF и IS-IS – используют более «продвинутые» метрики: предельную пропускную способность каналов, вносимую каналом задержку при передаче пакета и т.п. Однако и они игнорируют текущую ситуацию с перегрузками в сети и тип трафика, который несут маршрутизируемые пакеты.

К примеру, протокол OSPF может даже увеличить перегрузку, поскольку он стремится направить трафик по перегруженному кратчайшему маршруту и тогда, когда другой, пусть не самый короткий, но вполне приемлемый маршрут загружен меньше.

Классический пример, иллюстрирующий эту проблему маршрутизации по принципу SPF (Shortest Path First) – алгоритм выбора кратчайшего пути, используется протоколами маршрутизации IS-IS и OSPF для вычисления дерева кратчайших путей к каждой точке назначения в сети, демонстрирует элемент сетевой топологии, имеющий из-за внешнего сходства. На рис. 2 изображен в таком виде все тот же фрагмент MPLS-сети из 7 маршрутизаторов LSR1-LSR7. Весь трафик от маршрутизатора LSR2 к LSR5, согласно алгоритму OSPF идет через маршрутизатор LSR6. Таким образом, маршрут LSR2-LSR6-LSR5 перегружен, а ресурс маршрута LSR2-LSR3-LSR4-LSR5 используется неэффективно.

LSR фактически представляет собой IP-маршрутизатор с поддержкой MPLS. Эта поддержка MPLS, превращающая обыкновенный маршрутизатор в LSR, предусматривает умение читать как метки, так и заголовки протокола сетевого уровня, отличать на входе пакеты, снабженные меткой, от обычных IP-пакетов, выполнять с такими пакетами с меткой процедуру Label Swapping и отправлять их на соответствующий порт согласно имеющейся в LSR таблице коммутации по меткам. Все эти функциональные возможности современных LSR поддерживаются установленным на них программным обеспечением. Примером может служить программное обеспечение Cisco IOS Software, имеющее несколько версий. Каждая версия имеет несколько наборов функций Feature Set.

Применение механизмов TE ((Traffic Engineering) – инжиниринг трафика, управление трафиком с целью оптимизации загрузки сетевых ресурсов), позволяет решить эту проблему, указав два разных пути от LSR1 к LSR5, как это изображено на рис. 3. Сравнение рис. 2 и 3 показывает, что TE позволяет лучше использовать сетевые ресурсы за счет перевода части трафика с более загруженного на менее загруженный участок сети.

При этом не только лучше используется доступная полоса пропускания, но и достигается более высокое качество обслуживания трафика, поскольку уменьшается вероятность перегрузки в сети. Кроме того, для услуг, которые требуют выполнения заданных норм качества обслуживания QoS (Quality of Service), например, заданного коэффициента потерь пакетов и/или задержки/джиттера, инжиниринг трафика позволяет

обеспечивать надлежащее QoS путем назначения явно определенных маршрутов.

В качестве эксплуатационного инструмента, инжиниринг трафика регулярно оптимизирует использование сетевых ресурсов при изменениях распределения нагрузки в сети. Таким образом, оператор сети может управлять потоками трафика, проходящими через сеть,

и в принудительном порядке направлять по заранее выбранному маршруту пакеты, которые поступают к входному маршрутизатору LSR1 тракта LSP и соответствуют классу эквивалентности пересылки FEC этого LSR к выходному маршрутизатору LSR7. Кроме того, FEC может определяться с

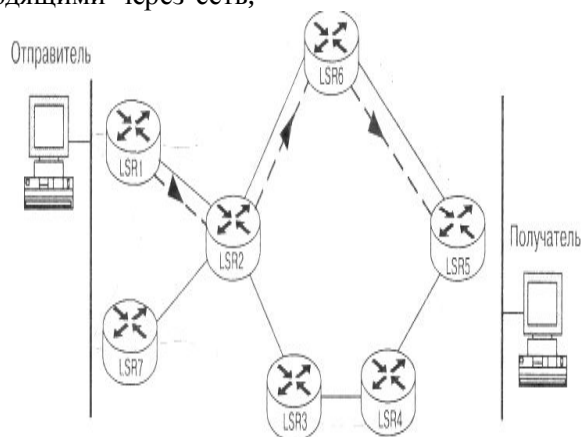


Рис. 2. Традиционное распределение трафика

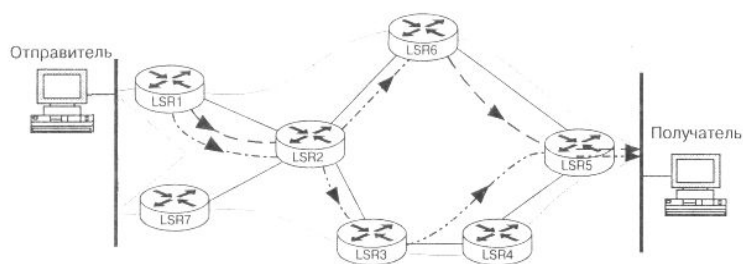


Рис. 3. Равномерное распределение трафика ТЕ

учетом большего числа параметров классификации, чем просто IP-адрес получателя, и использоваться для маршрутизации в соответствии с установленными правилами и распределением нагрузки.

Ключевые характеристики, сопряженные с управлением трафиком, могут быть ориентированы либо на трафик, либо на ресурсы. Задачи ТЕ включают в себя аспекты улучшения показателей QoS информационных потоков, а центральной функцией ТЕ является оптимальное управление пропускной способностью. Оптимизация рабочих характеристик сети является фундаментальной проблемой управления. В модели процесса ТЕ трафик-инженер (Traffic Engineer) действует как контроллер в системе с адаптивной обратной связью. Эта система включает в себя набор взаимосвязанных сетевых элементов, систему мониторинга состояния сети и набор средств управления конфигурацией. Трафик-инженер формулирует политику управления, контролирует состояние сети,

используя систему мониторинга, определяет характеристики трафика и предпринимает управляющие действия, чтобы перевести сеть в состояние, согласующееся с политикой управления. Это может быть выполнено с помощью операций, производимых в порядке отклика на текущее состояние сети, или превентивно, на основе анализа тенденции изменений состояния сети и их прогнозирования с тем, чтобы предотвратить возникновение нежелательных состояний.

Управляющие действия должны включать в себя:

1. модификацию параметров управления трафиком,
2. модификацию параметров, связанных с маршрутизацией,
3. модификацию атрибутов и констант, связанных с ресурсами.

Трафик-инженер здесь означает не должность сотрудника (хотя возможно и такое), а некоторый абстрактный управляющий объект. Участие человека в процессе управ-

ления трафиком должно быть минимизировано настолько, насколько это возможно, что обеспечивается автоматизацией вышеперечисленных операций. Заметим, что инжиниринг трафика – отнюдь не связанное с MPLS изобретение. Задачи управления трафиком решались в отрасли связи всегда, правда, подходы были принципиально различны. Расчеты, производившиеся при проектировании АТС на основе теории телетрафика, как и измерение характеристик нагрузки и качества обслуживания в процессе эксплуатации с последующей реконfigurацией пучков соединительных линий, тоже можно отнести к управлению трафиком. С появлением пакетных сетей и мультимедийного трафика задачи и методы управления трафиком претерпели значительные изменения.

В этих новых условиях применение теории телетрафика можно отнести к проектированию и к эксплуатационному управле-

нию сетями связи. Время, затрачиваемое на решение этих задач (время реакции), может измеряться в неделях, днях и часах, соответственно, как это изображено на рис. 4.

Для рассматриваемых методов инжиниринга трафика MPLS время реакции измеряется в секундах, минутах и часах. В сетевом оборудовании могут применяться еще более быстродействующие методы борьбы с перегрузками, время реакции которых измеряется в секундах и даже в миллисекундах. Перегрузка, связанная с неэффективным размещением ресурсов, может быть уменьшена выбором должной политики балансировки нагрузки в разных устройствах сети. Задачей такой политики является также минимизация перегрузки ресурса. Когда перегрузка минимизирована, потери пакетов и задержка доставки уменьшаются, а совокупная пропускная способность возрастает.

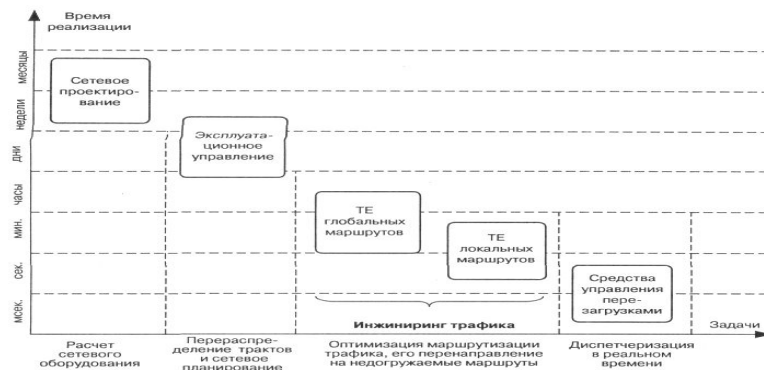


Рис. 4. Инжиниринг трафика в сетях связи

Следует сказать о некоторой условности показанной на рис. 4. Главной задачей которого, является иллюстрация подходов к анализу трафика в сетях связи и места рассматриваемого здесь инжиниринга трафика MPLS. В качестве компенсации этой условности приведу в заключение более строгое определение ТЕ согласно техническим документам: инжиниринг трафика включает в себя технологию и научные принципы измерения, моделирования и описания трафика, управление трафиком и использование этих знаний и техники для получения определенных рабочих характеристик сети.

Не менее важно, что в MPLS можно автоматизировать функции управления трафиком. Для всего этого нужно только одно – протоколы сигнализации MPLS должны уметь переносить информацию, которая необходима для работы механизмов управления трафиком, находящихся на прикладном уровне, а также «прокладывать» тракты LSP по явно заданным маршрутам. При этом в

MPLS есть возможность достичь дополнительной гибкости, т.к. маршрут можно задать не только строго, но и не строго, т.е. группа узлов может быть задана как «абстрактный узел», внутри которого существует известная свобода выбора маршрута.

В области инжиниринга трафика применительно к MPLS используется термин *traffic trunk*, которым обозначают объединение потоков трафика, принадлежащих одному классу и проходящих по одному LSP. Иными словами, *traffic trunk* – это объединенный поток трафика, отнесенного к одному FEC. При инжиниринге трафика в MPLS вводится понятие наведенный MPLS-граф. Этот граф образуют набор LSR, представляющих его узлы, набор звеньев, представляющих его ребра, и набор используемых в LSP маршрутов, представляющих пути наведенного графа.

Управление трафиком в MPLS предполагает наличие следующих функциональных средств и возможностей:

1. набор атрибутов, которые связаны с объединенными потоками трафика;
2. набор атрибутов, которые связаны с ресурсами; эти атрибуты ограничивают возможности выбора маршрутов для LSP и могут рассматриваться как топологические ограничения;
3. маршрутизация на основе ограничений, которая используется для выбора маршрута в соответствии с заданными наборами параметров.

Резюмируя приведенные базовые сведения о TE, можно сказать, что инжиниринг трафика в MPLS основан на управлении наборами атрибутов, значения которых учитываются при выборе маршрутов для создаваемых в MPLS-сети LSP и LSP-туннелей. Теперь попробуем рассмотреть общую картину работы приложения TE в MPLS, не углубляясь в подробности.

Основными компонентами подсистемы TE являются:

1. пользовательский интерфейс, через который оператор сети может управлять политикой TE;
2. IGP-компонент, распространяющий информацию о топологии сети и сведения о состоянии сетевых ресурсов;
3. маршрутизация на основе ограничений – это модуль, который производит расчет маршрута в сети MPLS на основе информации, получаемой от пользовательского интерфейса и IGP-компонента (Interior Gateway Protocol) – протокол маршрутизации внутреннего шлюза;
4. компонент сигнализации для создания и поддержки LSP (или LSP-туннеля), для управления LSP (LSP-туннелем) и для резервирования сетевых ресурсов;
5. компонент пересылки данных, в качестве которого выступает сама сеть MPLS.

В процессе эксплуатации сети MPLS расширенные маршрутные IGP-протоколы,

такие как OSPF-TE и IS-IS-TE, распространяют в сети следующую информацию о топологии сети и состоянии ресурсов:

1. максимальная пропускная способность звена,
2. максимальная пропускная способность звена, доступная для резервирования,
3. резервированная на звене пропускная способность,
4. текущее использование пропускной способности,

Маршруты в MPLS-TE рассчитываются по алгоритму CSPF (кратчайший путь выбирается первым с учетом ограничений).

Разнообразие рассматриваемых вопросов обусловлено характером этой развивающейся, динамичной и популярной технологии. MPLS создавалась, главным образом, как технология для ядра сети, как средство, позволяющее сетевым устройствам, которым приходится справляться с огромными потоками информации, обрабатывать эти потоки более эффективно.

Литература

1. Гольдштейн А. Б., Гольдштейн Б. С. Технология и протоколы MPLS СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2005.
2. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа. Том 2. М.: Радио и связь, 1999.
3. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Перле Р.Д. Стек ОКС7. Подсистема МТР. Справочник//М.: Радио и связь-2003.
4. Rouskas George N., Jackson Laura E. Optimal Granularity of MPLS unnels, ITC 18 / Charzinski J., Lehnert R., and Tran-Gia P. (Editors), 2003 Elsevier Science B.V.
5. Swallow George. MPLS Advantages for Traffic Engineering. IEEE Communications Magazine, December 1999, pp. 54-57.

УДК 004. 031

ЗАЩИТА СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЛАНИРУЕМЫХ СТАНЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ СЛУЖБ РАДИОСВЯЗИ ОТ ПОМЕХ УСТРОЙСТВ МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ

*Джылышбаев Н.А.**КГТУ им. И. Раззакова*

В работе рассматривается проблема электромагнитной совместимости между устройствами малого радиуса действия и существующими и планируемыми радиоэлектронными средствами. Приводятся видения разных Администрации связи на данную проблему возрастания устройств малого радиуса действия. Также как и в других странах количество устройств малого радиуса действия возрастает в Кыргызской Республике и могут возникнуть помехи на радиоэлектронные средства других служб радиосвязи связи с чем в данном докладе приводятся возможные пути решения вопроса электромагнитной совместимости.

В настоящее время во всем мире спрос на устройства малого радиуса действия (SRD) возрастает связи с чем были проведены исследования в секторе радиосвязи Международного союза электросвязи (МСЭ) для определения уровней мощности, технических критериев и масок для SRD, чтобы предупредить помехи другим службам радиосвязи; определение полос частот и требований к спектру, рабочих параметров и категорий этих устройств радиосвязи. Результатом этих исследований явилось несколько разработанных МСЭ-R Рекомендаций.

Существуют определенные полосы частот, которые используются для устройств связи малого радиуса действия во всех регионах мира. Эти общие полосы показаны в таблице 1. Хотя в этой таблице приведен наиболее широко признанный набор полос частот для устройств связи малого радиуса действия, не следует исходить из того, что все эти полосы доступны во всех странах.

Однако следует отметить, что устройствам связи малого радиуса действия может, как правило, не разрешаться использовать полосы, распределенные следующим службам:

– радиоастрономической;

- воздушной подвижной;
- службам обеспечения безопасности жизни, включая радионавигационную.

Следует отметить далее, что полосы частот, упомянутые в пп. 5.138 и 5.150 Регламента радиосвязи (РР) предназначены для промышленных, научных и медицинских (ISM) применений (см. определение ISM в п. 1.15 РР). Устройства связи малого радиуса действия, работающие в пределах этих полос, должны мириться с вредными помехами, которые могут создаваться этими применениями.

Поскольку SRD, как правило, работают, не создавая помех и не требуя защиты от помех (см. определение устройств связи малого радиуса действия в § 2), для этих устройств, кроме других полос частот, были выбраны и полосы ISM.

В различных регионах существует множество дополнительных рекомендованных полос частот, определенных для использования устройствами радиосвязи малого радиуса действия. В Приложениях приведены подробные сведения об этих полосах частот.

Таблица 1

ISM в пределах полос частот, соответствующих пп. 5.138 и 5.150 РР	
6 765–6 795 кГц 13 553–13 567 кГц 26 957–27 283 кГц 40,66–40,70 МГц 2 400–2 483,5 МГц 5 725–5 875 МГц 24–24,25 ГГц 61–61,5 ГГц 122–123 ГГц 244–246 ГГц	
Другие общеупотребительные диапазоны частот	
9–135 кГц:	Обычно используется для индуктивных применений радиосвязи малого радиуса действия
3 155–3 195 кГц:	Беспроводные слуховые аппараты (п. 5.116 РР)
402–405 МГц:	Очень маломощные активные медицинские имплантаты Реко-

	мендация МСЭ-R RS.1346
5 795–5 805 МГц:	Системы передачи информации и управления транспортом Рекомендация МСЭ-R M.1453
5 805–5 815 МГц:	Системы передачи информации и управления транспортом Рекомендация МСЭ-R M.1453
76–77 ГГц:	Системы передачи информации и управления транспортом (радиолокационные) Рекомендация МСЭ-R M.1452

Общепотребительные диапазоны частот

В Рекомендациях МСЭ-R (Сектор Радиосвязи) определяются технические и нетехнические параметры для устройств связи малого радиуса действия и широко признанные подходы по регулированию их использования на национальном уровне. В ходе применения настоящей Рекомендации необходимо помнить, что она представляет наиболее широко признанные взгляды, но не следует исходить из того, что все приведенные здесь параметры принимаются во всех странах.

Следует также помнить, что модель использования радиосвязи не остается неизменной. Она постоянно развивается, отражая множество изменений, происходящих в области радиосвязи, в частности, в технологии. Параметры радиоизлучения должны учитывать эти изменения, и, следовательно, взгляды, изложенные в настоящей Рекомендации, должны периодически пересматриваться.

Более того, почти у всех администраций продолжают действовать национальные правила. По этим причинам, всем, кто собирается разрабатывать или продавать SRD, созданные на основе настоящей Рекомендации, следует связаться с соответствующей национальной администрацией, чтобы убедиться в том, что положения, приведенные в данном документе, применимы.

SRD используются практически повсюду. Например, сбор данных при помощи систем идентификации автомобилей или контроль за продукцией, хранящейся на складе, системы, использующиеся в розничной торговле и логистике, системы типа "радионяня", устройства открывания гаражных ворот, беспроводные домашние системы телеметрии данных и/или системы безопасности, системы отпирания дверей автомобиля без ключей и сотни других типов обычного электронного оборудования, использующие для работы такие передатчики. В любое время суток, большинство людей находятся на расстоянии нескольких метров от потребительских товаров, в которых используются SRD.

SRD работают на самых разных частотах. Они вынуждены использовать эти час-

тоты совместно с другими применениями и, как правило, им запрещено создавать этим применениям вредные помехи. Если устройство малого радиуса действия создает помехи разрешенным службам радиосвязи, даже если это устройство соответствует всем техническим стандартам и национальным нормативным требованиям, предъявляемым к оборудованию, его оператору будет предписано прекратить использование, как минимум, до тех пор, пока не будет разрешена проблема с помехами.

Однако некоторые национальные администрации могут создать службы радиосвязи, используя SRD, значимость которых для населения потребует, чтобы эти устройства были бы до некоторой степени защищены от вредных помех. Это может быть обеспечено путем предоставления им вторичной категории. Одним из примеров решения такого типа являются, как определено далее, очень маломощные активные имплантируемые устройства связи.

Кроме Сектора радиосвязи, исследования в отношении SRD проводятся в Секторе стандартизации МСЭ (МСЭ-T), а также в Международной организации по стандартизации (ИСО), также исследования SRD проводятся в CEPT и ETSI, разработан целый ряд решений, рекомендаций и стандартов (европейских норм).

Связи ввозом многих устройств SRD в Кыргызскую Республику как и в других администрациях связи возникает различные вопросы такие как будут ли данные устройства создавать помехи станциям других служб с которыми разделяют одну полосу частот в различных диапазонах. Также нужно учитывать что ввоз существующих устройств SRD будущем будет только возрастать и так как научно технический прогресс не стоит на месте можно предположить что в будущем будут выпускаться новые устройства SRD в других полосах частот.

Согласно рекомендации МСЭ –R SM.1538 «Технические и эксплуатационные

Таблица 2

Максимальная излучаемая мощность или уровень напряженности магнитного поля	Полосы частот
–5 дБ(мкА/м) на 10 м	148,5–1 600 кГц
7 дБ(мкА/м) на 10 м	457 кГц 4 515 кГц
9 дБ(мкА/м) на 10 м	7 400–8 800 кГц
13,5 дБ(мкА/м) на 10 м	3 155–3 400 кГц
30 дБ(мкА/м) на 10 м	9–315 кГц (только MICS)
37,7 дБ(мкА/м) на 10 м	140–148,5 кГц
42 дБ(мкА/м) на 10 м	59,750–60,250 кГц 70–119 кГц 6 765–6 795 кГц 13,553–13,567 МГц 26,957–27,283 МГц
60 дБ(мкА/м) на 10 м	13,553–13,567 МГц (только для RFID и электронных средств наблюдения за перемещением предметов (EAS))
72 дБ(мкА/м) на 10 м (на 30 кГц снижение 3,5 дБ на октаву)	9,0–59,75 кГц 60,25–70,0 кГц 119–135 кГц
25 мВт ¹	402–405 МГц
2 мВт ¹	173,965–174,015 кГц
5 мВт ¹	869,700–870,000 МГц
10 мВт ¹	26,957–27,283 МГц 40,660–40,700 МГц 138,2–138,45 МГц 433,050–434,790 МГц 863–865 МГц 868,600–868,700 МГц 869,200–869,300 МГц 2 400–2 483,5 МГц
20 мВт ¹	1 795–1 800 МГц
25 мВт ¹	868,000–868,600 МГц 868,700–869,200 МГц 869,650–869,700 МГц 2 400–2 483,5 МГц 5 725–5 875 МГц 9 200–9 975 МГц

¹ Уровни указаны либо для эффективной излучаемой мощности (э.и.м.) (ниже 1000 МГц) или для эквивалентной изотропно-излучаемой мощности (э.и.и.м.) (выше 1000 МГц).

. Излучаемая мощность или напряженность магнитного поля

параметры и потребности в спектре для устройств связи малого радиуса действия» были определены типы SRD полосы частот используемые SRD. Поскольку эти устройства могут использоваться во многих различных применениях, ни одно описание не может быть исчерпывающим, однако в число кате-

горий применения устройств малого радиуса действия входят следующие: телеуправление, телеметрия, передача голосового и видеосигналов, оборудование для обнаружения людей под лавинами, широкополосные локальные радиосети (RLAN), железнодорожные применения, автоматическая идентификация

транспортных средств (АВИ), система путевых датчиков, контурная система, интегрированные средства передачи и обработки информации для автомобильного транспорта и управления дорожным движением (RTTT), оборудование для обнаружения движения и оборудование для сигнализации, бытовые устройства сигнализации, управление моделями, индуктивные применения, радиомикрофоны, системы радиочастотной идентификации (RFID), очень маломощные активные медицинские имплантаты (ULP-AMI), беспроводные аудиоприменения, радиочастотные (радиолокационные) датчики уровня. Региональной организацией СЕРТ были определена излучаемая мощность или напряженность магнитного поля (Таблица 2).

Для решения задачи о защите от помех от устройств SRD существующих и планируемых станций различных служб радиосвязи в полосах частот распределенные согласно таблице распределения Регламента радиосвязи предлагается мною на настоящий момент Администрацией связи Кыргызской Республики принять решение об использовании устройств SRD с условием предоставления полной информации по использованию заявителем и регистрировать ввозимые устройства SRD для дальнейшего анализа. Регистрация данных устройств SRD даст в буду-

щем легкость для выявления и определения помехи на другие службы в полосах частот.

Также считаю не целесообразным использовать устройства SRD в полосах частот предназначенные для радионавигационной службе распределенной по национальной таблице частот и в полосах частот выделенные для служб безопасности, так как вышеуказанные службы использующие малую напряженность поля, могут получать вредные помехи от SRD.

Пределы излучаемой мощности или напряженности магнитного или электрического поля, показанные в таблицах 2–5, это – значения, которые требуются для обеспечения удовлетворительной работы устройств связи малого радиуса действия. Эти уровни были определены после тщательного анализа и зависят от диапазона частот, конкретного выбранного применения, и от служб и систем, которые уже используются или планируются к использованию в этих полосах.

Литература

1. Рекомендация Международного союза электросвязи, сектор Радиосвязи-SM.1538-2
2. Рекомендация Европейской конференции по почтовой и телефонно-телеграфной связи (СЕРТ) – 70-03.

УДК 005.311.6:004.031

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ТЕСТИРОВАНИЯ В СРЕДЕ ИНТЕРНЕТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Боскебеев К.Д.

КГТУ им.И.Раззакова

В настоящее время с бурным развитием интернет-индустрии и технологии появляются все новые интерактивные сервисы для Интернет и Интранет-сетей. Не последнее место среди них занимают системы дистанционного обучения, одним из компонентов которых является автоматическое тестирование. Среди различных подходов к тестированию наибольшее распространение получило адаптивное тестирование на основе вопросов с фиксированным набором динамически генерируемых ответов.

Один из возможных подходов получения экспертной оценки знаний обучаемого — использование технологий искусственного интеллекта и экспертных систем. Именно характеристики экспертной системы гарантируют быстрый и эффективный способ построения базы знаний, отражающей знания преподавателя-эксперта для оценки обучаемого. Процесс тестирования в этом случае будет представлять собой управляемую логическим выводом консультацию, в которой вопросы экспертной системы будут представлять собой тестирующие задания.

В узком смысле к АТ обычно относят особые алгоритмы предъявления заданий, построенные для пунктов теста, предвари-

тельно отобранных с помощью соответствующих моделей и методов анализа пунктов и других процедур, основанных на психометрической теории задание-ответ (*Item Response Theory*). При таком обучении в процессе прохождения теста (или набора тестов) строится модель обучаемого, которая используется для генерации или выбора последующих заданий тестирования в зависимости от уровня обучаемого. В комплексных системах полученная модель также может использоваться в процессе обучения.

В настоящее время системы тестирования, представленные в Интернет, в основном имеют целью опрос пользователей с целью сертификации

(<http://www.brainbench.com>). Такие системы построены на простом численном подсчете количества правильных ответов, либо подразумевают адаптивность, используя вычислительные статистические алгоритмы выбора следующего вопроса определенной сложности из соответствующей тематической области на основании предыдущих ответов тестируемого.

Для построения тестов эффективна продукционно-фреймовая модель представления знаний, в которой каждый вопрос представляется в виде фрейма, вопросы одного порядка сложности объединяются в классы, для которых записываются продукции. Использование наследования позволяет строить различные структуры классов, записывая идентичные правила однажды и наследуя их в дальнейшем.

Фреймы. Развитием семантических сетей являются фреймовые методы представления знаний, в которых все атрибуты (поименованные отношения) объектов собираются в одну структуру данных, называемую фреймом. Фреймы представляют объекты и классы объектов предметной области. Общая структура фрейма имеет вид

{имя фрейма < имя слота > значение слота>, ... }

Каждый фрейм содержит некоторое количество слотов, а каждый слот, в свою очередь может рассматриваться как фрейм, что гарантирует иерархию представления сложных объектов и знаний, родовидовую классификацию, композицию и декомпозицию знаний. Возможность определения в слотах имен других фреймов обеспечивает сетевые представления. В слотах определяются объекты, их компоненты, атрибуты и обрабатывающие процедуры, манипулирующие данными слотов. Имеется возможность вывода новых знаний, используя структурные свойства фреймов и концепцию наследования признаков и свойств объектов, играющих в иерархии роль предков.

Фреймы обеспечивают различные способы подключения к фреймам процедурной информации, описанной на некотором другом языке, и чаще всего на LISP, хотя известны и реализации на PROLOG [1]. Процедурная информация подключается в виде методов и активных значений. Методы - процедуры языка LISP, активные значения - процедуры или наборы правил продукций, подключенные к слотам.

При разработке систем адаптивного интеллектуального тестирования по предло-

женной методике в Интернет стоит проблема реализации распределенной системы — необходимо выбрать архитектуру размещения блоков экспертной системы (процессора вывода, рабочей памяти, базы знаний) на сервере и ЭВМ клиента с учетом ограничений сетевой среды [2]. Наиболее выгодным оказывается применение архитектуры тонкого клиента, при котором все компоненты размещены на сервере: при этом минимизирован трафик, не играет значения размер базы знаний, клиенту нет необходимости устанавливать на компьютер специализированное программное обеспечение, интеллектуальная собственность (база знаний) остается в руках разработчика и не передается на машину клиента. Так как логический вывод в экспертной системе не может быть сведен к последовательности независимых вычислений типа «запрос-ответ», то для реализации системы используем технология Java Servlet API. При этом логический вывод проводится в отдельном потоке, существующем на протяжении всей сессии, а клиентские запросы обрабатываются отдельными потоками, синхронизированными с работой ядра интеллектуальной системы.

Инструментарий основан на библиотеке JULIA (Java Universal Library for Intelligent Applications), обеспечивающей требуемое продукционно-фреймовое представление знаний с прямым и обратным выводом, а также возможность включения в состав экспертной системы внешних Java-модулей, с помощью которых реализована динамическая генерация вопросов. Библиотека представляет собой набор Java-классов с удобным открытым программным интерфейсом (API). База знаний, изначально представленная текстовым файлом на специализированном языке преобразуется в набор связанных объектов-фреймов и слотов с присоединенными процедурами, которые и выполняются в процессе тестирования. В состав инструментария также включена функция мониторинга для сбора информации о прохождении тестов при групповом тестировании, ограничения времени при ответе на вопрос, и др.

Таким образом, на основании реализованной технологии проведения удаленных консультаций через Интернет может, использована в других областях, для качественного принятия решений.

1. Следует обратить внимание на циклический характер нескольких узлов схемы, среди которых центральным является база

данных статистической информации о результатах тестирования. На этапе тестового эксперимента статистические данные в совокупности с предварительными, а затем последующими экспертными оценками позволяют "отбраковать" некачественные тестовые задания, неудачные тесты, определить сложность и другие качества тестовых заданий и тестов в целом. Многократный проход по циклическому пути с привлечением большого числа тестируемых (для увеличения статистики) и большого числа экспертов с их методиками и алгоритмами диагностики и измерения знаний позволяет совершенствовать измерительную шкалу и повышать точность диагностики знаний.

2. Система предполагает абсолютное и относительное тестирование. В первом случае диагностика и оценка знаний проводится для отдельно взятого обучаемого по существующей в системе оценочной шкале.

УДК 004.832.005.591.6

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Асылбеков Н.С., Кыдыралиева Г.Ж.

КОФ КГТУ им. И. Раззакова

В данной статье рассмотрена методика проведения диагностического анализа объекта диагностирования и рассмотрены вопросы автоматизации решения диагностических задач.

При эксплуатации электронных устройств и систем (ЭУиС) возникает задача контроля их состояния для повышения эффективности функционирования, а также диагностика неисправностей в возможно короткое время.

Вопросам организации процесса диагностики, построения моделей ЭУиС, разработки алгоритмов и проектирования конкретных автоматизированных систем диагностирования посвящена обширная литература, а многолетние исследования привели к созданию теории технической диагностики [1,2].

Как правило, существующие методы контроля и диагностики сводятся к проверке выходных параметров технических объектов при подаче на их вход тестовых воздействий, и, когда контролируемый выходной параметр находится в пределах допусков, оговоренных в нормативно-технической документации, то объект считается в исправном состоянии. При этом сложный технический объект рассматривается в виде «черного ящика» с входными и выходными параметрами.

В ряде случаев контроль только выходных параметров оказывается недостаточным, т.к. не получается локализовать имеющуюся или потенциальную неисправность объекта, связанную с тем, что при этом не учитывается его внутренняя структура.

Для группы обучаемых итоговые результаты тестирования могут формироваться на основе статистической обработки результирующих данных с выдачей относительных оценок.

3. Особую актуальность, приобретают на современном этапе развития науки и общества в целом Интернет – ориентированные технологии и распределенный искусственный интеллект.

Литература

1. Приобретение знаний: Пер. с япон. /Под ред. С.Осуги, Ю. Саэки. - М.: Мир 1990.- 304с.
2. Перспективные технологии искусственного интеллекта/Сб. трудов международной конференции /Под. Ред. М.А. Щербакова.-Пенза: Изд-во ИИЦ ПГУ, 2008, 294 с

Основу элементной базы современных ЭУиС сегодня составляют интегральные микросхемы (ИМС), большие ИМС, сверхбольшие ИМС, а их сложность резко возросла. Это предъявляет высокие требования к квалификации обслуживающего персонала.

Техническая диагностика (ТД) решает три основные взаимосвязанные задачи [3]:

1. Проверка работоспособности объекта диагностирования (ОД). В результате решения этой задачи происходит переход или к применению устройства по прямому назначению, или к анализу его состояния.

2. Поиск неисправных (дефектных) элементов в ОД. При решении второй задачи должна быть выяснена первичная причина отказа или найдены дефектные или поврежденные элементы.

3. Прогнозирование состояния ОД на некоторое время в будущем, если заранее известно, что характеристики объекта постепенно изменяются и могут сильно ухудшиться, что объект не сможет выполнять свои функции.

Все три задачи ТД связаны с определением состояния ЭУиС, рассматриваемых как ОД.

Если при решении первой задачи хотя бы на одном этапе результат проверки работоспособности оказывается отрицательным, то ЭУиС находится в одном из неисправных

состояний. Тогда необходимо перейти к решению второй задачи ТД – к поиску неисправности.

Вторая задача ТД решается только после того, как установлено, что объект находится в неисправном состоянии или его параметры заметно и устойчиво отклонились от норм.

Решение третьей задачи состоит из двух этапов:

1. Поиск и обнаружение элементов или блоков, параметры которых отклонились от номинала, но еще не перешли через границы поля допуска.

2. Непрерывное или периодическое наблюдение за действием выделенных элементов в целях установления скорости изменения их параметров и моментов выхода за пределы поля допуска.

Радиоэлектронные и электромеханические узлы, составляющие ЭУиС, работают в сложных, постоянно меняющихся условиях и подвергаются воздействию различных внешних факторов, результатом которых являются деградационные процессы, ухудшающие параметры и приводящие к отказу ЭУиС, т.е. к выходу одного или нескольких параметров за пределы допуска $U_i(t) \leq U_{i\text{доп}}$ или к полному прекращению функционирования.

Несмотря на огромное разнообразие электронных систем, устройств различного функционального назначения, областей применения, элементной базы, конструктивного исполнения, они имеют ряд общих признаков. Одним из таких признаков является потребность в функциональном управлении состоянием, т.е. потребность в техническом обслуживании и ремонте (ТОиР).

Эта задача не новая и появилась еще при создании первых технических устройств. Однако особый интерес к ней возник при резком усложнении ЭУиС, а также при увеличении числа отказов за время эксплуатации. Поэтому в случае отказа ЭУиС необходимо как можно быстрее восстановить его работоспособность.

Рациональная техническая диагностика (ТД) является одним из эффективных методов повышения надежности сложных ЭУиС, под которой понимают процесс изучения состояния любых технических объектов, которые называются ОД.

Задача поиска неисправных или поврежденных деталей в отказавшем ОД или в некоторой его части решается проверкой параметров в различных контрольных точках ОД. Оценка и сопоставление результатов этих проверок приводит к постепенному сокращению числа различных предположений

о причине отказа и выделению отказавшей цепи.

Наиболее распространенное и в основном правильное мнение состоит в том, что проверка работоспособности ЭУиС должна производиться по результатам наблюдения ее выходных параметров при рабочих воздействиях на входы. Выходные параметры являются диагностическими параметрами, верифицируемыми в контрольных точках.

Методика проведения диагностического анализа электронных устройств и систем.

Основными направлениями диагностического анализа (ДА) являются:

1. Диагностический анализ вновь разрабатываемых ЭУиС, задачами которого являются: рассмотрение вновь разрабатываемой системы как ОД; выбор стратегий и методов его ТОиР; анализ схемы с точки зрения возможностей реализации этих стратегий и методов; предварительный выбор средств технического диагностирования (СТД); расчет показателей диагностирования и оценка эффективности ТОиР.

Результатом анализа являются предложения по выбору структуры и состава СТД.

2. Диагностический анализ систем, поступивших на эксплуатацию впервые. В этом случае задачами направления являются: оценка технологичности ЭУиС для ТОиР при выбранной (или заданной) стратегии и системе ТОиР; оценка состава СТД и их соответствия применяемой стратегии; расчет показателей диагностирования; оценка уровня ТОиР ЭУиС предлагаемой системой и его эффективности.

Результат анализа – заключение об уровне эксплуатационной технологичности поступившего изделия и предложения по его возможному совершенствованию.

3. Диагностический анализ эксплуатируемых ЭУиС. В результате анализа должны быть предложены по совершенствованию эксплуатационной технологичности и заключение о целесообразности применения действующих стратегий и методов и необходимости их совершенствования.

Содержание полного анализа определяется следующими факторами: целевым назначением ДА; задачами ОД; структурой ОД; условиями функционального использования ОД.

Диагностический анализ следует начинать с определения назначения ОД.

В условиях эксплуатации поддержанию на заданном уровне подлежат показатели качества; параметры функционального

использования; технические параметры; отдельные показатели эксплуатационной технологичности.

Для этих параметров необходимо по техдокументации установить номинальные значения и допустимые пределы изменения (допуски).

Следует также показать, как выход параметра (или группы параметров) за пределы допуска может повлиять на показатели системы.

Функциональная схема диагностируемого ЭУиС должна быть проанализирована с точки зрения ее безотказности на предмет выявления источников возникновения повреждений, «слабых» точек, перегруженных микросхем или каскадов. Важным моментом ДА является установление формы проявления повреждения, а также неявного отказа без прекращения функционирования.

В процессе ДА выявляются особенности элементной базы, характеристики отдельных узлов и блоков.

Расчет показателей безотказности диагностируемого ЭУиС рассчитываются по справочным данным.

Функционально-диагностическая модель (ФДМ-модель) ЭУиС составляется на базе функциональной схемы. При этом элемент ФДМ-модели должен всегда иметь один выход и сколько угодно входов. Если соответствующий блок функциональной схемы имеет два выхода, то он разделяется на два с обязательными обратными связями.

В качестве элементов ФДМ-модели могут выступать и отдельные элементы принципиальной схемы.

Далее по ФДМ-модели составляется таблица (матрица) состояний. При этом принимается, что в диагностируемом изделии ЭУиС может одновременно произойти только один отказ. ФДМ-модель также может быть использована для построения другой модели в виде ориентированного графа диагностируемого ОД.

Другим важным этапом проведения ДА является выбор совокупности диагностических параметров (ДП) ЭУиС для контроля работоспособного состояния. Взаимосвязь и взаимовлияние параметров позволяет выбрать из всего комплекса выходных параметров достаточную их совокупность, контроль которой дает возможность определить работоспособное состояние ЭУиС.

При ДА действующих ЭУиС необходимо убедиться, что совокупность параметров для контроля работоспособности, представленная в техдокументации, является минимальной и достаточной и обеспечивает максимальную полноту контроля.

В случае появления отказа в диагностируемом ЭУиС одной из задач ДА является диагностическое обеспечение восстановления исправного или работоспособного состояния.

Для выполнения операций ДА необходимо обосновать и выбрать состав СТД, после чего составляется схема диагностирования и контроля.

К основным показателям диагностирования относятся:

1. Вероятность ошибки диагностирования.
2. Апостериорная вероятность ошибки диагностирования.
3. Вероятность правильного диагностирования – полная вероятность того, что система диагностирования определяет то техническое состояние, в котором действительно находится ОД.
4. Средняя оперативная продолжительность диагностирования – математическое ожидание оперативной продолжительности однократного диагностирования.
5. Средняя стоимость диагностирования – математическое ожидание стоимости однократного диагностирования.
6. Средняя оперативная трудоемкость диагностирования – математическое ожидание оперативной трудоемкости проведения однократного диагностирования.
7. Глубина поиска дефекта – характеристика поиска дефекта, задаваемая указанием составной части ОД или ее участка, с точностью до которых определяется место дефекта.

Каждый показатель диагностирования рассчитывается по соответствующим формулам на основании априорных или статистических данных.

Расчет показателей диагностирования является важным в общей оценке эффективности диагностирования ЭУиС. Для проведения расчета наиболее часто применяются аналитический и графоаналитический методы расчета.

Задача расчета показателей диагностирования может решаться в двух аспектах:

1. Определены ОД, СТД, их показатели известны или рассчитаны, установлены допуски на показатели, параметры измерительных работ и их стоимость.

Задача: рассчитать показатели диагностирования вероятности ошибок, достоверность диагностирования; среднее время диагностирования; стоимость диагностирования.

2. ОД известен, СТД определены, совокупность параметров для контроля работо-

способности установлена. Заданы значения ошибок.

Задача: по заданным значениям ошибок диагностирования установить допуск на изменение ДП и погрешности средств измерения.

Расчет показателей контролепригодности и выбор категории контролепригодности является завершающим этапом ДА.

Автоматизация средств диагностики и контроля.

Основными целями автоматизации являются повышение быстродействия СТД, снижение себестоимости, улучшение качества продукции и повышение надежности ее работы. Применительно к СТД автоматизация процесса позволяет получать следующие преимущества при применении автоматических систем: существенно понижать трудоемкость диагностирования; обеспечить высокую степень достоверности информации о техническом состоянии ЭУиС; использовать жесткие алгоритмы технического диагностирования, исключающие возможность вмешательства субъективных факторов; систематически накапливать информацию о техническом состоянии ЭУиС, его изменении; формировать информационное поле для прогнозирования; внедрять прогрессивные стратегии ТОиР на основе прогнозирования.

В автоматизированных СТД основные операции осуществляются автоматически, к которым можно отнести: коммутация; измерение фиксации числового значения измеренного параметра; сравнение с полем допусков; запоминание; отображение и документирование.

Комплекс средств измерений и автоматизации (СИА) состоит из следующих основных элементов:

- аппаратура подключения к ОД (преобразователи, коммутаторы, первичные измеряемые параметры);
- цифровые измерительные приборы (аналого-цифровые);
- источники стимулирующих воздействий (цифро-аналоговые преобразователи);
- интерфейсные средства (цифровые коммутаторы, аппаратура сопряжения, трансляторы);
- аппаратура обработки (ЭВМ, программируемые микропроцессоры, программно-логические устройства);

- аппаратура регистрации и индикации.

Одной из особенностей СИА является наличие в его составе схемы документирования диагностической информации.

В эксплуатации сложных ЭУиС при выполнении ТОиР до 70 % всех работ составляет измерение ДП и их проверка на соответствие нормативным значениям. Для обеспечения достоверности диагностической информации важное значение приобретает выбор допустимых погрешностей средств и методов измерений и поддержание их на требуемом уровне в продолжение жизненного цикла ЭУиС.

При n контролируемых ДП полный цикл одного измерения определяется формулой:

$$t_{\text{изм}} = \sum T_i + t_{\text{обр}}, \quad (1)$$

где: $t_{\text{обр}}$ – время обработки информации.

Динамическая погрешность измерения по каждому из параметров определяется с учетом скорости изменения параметра dU_i/dt по формуле:

$$\delta U_i = dU_i/dt \cdot t_{\text{изм}}. \quad (2)$$

Если цифровой коммутатор обеспечивает подключение центрального интерфейсного прибора с необходимой скоростью, то выполняется условие:

$$dU_i/dt \cdot t_{\text{изм}} \leq \delta U_{i,\text{доп}}. \quad (3)$$

Период минимальной смены информации от самого быстродействующего прибора, определяющий время ввода, вычисляется исходя из соотношения:

$$T_{\text{в}} > \tau_k \cdot [n \cdot x(1 + q_{\text{ср}})], \quad (4)$$

где: τ_k – время сквозной передачи одного кода информации в коммутаторе, т.е. его быстродействие; n – количество каналов; $q_{\text{ср}}$ – вероятность сбоя в i -м канале.

Литература

1. Бережной В.П., Дубицкий Л.Г. Выявление причин отказов радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Радио и связь, 1983.
2. Давыдов П.С. Техническая диагностика радиоэлектронных устройств и систем. - М.: Радио и связь, 1988.
3. Ксенз С.П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств. - М.: Радио и связь, 1989.

УДК 536.7:662.74

АВТОНОМНЫЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЦИКЛА ДВС

Энгельшт В.С., Искаков Р.Т., Балан Р.К.

Бсык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстановы, Каракол

Создан автономный инженерный метод расчета теоретического цикла ДВС на стадиях сжатия, сгорания и расширения топливной смеси. Разработаны и реализованы на компьютере алгоритм и программа расчета. Метод отличается высокой точностью, быстродействием и простотой использования. В результате расчета определяются температура, давление рабочего цикла, удельный объем и коэффициент полезного действия двигателя. Метод опробован при расчете теоретического цикла ДВС с водородом в качестве топлива.

Компьютерное моделирование позволяет получить важную информацию о работе двигателя внутреннего сгорания при вариации внешних параметров – состав топлива, степень сжатия. В результате расчета определяются давление и температура рабочего цикла, коэффициент полезного действия двигателя. Это может служить основой для конструирования ДВС и оптимизации режима его работы.

В настоящее время существуют точные методы расчета теоретического цикла работы ДВС, однако они чрезвычайно громоздки в реализации и не позволяют за разумное время получить нужную информацию. [1,2]

Ранее нами был разработан детальный метод расчета теоретического цикла ДВС [3], путем применения для вычислений газовых компонентов программного комплекса АСТРА 4/рс. [4].

В данной работе создан автономный инженерный метод расчета теоретического цикла ДВС на стадиях сжатия, сгорания и расширения топливной смеси.

Автономный инженерный метод. В инженерных методах расчета ДВС [1,2,5] используются приближенные аналитические выражения.

Конец сжатия

$$P_c = P_0 \varepsilon^{n_1} \quad T_c = T_0 \varepsilon^{n_1-1}$$

Конец сгорания

$$P_r = P_c \cdot \frac{T_r}{T_c} \quad T_r = T_c + \frac{q}{C_v}$$

Конец расширения

$$P_p = \frac{P_r}{\varepsilon^{n_2}} \quad T_p = \frac{T_r}{\varepsilon^{n_2-1}}$$

Термический коэффициент полезного

действия (КПД) $\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n-1}}.$

Здесь P_0 , T_0 - давление и температура в конце впуска - начала сжатия, $\varepsilon = \frac{V_0}{V}$ - степень сжатия топливной смеси, V - удельный объем, n_1 , n_2 - показатель

адиабаты соответственно при сжатии и расширении, n - условный показатель адиабаты при α , q - теплота сгорания, C_v - теплоемкость.

Достоинство инженерных методов в наглядности, сравнительной простоте реализации. Однако инженерные методы ориентированы в большей мере как обучающие программы. Это связано с тем, что при использовании этих методов необходима априорная информация о показателях адиабаты и теплоемкости для конкретной топливной смеси и рабочих диапазонов температур и давлений. При расчете берут средние значения n_1 , n_2 , C_v , а также учитывают изменения мольного состава в процессе. Это вызывает необходимость введения корректирующих поправок в приведенные выше уравнения. В инженерных методах не учитывается недожог из-за диссоциации. Необходима также дополнительная информация о токсичных выбросах (NO , CO , и т.д.) для данной топливной смеси.

Нами разработан автономный инженерный метод, лишенный недостатков известных инженерных методов. Необходимые термодинамические параметры (начальный объем V_0 , показатель адиабаты n) находятся по универсальной программе АСТРА 4/рс. По инженерным формулам определяются давление, температура на тактах сжатия и расширения, показатели горения находятся в программе АСТРА. Вычисляются работа и КПД двигателя внутреннего сгорания. Расчет проводится до получения необходимой точности вычислений.

Алгоритм расчета. Сжатие. Задаются состав топливной смеси, начальное давление P_0 и температура T_0 . В нашем случае топливная смесь это водород (H_2), в качестве горючего, и воздух, в качестве окислителя, при стехиометрическом соотношении ($\alpha=1$). Один кг этой топливной смеси запишем:

$$(100\%N_{52.4037} O_{14.0754} Ar_{0.311059} H_{28.1508}).$$

Принято $P_0=0,1$ МПа, $T_0=300$ К, степень сжатия $\varepsilon=10$. На стадии сжатия предполагается, что химические превращения компонентов топливных смесей не происходят.

Поэтому из расчета исключаются следующие молекулярные компоненты по принятой в программе АСТРА директиве

$Del=H_2O, H_2O_2, k^* H_2O_2, O_1H_1, H_1O_2, N_1H_3, H_1N_1O_2, H_1N_1O_3, N_1O_1, N_1O_2$

k^* - конденсированное состояние.

Из расчета по программе АСТРА имеем $V_0=1,1879 \text{ м}^3/\text{кг}$, $k''=1,4008$,

где $k''=n$ - показатель адиабаты.

АСТРА:

<noion>

$P_c=2.5165$, $T_c=754.9553$,

(100%N52.4037 O14.0754 Ar0.311059 H28.1508),

$Del=H_2O, H_2O_2, k^* H_2O_2, O_1H_1, H_1O_2, N_1H_3, H_1N_1O_2, H_1N_1O_3, N_1O_1, N_1O_2$;

В результате получаем значение внутренней энергии и удельного объема в конце сжатия $U_c = 348,59 \text{ кДж/кг}$, $V_c = 0,11879 \text{ м}^3/\text{кг}$. На этом расчет такта сжатия завершен.

Сгорание топливной смеси. На следующем этапе происходит сгорание топливной смеси. Так как в процессе горения не происходят изменения внутренней энергии и удельного объема, можно отметить, что $U_c = U_z$, $V_c = V_z$.

В программе АСТРА задаем $U_z = 348,59 \text{ кДж/кг}$, $V_z = 0,11879 \text{ м}^3/\text{кг}$.

По инженерным формулам

$$P_c = P_0 \left(\frac{V_0}{V_c} \right)^n, \quad T_c = T_0 \left(\frac{V_0}{V_c} \right)^{n-1} \quad (1)$$

находим давление и адиабатическую температуру в конце сжатия $P_c = 0,1 \cdot 10^{1,4008} = 2,5165 \text{ МПа}$, $T_c = 300 \cdot 10^{0,4008} = 754,9553 \text{ К}$.

С этими значениями входим в программу

Вводим тот же состав топливной смеси, но без ограничений на мольные компоненты, т.е. исключаем директиву Del .

(100%N52.4037 O14.0754 Ar0.311059 H28.1508), (где $del=0$)

Находим давление в конце горения $P_z = 8,8881 \text{ МПа}$, адиабатическую температуру $T_z = 3069,5 \text{ К}$ и показатель адиабаты $n = 1,1853$.

С полученными результатами переходим к следующему этапу – расширению.

Расширение. По инженерным формулам $P_p = P_z \left(\frac{V_0}{V_p} \right)^n, \quad T_p = T_z \left(\frac{V_0}{V_p} \right)^{n-1} \quad (2)$

вычисляем давление и температуру в конце расширения

$P_p = 8,8881 \cdot 0,1^{1,1853} = 0,5801 \text{ МПа}$ и $T_p = 3069,5 \cdot 0,1^{1,1853} = 2003,4 \text{ К}$.

По нашим расчетам построим диаграммы давления $P_c(V) = P_0 \left(\frac{V_0}{V} \right)^n$ и температуры

$T_c(V) = T_0 \left(\frac{V_0}{V} \right)^{n-1}$ на стадии сжатия, и на стадии расширения - $P_p(V) = P_z \left(\frac{V_0}{V} \right)^n$,

$T_p(V) = T_z \left(\frac{V_0}{V} \right)^{n-1}$. Стрелками указано направление процесса.

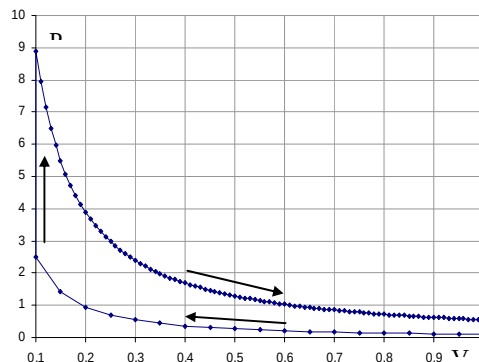
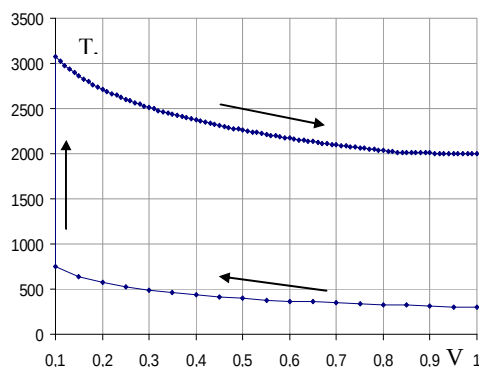


Рис.1. Давление как функции от V , где $V=V/1,1879$

Рис.2. Температура как функции от V, где $V=V/1,1879$ Работа сжатия

$$A_c = \int_{V_z}^{V_0} P dV = P_0 V_0^n \int_{V_z}^{V_0} V^{-n} dV = P_0 V_0^n \left. \frac{1}{-n+1} V^{-n+1} \right|_{V_z}^{V_0}$$

$$A_c = P_0 V_0^n \frac{1}{1-n} (V_0^{-n+1} - V_z^{-n+1}) = \frac{P_0 V_0^n}{1-n} \left(\frac{1}{V_0^{n-1}} - \frac{1}{V_z^{n-1}} \right) = \frac{P_0 V_0^n}{(1-n)V_0^{n-1}} \left[1 - \left(\frac{V_0}{V_z} \right)^{n-1} \right] = \frac{P_0 V_0}{n-1} (\varepsilon^{n-1} - 1) \quad (3)$$

$$P_c = 100 \text{ кПа}, \quad V_0 = 1,1879 \text{ м}^3/\text{кг}, \quad n = 1,4008.$$

$$A_c = \frac{100 \cdot 1,1879}{0,4008} (10^{0,4008} - 1) = 449,5 \text{ кДж/кг},$$

Работа расширения

$$P(V) = P_z V_z^n V^{-n}$$

$$A_p = P_z V_z^n \int_{V_c}^{V_0} V^{-n} dV = \frac{P_z V_z^n}{1-n} \left(\frac{1}{V_z^{n-1}} - \frac{1}{V_0^{n-1}} \right) = \frac{P_z V_z^n}{(n-1)V_z^{n-1}} \left(1 - \left(\frac{V_z}{V_0} \right)^{n-1} \right) = \frac{P_z V_z}{n-1} (1 - \varepsilon^{1-n}) = \frac{P_z V_z}{n-1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n-1}} \right) \quad (4)$$

$$P_z = 8888,1 \text{ кПа}, \quad V_z = 0,11879 \text{ м}^3/\text{кг}, \quad n = 1,1853,$$

$$A_p = \frac{8888,1 \cdot 0,11879}{0,1853} \left(1 - \frac{1}{10^{0,1853}} \right) = 1979 \text{ кДж / кг}$$

$$\text{Полезная работа} \quad A = A_p - A_c = 1529,5 \text{ кДж/кг}$$

Коэффициент полезного действия

По полученным результатам вычисляется термический коэффициент полезного действия: $\eta = A/q_{\max}$,

где $q_{\max}$ - максимальная теплота сгорания топлива,

$$q_{\max} = -[H_2] \cdot \Delta_f H^0 [H_2O, g, 298,15]$$

$[H_2] = 14,075 \text{ моль/кг}$ - количество молей водорода в исходной топливной смеси, $\Delta_f H^0 = -241,8 \text{ кДж/моль}$ - стандартная энтальпия образования паров воды [6]. Максимальная теплота сгорания водорода в исходной смеси

$$q_{\max} = 3403 \text{ кДж/кг}.$$

$$\eta = \frac{A}{q_{\max}} = \frac{1529,53}{3403} \cdot 100\% = 44,95\%$$

2. Получение результата с заданной точностью. Так как в процессе расширения продолжается догорание топливной смеси, показатель адиабаты, зависящий от состава топлива, температуры может меняться. По-

этому полученные результаты для расширения в первой главе дают нам приближенные значения. Для того чтобы получить наиболее точные данные, можно воспользоваться методом итераций, т.е. проведем последовательные уточнения значения показателя адиабаты n с помощью программы АСТРА, в результате чего зависящие от n давление и температура, так же будут уточняться.

Метод итераций. Ранее нашли давление и температуру в конце расширения - $P_p = 0,580108 \text{ МПа}$ и $T_p = 2003,4 \text{ К}$.

С этими данными входим в программу Астра, задаем топливную смесь и получаем $V_p = 1,1667 \text{ м}^3/\text{кг}$, $n = 1,2372$.

В результате произведенного действия мы получили новое значение показателя n , т.е. произвели уточнение показателя адиабаты. Теперь мы можем произвести следующую итерацию с новым показателем n :

$$P_p = 8,8881 \cdot 0,1^{1,2372} = 0,514765 \text{ МПа}$$

$$\text{и } T_p = 3069,5 \cdot 0,1^{0,2372} = 1777,738 \text{ К}.$$

В программе Астра вычисляем $V_p = 1,1658 \text{ м}^3/\text{кг}$, $n = 1,2534$. Будем проводить итерации до тех пор, пока вновь полученный показатель адиабаты не будет отличаться от

своего предыдущего значения. Результаты итераций запишем в таблицу :

Итерации	P_p МПа	T_p К	V_p $\text{м}^3/\text{кг}$	n
первая	0,580108	2003,4	1,1667	1,2372
вторая	0,514765	1777,738	1,1658	1,2534
третья	0,495917	1712,646	1,1657	1,2575
четвертая	0,491257	1696,554	1,1657	1,2585
пятая	0,490127	1692,652	1,1656	1,2587
шестая	0,489902	1691,873	1,1656	1,2588
седьмая	0,489789	1691,483	1,1656	1,2588

На этом, мы заканчиваем итерации, так как давление и температура почти не изменились, а показатель адиабаты n остался прежним. Данный метод вычисления за один шаг итераций от V_z до V_0 дает более точные результаты, так как идет уточнение показателя n .

Можно оценить относительную погрешность. В данном случае она составляет 13,4%.

$$\delta n = 1,2588 - 1,1853 = 0,0735,$$

$$V_{\text{отн}} = 10, \quad \ln V_{\text{отн}} = 2,3, \quad \text{где}$$

$$V_{\text{отн}} = V_0/V_z$$

$$\frac{\delta P}{P} = (\ln V_{\text{отн}}) * \delta n : n =$$

$$2,3 * 0,0735 * 100\% : 1,2588 = 13,4\%$$

Первый шаг от V_z до V_1 . $P_z = 8888,1 \text{ кПа}$, $V_z = 0,11879 \text{ м}^3/\text{кг}$, $V_1 = 0,35169 \text{ м}^3/\text{кг}$ и $n = 1,1853$.

Выполним итерации:

Номер итерации	P_p МПа	T_p К	V_p $\text{м}^3/\text{кг}$	n
первая	2,416716	2504,085	0,35169	1,2049
вторая	2,365229	2450,736	0,35134	1,2089
третья	2,354857	2439,989	0,35128	1,2097
четвертая	2,352788	2437,846	0,35127	1,2099
пятая	2,32271	2437,31	0,35127	1,2099

Относительная погрешность первого шага составляет 4%.

$$\delta n = 1,2099 - 1,1853 = 0,0246$$

$$V_{\text{отн}} = 3 \quad \ln V_{\text{отн}} = 1,0986$$

$$\frac{\delta P}{P} = (\ln V_{\text{отн}}) * \delta n : n = 1,0986 * 0,0246 * 100\% : 1,2099 = 2,31\%$$

Второй шаг от V_1 до V_0 .

Выполняем итерации второго шага:

Номер итерации	P_p МПа	T_p К	V_p $\text{м}^3/\text{кг}$	n
первая	0,548096	1893,034	1,1663	1,2455
вторая	0,5251	1813,611	1,166	1,2511
третья	0,521571	1801,424	1,166	1,2519
четвертая	0,521069	1799,69	1,166	1,252
пятая	0,521007	1799,473	1,166	1,252

Относительная погрешность составляет 3,99%.

$$\delta n = 1,252 - 1,2099 = 0,0421 \quad V_{\text{отн}} = 3,333$$

$$\ln V_{\text{отн}} = 1,204.$$

$$\frac{\delta P}{P} = (\ln V_{отн}) * \delta n : n =$$

$$1,204 * 0,0421 * 100\% : 1,252 = 3,99\%$$

По полученным результатам вычисляется термический работа и коэффициент полезного действия.

По (4) находим работу расширения для одного шага итераций:

$$A_p = 1831,5 \text{ кДж/кг}, \text{ полезная работа } A = 1382 \text{ кДж/кг}, \eta = 40,6\%.$$

Для двух шагов итераций: находим работу расширения первого шага $A_{p1} = 1023,8 \text{ кДж/кг}$ и работу расширения второго шага $A_{p2} = 866,86 \text{ кДж/кг}$. Работа расширения $A_p = A_{p1} + A_{p2} = 1890,66 \text{ кДж/кг}$.

$$\text{Полезная работа } A = 1441,19 \text{ кДж/кг}.$$

Коэффициент полезного действия $\eta = 42,4\%$.

Разработан автономный инженерный метод, лишенный недостатков известных инженерных методов. Определяются показатели рабочего цикла в 4 точках: начальные значения, в конце сжатия, в конце горения и в конце расширения. По инженерным аналитическим выражениям рассчитываются давление, температура на тактах сжатия и расширения, а начальные значения и показатели горения находятся в программе АСТРА 4/рс.

В процессе расширения показатель адиабаты меняется. Для получения более точных данных, используется метод итераций, т.е. последовательное уточнение значе-

ния показателя адиабаты с помощью программы АСТРА 4/рс, в результате чего зависящие от показателя адиабаты давление и температура, так же уточняются. Расчет проводится до получения необходимой точности вычислений.

Литература

1. Двигатели внутреннего сгорания: В 3 т.: Т.3. Компьютерный практикум: Учебник для студ. вузов, Луканин В.Н., Шatrov М.Г., Алексеев И.В. и др., под редакцией Луканина В.Н.. М.: Высш.шк., —МАДИ, 1995. -225 с.
2. Мищенко А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей, Киев: Наукова думка, 1984.-143 с.
3. Энгельшт В.С., Исаков Р.Т., Мукамбет у. Э, Теоретический цикл двигателя внутреннего сгорания. Метод расчета. Изв. КНТУ им. И. Раззакова. 2005, №7, Бишкек, с.83-87
4. Трусов Б.Г. Моделирование химических и фазовых равновесий при высоких температурах. (ASTRA. 4/рс). М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана. 1995. -43с
5. Пришвин И.П., Толчин А.Г. Тепловой и динамический расчет двигателя внутреннего сгорания. М.: МАДИ, 1995.-9с.

УДК 543.12

REVIEW OF SOFTWARE DEVELOPMENTS FOR COMPUTER LANGUAGES USING OBJECTIF

Erdolatov S.S.

International "Ataturk Alattoo" University, Bishkek, Kyrgyz Republic

In this study given review of software developments for computer languages using objectIF. And how it is modeled with UML. Functions and advantages explained clearly by giving examples.

Introduction

Object-Oriented Software development matured significantly during the past ten years. The Unified Modeling Language (UML) is generally accepted as the Standard modeling notation for the analysis and design of the object-oriented software systems. UML is a graphical language for specifying the analysis and design of object-oriented software systems.

The emergence of Unified Modeling Language (UML) as a standard for modeling Systems has encouraged the use of automated software tools that facilitate the development process from analysis through coding.

UML provides several diagram types that can be used to view and model the Software system from different perspectives or at different levels of abstraction. UML define more than 7 types of

graphical diagrams but the ObjectIF tool support only seven (7) types of graphical diagrams namely, class diagram, use-case diagram, sequence diagram, activity diagram, state diagram, package diagram and business diagram.

In order to accomplish my project we have passed through several steps of UML and ObjectIF's tool, like learn the basics of UML, objectIF and Object Oriented Programming, choose an appropriate programming language etc. We have chosen Java programming language, since we are dealing with Object Oriented Programming (OOP), so Java is a full Object Oriented Programming (OOP) language that fit our target.

ObjectIF is very huge and wide tool that possess five main parts, these parts are used according to your project. If you are developing a Business or commercial project you need to use objectIF for

Business expert and so on... the five parts of the objectIF are here:

ObjectIF for Business Experts, ObjectIF for Requirement analyses, ObjectIF for Software architects, ObjectIF for Software designers and objectIF for software developers.

ObjectIF is a new tool that was created by the end of 2006 and released on the market by the end of 2007 by German Team; their aim is to make the work of software developers easier and more efficient through the use of the graphical tools for analysis, design and implementation.

Object Oriented Programming (OOP)

Object-oriented programming is an approach to building computer programs that mimics how objects are assembled in the physical world. Such programs are reusable, reliable, and understandable. In OOP a computer program is conceptualized as a set of objects that work together to accomplish a task. Each object is a separate part of the program, interacting with the other in specific ways.

An object is a self-contained element of a computer program that represents a related group of features and is designed to accomplish specific tasks.

A class is a template used to create an object. Classes are defined in a program and used to create objects. The process of creating an object from a class is called instantiation, which is why objects are called instances. A class consists of 3 types of information: Identification (unique), attributes and behaviour (Methods, functions).

Java objects model are model objects from a problem domain. The class describes the kind of object. The objects represent individual instantiations of class. Methods allow communication with objects. Methods can have parameters (Variables, Attributes) to provide additional information for a task. Parameters have types. The type defines what kinds of values a parameter can take. Methods may return information about an object via a return value. A method has two parts: The header and the body. The header of a method is called its signature.

Information about ObjectIF Tool

ObjectIF is a tool for software development. It consistently supports you with business process modeling in the Business Process Modeling Notation (BPMN), software design with UML as well as code in Java, C#, Visual Basic.Net and C++. Class, package, activity, use-case, sequence, state diagrams... in objectIF you will find everything you need for the efficient use of UML.

But objectIF is more than your usual UML tool. It allows you to standardize and – for the most part – automat your software development in terms of a software factory. The automation technique is based on the concepts of Model-Driven Development and, depending on your needs, it is adjustable and extendable. In objectIF you design your applications' domain-oriented architecture with the help of UML and create whole layers of technical architecture as well as major parts of the code with model transformation. That's how you turn your UML models into productivity.

The Tool for Model-Driven Software Development with UML in Java, .NET and C++ With objectIF you can: Define requirements, design architecture, model classes and behavior, Transform domain-oriented models into technical models automatically and according to MDD/MDA, Create entire architectural layers, generate code, implement in Round Trip with Eclipse and Visual Studio .NET, create model transformations for automating your development

Perform Reverse Engineering, model business processes, create SOA (Service Oriented Architecture), orchestrate business processes with Web services, and generate WS-BPEL and WSDL Reverse Engineering

We can describe the objectIF as a tool for model-driven software development with UML. Model-Driven Development offers a high automation potential. With objectIF, you can use this potential to the fullest and increase the pace and quality of your projects. ObjectIF supports you all the way, from business-process modeling in Business Process Modeling Notation (BPMN) and software design with UML, to Java, C# and C++ code.

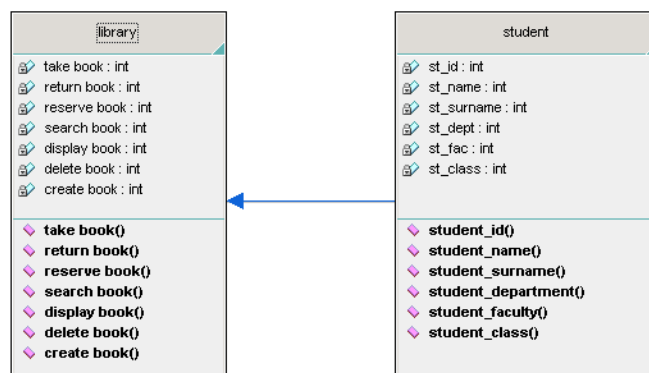
Business process, class, package, activity, use-case, sequence, state diagrams etc...

In objectIF you will find everything you need for the efficient development of Enterprise applications with SOA, Web applications, client-server applications and embedded software.

ObjectIF for Students

In ObjectIF for Students i have developed a Library System Base on ObjecfiF. I'm going to explain how this Library System is going to work. First of all have a look at the diagram below that will give you some idea about the system.

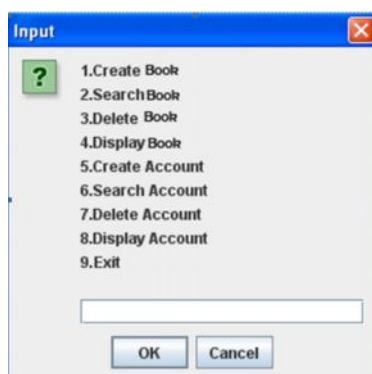
I have used two main classes: class Student and class Librarian.



Modeling library process with objectIF

There is menu:

1. Create Book	2. Search Book
3. Delete Book	4. Display Book
5. Create Account	6. Search Account
7. Delete Account	8. Display Account
9. Exit	



Functions of the ObjectIF

- Central, transaction-secure, multi-user capable repository
- Extended modeling functions for professional development
- MDD – Model-Driven Development
- Generating code
- Syntax-sensitive code editor with IntelliSense
- Integration with Visual Studio and Eclipse
- Generating from documentation
- Quality assurance
- Versioning

Advantages of the ObjectIF

- Efficient project work with a LAN for multiple users and extensive .NET and Java platform-type libraries c. High quality of results through automatic safe-guarding of all result consistencies c. Straight-forward export/import for the exchange and consistent integration of results in distributed projects c
- Extend UML with profiles from stereotypes and user-defined properties for model transformations and c generating code
- Integration of test frameworks JUnit and NUnit at the model level c Stable solu-

tions through refactoring functions on the architecture and class levels c

- Fast development pace through model transformation and generation of the technical architecture, as well c as much of the implementation from domain-oriented models. Iterative transformation of domain-oriented, platform independent models: all manual extensions, which are c applied in the technical, that is platform specific model and its code, are protected Straight-forward navigation between platform independent and platform specific Models c Integrated functions for the development of user-own model transformations, using UML

methods and a c standard programming language

- Highly productive and much more than the creation of simple code frames c Script controlled, modifiable and extendable according to your needs c Extensive language support for C#, Java and C ++ c
- Comfortable navigation in the code and between code and model c High quality with minimum effort: model changes are applied immediately in the code c
- As if working with a single tool, thanks to Round Trip Engineering and targeted navigation c
- Standardized documentation thanks to adaptable Word templates for each model element c Specification requirements and HTML documentation at the push of a button c High quality thanks to automatic updating of all referenced results in the documentation c Simple, dialog-controlled creation of JavaDoc and NDoc commentary at the model level c Print-friendly diagram and document layout c
- Minimum effort thanks to automatic consistency between models, as well as between models and code c Straight-forward, fast result-testing with integrated model reviewer c
- Package oriented with standard configuration management system c

Disadvantages of ObjectIF tools

There are five Editions of ObjectIF tools with their Prices

ObjectIF Eclipse standard Edition : Euro 490

ObjectIF Eclipse professional Edition: Euro 1.990

ObjectIF visual studio .Net Standard : Euro 490

ObjectIF visual studio .Net Professional : Euro 1.990

ObjectIF Enterprise Edition: Euro 3.990

Note: The disadvantages of ObjectIF tool is just too expensive but if you would like to learn there is free trial Version for a limited time.

Conclusion

The integration of JUnit into objectIF enables you to assemble all of the tests you would like to run during the software creation process. You can then run and repeat them as often as you would like. In this way, errors can already be discovered and taken care of during development. This support allows the testing process to become so automated that tests can be repeated without having to make any adjustments in be-

tween. Like this, QA becomes part of the development process. Making JUnit's testing environment available in objectIF already fulfills the prerequisite for this successful approach to software engineering. Higher value software is produced in less time. in other words, fewer bugs - higher quality.

ObjectIF is a stream-lined, pragmatic solution for the entire team: from business experts to software architects, to software developers.

ObjectIF is a platform for the entire team. It turns your models into integrated components of your software solution.

REFERENCES

- [1]. <http://www.microtool.de/objectIF/en/index.asp>
- [2]. Blumberg, R.B (1994). An Electronic Science/Math/History Resource for the WWW, URL, <http://www.ncsa.uiuc.edu/SDG/IT94/proceedings/Educ/Blumberg.Mendelweb>.
- [3]. Curtis & Nichols, 1993 Curtis.P, Nichols. D(1993). Mud's Grow UP : Social Virtual Reality in Real World. URL, <http://lucien.berkkeley.edu/MOO/MUDSGROWUP.ps>
- [4]. Laurillard, 1995 Laurillard.D (1995) Multimedia and the changing Experience of the learner. In British Journal of educational technology. In British Journal of educational Technology.
- [5]. Hoppe, 1995 Hoppe, U. (1995) Use of multiple student modeling to parameterize group learning. In: J. Greer (ed.) Proceedings of AI-ED'95, 7th World
- [6]. Conference on Artificial Intelligence in Education, Washington, DC, 16-19 August 1995, AACE, pp. 234-249.
- [7]. McCalla, G. I., Greer, J. E., Kumar, V. S., Meagher, P., Collins, J. A., Tkatch, R., and Parkinson, B. (1997) JA peer help sytem for workplace training. In: B. d. Boulay and R. Mizoguchi (eds.) Artificial Intelligence in Education: Knowledge and Media in Learning Systems. (Proceedings of AI-ED'97, 8th World Conference on Artificial Intelligence in Education, Kobe, Japan, 18-22 August 1997) Amsterdam: IOS, pp. 183-190.
- [8]. www.objectIF.de/Download
- [9]. Applying UML and Patterns Second Edition, Abbot83 Abbott, R. 1983. Program Design by Informal English Descriptions. *Communications of the ACM* vol. 26(11).
- [10]. UML distill Second Edition A brief Guide to the Standard Object Matin Fowler, Kendall Scott

Publisher: Addison Wesley Second Edition August 18, 1999 ISBN: 0-201-65783-X, 224 pages.

[11]. Unified Modeling Language User Guide Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson Publisher: Addison Wesley First Edition October 20, 1998 ISBN: 0-201-57168-4, 512 pages

[12]. Sinan Si Alhir, Understanding the UML, 'Methods and Tools' (software engineering newsletter), Apr 1999

[13]. Craig Larman (1998) Applying UML and patterns, Prentice-Hall, Upper Saddle River NJ, ISBN 0-13-748880-7

[14]. OlineGuide ObjectIF Tutorials

[15]. N.ARI, Java with BlueJ, University of Technology, Zurich, Switzerland, 2008.

УДК: 581.526.12

LAND COVER CHANGE DETECTION USING SPOT-4 VGT NDVI TIMES-SERIES DATA

Karimova G.T., Shefali Agrawal

Kyrgyz State Technical University after named I. Razzakov

In this study the main objective is to automatically detect land use land cover changes at regional scale using Normalized difference vegetation indices (NDVI) derived from the SPOT VGT 1 KM satellite data. For the study SPOT VGT 10 day NDVI images for the period 1998 – 2007 is used for northern India for Assom Area. It was done Principal Component Analysis, where the first and second PC variance is analyzed.

Vegetation indices among other methods have been reliable in monitoring vegetation change. One of the most widely used indices for vegetation monitoring is the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), because vegetation differential absorbs visible incident solar radiant and reflects much if the infrared (NIR), data on vegetation biophysical characteristics can be derived from visible and NIR and mid- infrared portions of the electromagnetic spectrum (EMS). The NDVI approach is based on the fact that healthy vegetation has low reflectance in the visible portion of the EMS due to chlorophyll and other pigment absorption and has high reflectance in the NIR because of the internal reflectance by the mesophyll spongy tissue of green leaf (Campbell, 1987). NDVI can be calculated as a ratio of red and the NIR bands of a sensor system.

NDVI values range from -1 to +1, because of high reflectance in the NIR portion of the EMS; healthy vegetation is represented by high NDVI values between 0.1 and 1. Conversely, non- vegetated surfaces such as water bodies yield negative

values of NDVI because of the electromagnetic absorption quality of water. Bare soil areas represent NDVI values, which are closest to 0 due to high reflectance in both the visible and NIR portions of the EMS (Lillesand and Kiefer, 1994). NDVI is related to the absorption of photo- synthetically active radiation (PAR) and basically measures the photo-synthetic capability of leaves, which is related to vegetative canopy resistance and water vapor transfer (Maloetal, 1990).

Objectives of study

To develop an automated change detection alarm capability for regional scale applications using a nearly continues high quality data stream

Study area

Study area is Assam valley. It's situated between follow coordinates 24°10'03.23 N, 92°35'51.53"E – 28°01'49.50" N, 95°31'07.13" E.

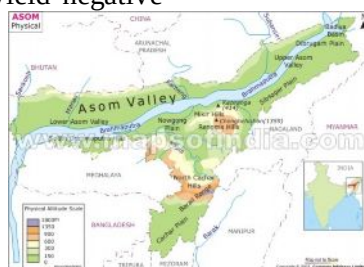


Fig. 1. Assom area.

Data

In case of Principal Component Analysis were used NDVI data for 10 years (1998-2007); each year content 12 months, every month content 10 days NDVI images. In the project was done sum layer stack, mean layer stack and for particular area Assam layer stack also was done of each 10 days layer stack, monthly shift layer stack.

Other information:

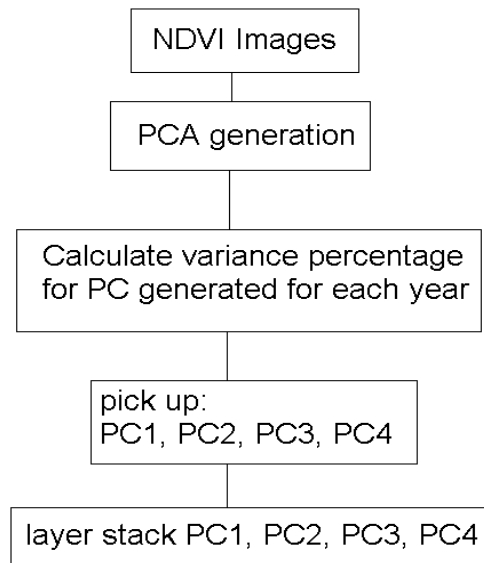
For validation purpose some check points of previous project carried out by FED and high resolution images from Google earth were used. variance.

Principal Component Analysis approach

Principal Component Analysis (PCA) is a linear transformation that chooses a new coordinate system for the data set such that the great-

est variance by any projection of the data set comes to lie on the first axis (then called the first principal component), the second greatest vari-

ance on the second axis, and so forth. It is reduce the dimensionality of the dataset. The first new component will account for maximum



Flowchart 1. Process for generating PCA images

Before generating transformation the first set of PC's the data was picked up seasonal. Was done subset of particular area where the change occurs. It is Assam area where the deforestation process is going on. Each year (1999, 2001, 2004, 2006) has 4 bands (April, June, October, January) as shown in step **A** that was used. These four bands were used as they have seasonal phonological change and these bands can contain useful information. In step **B** second PC of each year (1999 PC2, 2001 PC2, 2004 PC2 and 2006 PC2) was picked up as the representative input data, since we know the

first component has maximum variance indicating that all the unchanged pixels lie along the first PC. We have done the process using first PC but it could not give results. So we used PC2 and found out that it contains change formation.

For defining variance percentage for PC which generated for each year was calculated by equation (1) (Jensen, 1986).

$$(1) \quad p(\%) = \frac{\lambda_p}{\sum_{i=1}^n \lambda_p} * 100$$

where **n** is the number of input bands
and λ_p – Eigenvalue.

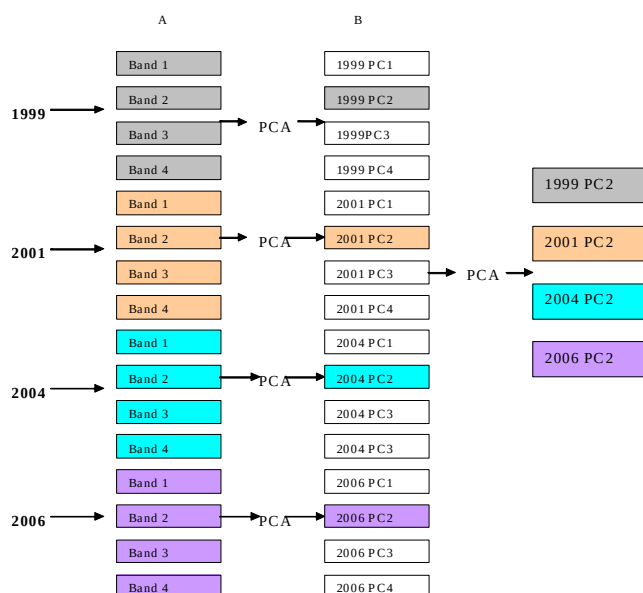


Fig.2. PCA processing for 1999, 2001, 2004, 2006

Interpretation of PC Images

We know that each PC contains different information, so we have to understand what each of the new components represent and how each is contributing to get the change information. Using the covariance values, Eigenvalues and Eigenvectors we can obtain need informa-

tion. For example from the eigenvector and covariance value, the percent of variance contributed by each band to each PC can be calculated as shown in equation (2). Table 3 is shows result for each of the calculation (Jensen, 1986).

$$S_{kp} = \frac{(a_{kp})^2}{\sum_{i=1}^n (a_{(i)p})^2} \times 100 \quad (2)$$

$a(kp)$ – is eigenvector

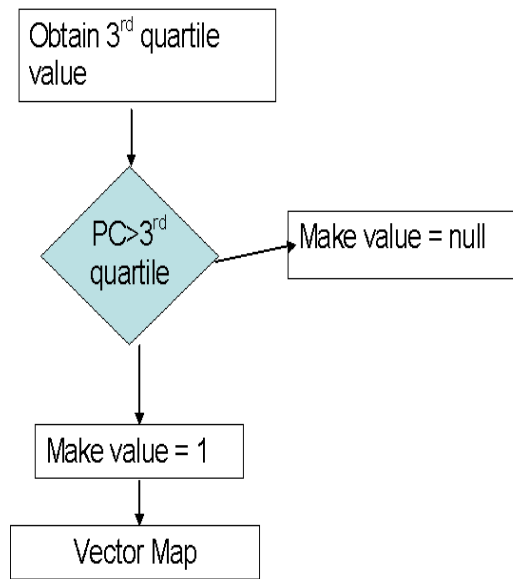
Extracting Change Vectors

After the processing of the images and obtaining results of PC which contains the change information for each year, we can extract the change vectors from them. The flowchart for extracting the change vectors is shown in fig. 5 by statistical calculation the 3rd quartile value can be obtained. The 3rd quartile cuts off the highest 25% of the data; this value is used as the delineating value, as the high PCA values in the PC is considered as change. A raster map depicting change is obtained after making the values less then the 3rd quartile as null. After converting the raster into a vector map, the small areas can be cleaned by defining the threshold depending on the number of pixels needed to be removed. In this study vectors less then 9 pixels were removed, by defining the threshold value as 8100 m

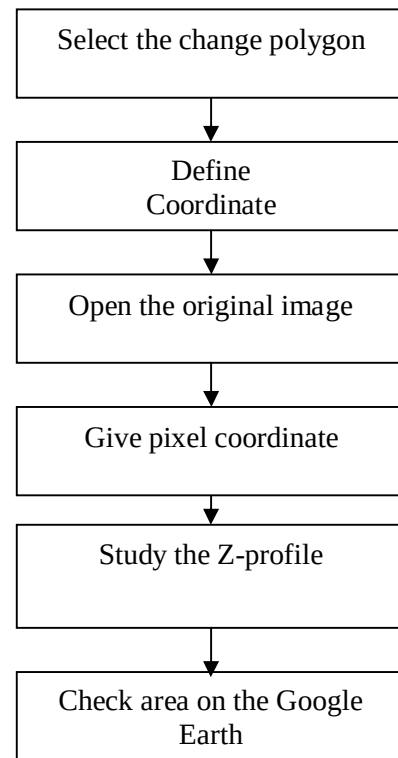
Results and Analysis

We can see that PC1 contain more information than another PC2, PC3, and PC4. But we know from science papers which people have done (Saroj Akoijan, Pham Thi Mai Thy, 2008) that PC1 can content seasonal change, not actual change. So, we should investigate PC2 that contain less actual change information

From Table 3 we can see the percentage variance contained by each band to each PC and it was found that all the three bands contribute equally to PC2. In case of 2001PC2 contributes more PC2 in 2004 PC2 contributes more PC4, and in case of 2006PC2 contributes more PC1. Analyzing this data we have idea of which PC would reveal more information for the different years, during analysis and compare processing we can say which PC carries changes information between the years 1999-2001 can be explained by PC2, the changes between the years 2004-2006 can be explained by PC3, 2001-2004 by PC4.



Flowchart 2. Change Vector map extraction



Flowchart 3. Validation process

Table 2. Eigan value.

Year	Eigenvalue			
1999	0.3708	0.0055	0.0036	0.0015
2001	0.3877	0.0050	0.0036	0.0012
2004	0.3763	0.0079	0.0041	0.0024
2006	0.4671	0.0047	0.0021	0.0000

Table 3. Variance percentage for PC generated for each year.

Year	PC1 (%)	PC2 (%)	PC3 (%)	PC4 (%)
1999	97.21	1.45	0.94	0.40
2001	97.54	1.26	0.90	0.30
2004	96.33	2.01	1.04	0.62
2006	98.58	0.99	0.43	0.006

Table 4. Eiganvector

PC	Eigan vector			
PC1	0.4925	0.4841	0.5396	0.4815
	0.0736	0.6318	-0.7588	0.1399
	0.4667	-0.6054	-0.3601	0.5349
	-0.7309	0.0034	0.0572	0.6801
PC2	0.5552	0.3759	0.4329	0.6026
	-0.1952	0.8874	-0.4101	-0.0790
	0.3184	-0.2593	-0.7978	0.4415
	-0.7432	-0.0634	0.0893	0.6601
PC3	-0.5928	0.5792	-0.5203	0.2060
	0.1752	-0.2813	-0.7430	-0.5815
	-0.6694	-0.7292	0.0072	0.1419
	-0.4120	0.2317	0.4210	-0.7742
PC4	0.5242	0.4247	-0.7381	0.00006
	-0.6159	-0.4095	-0.6730	0.00007
	-0.5881	0.8074	-0.6730	0.00003
	0.00009	0.00004	0.00007	0.00008

Using value from the table 3 was calculated Table 4.

Table 5. Percentage variance contributed by bands.

Date/PC	PC1(%)	PC2 (%)	PC3 (%)	PC4 (%)
1999PC2	19.66	14.22	14.22	30.69
2001PC2	32.35	36.32	7.68	18.73
2004PC2	10.51	29.36	0.009	50.58
2006PC2	37.48	20.10	58.19	0.008

**Polygon checking process Land cover change area
(Included in polygon)**

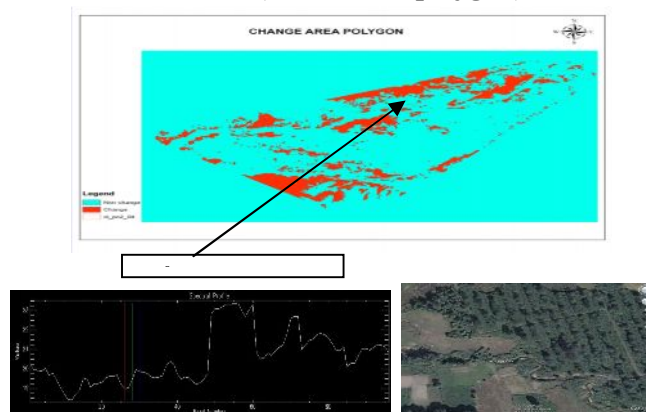


Fig.3 Land cover Change area

After necessary calculations was found relationship between the bands and the principal components. We have known that information helps in revealing what each PC contains for extracting the change vector. The change vector divided two parts change area and non-change area. It was done polygon map. All change pixels is included in polygon. After checking all polygons if we know coordinate this pixel we can check on the original data. The spectral profile shows change.

It was found that PCA method can be applied in time – series change detection and is capable of highlighting few the land cover changes and also changes of the vegetation, but it could not provide properly discrimination between actual changes and phenological changes. Also can not give us quantitative information as to how much change has occurred as the vectors cannot explain the changes separately for each land use.

Conclusion and recommendations

The first Principal Component Analysis highlighted more phenological changes. The second Principal Component highlighted both real and

phenological. The real changes are less in comparison to phenological changes. PCA works well when

applied to small region, when it was applied on entire India it mainly highlighted phenological changes only.

References

1. Byrne, G. F., Crapper, P. F., and Mayo, K. K., 1980. Monitoring land-cover by principal component analysis of multitemporal Landsat data. Remote Sensing of Environment, 10, 175± 184.
2. Colwell J., and Weber, F., 1981. Forest change detection. Fifteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment, 11± 15 May 1981 (Ann Arbor, ERIM), pp. 839± 852.
3. Colwell, J., and Sadowski, F., 1993. Past patterns as a guide for future forest management. Earth Observation Magazine, February, 46± 48.
4. Colwell, J., Davis, G., and Thomson, F., 1980. Detection and measurement of changes in 426 Change vector analysis the production and quality of renewable resources. ERIM Report #145300-4-F, ERIM, Ann Arbor, Michigan.

УДК 543.12

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СПЕКТРАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

Молдобеков К.М., Дакинова З.К.

КГТУ им. И.Раззакова

Изучение распределения амплитудно-частотных характеристик сейсмических волн во времени и в пространстве имеет как научное, так и практическое значение. Результаты таких работ позволяют определить динамические параметры очага, решить задачи инженерной сейсмологии, прогноза землетрясений и оценки сейсмической опасности. В системе сейсмического мониторинга важно автоматическое определение и расчёт спектров колебаний грунта под сейсмической станцией в виде смещений, скорости и ускорений.

В докладе излагаются алгоритмы и программные комплексы выявления спектров сейсмических волн в целях прогноза землетрясений.

Пусть имеется запись i -го землетрясения на такой станции с длительностью τ [сек].

Требуется:

- Определить область записи, для которой будут рассчитаны спектры S- волны;
- построить спектры колебания;
- производить гармонический анализ;
- определить угловую частоту спектра;
- расчёт динамических параметров
- очага землетрясения.

Задача 1. Выделение области определения спектра колебаний во многом зависит от того, для чего используются спектры: если необходимо найти очаговые спектры, то используется начальная часть записи землетрясения (область Р-волны); если требуются амплитудные спектры, то используется область максимумов в S - волне.

В первом случае критерием выделения области определения очагового спектра является длительность $\Delta\tau_1$ начальной части записи Р-волны. По теоретическим данным значения $\Delta\tau_1$ лежат в пределах $1 \div 2$ с [1,2]. Алгоритм выделения $\Delta\tau_1$ состоит в определении временного интервала по известному шагу дискретных отсчётов.

Амплитудные спектры смещений определяются в области максимумов колебаний S - волны. Методика выделения A_{MAXS} были нами ранее разработаны [3].

Здесь предложен следующий критерий выделения участка записи колебания, для которого определяется спектр.

Если определена A_{MAXS} , то в числовом массиве данных определяются значения a и b , которые составляют $0.3 A_{MAXS}$ справа (a) и слева (b) от максимального значения амплитуды колебания S-волны. Далее, производится выборка значений амплитуды смещений на интервале $\pm 0.3 A_{MAXS}$ и формируется файл $A(a_i, b_i)$, где $i=1, 2, \dots$ - номера отсчётов справа и слева от A_{MAXS} до уровня $0.3 A_{MAXS}$, а a и b - соответствующие значения амплитуд смещений.

На рис. (1,а) показана запись землетрясения 14 января 1996 года на станции «Ала-Арча» (ААК), где также показан участок, по которому определяется очаговый спектр. На рис. (1,б) этот участок записи представлен в развёрнутом виде.

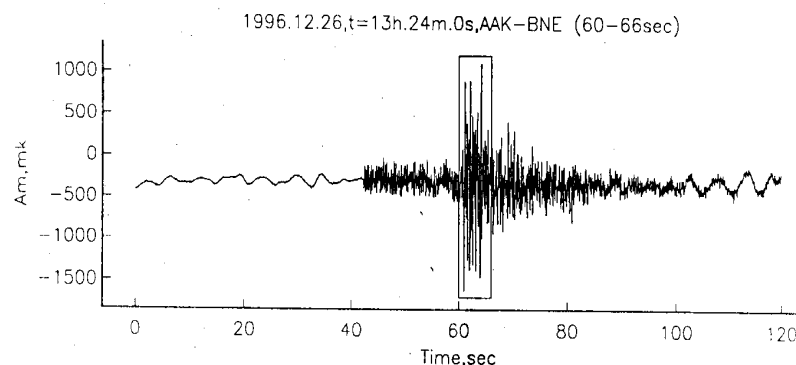
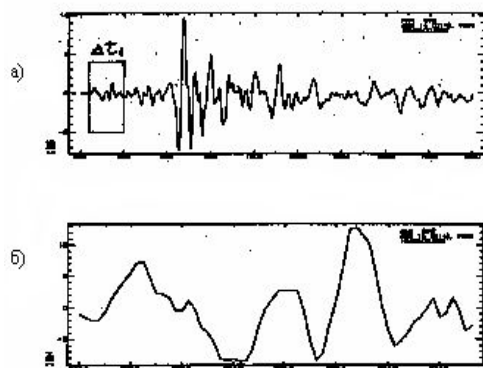


Рис.1

На рис.2 показаны записи землетрясения 26.12.96 г. на станции «Ала-Арча» (ААК)



Как видно, область $\pm 0.3 A_{MAXS}$ выделена в рамку.

Для этого участка рассчитывается амплитудный спектр.

Задача 2. Расчёт очагового и амплитудного спектров производится Фурье-анализом. Результаты расчета амплитудного

спектра для выделенного (см. рис.2) участка записи землетрясения показаны на рис.(3,б).

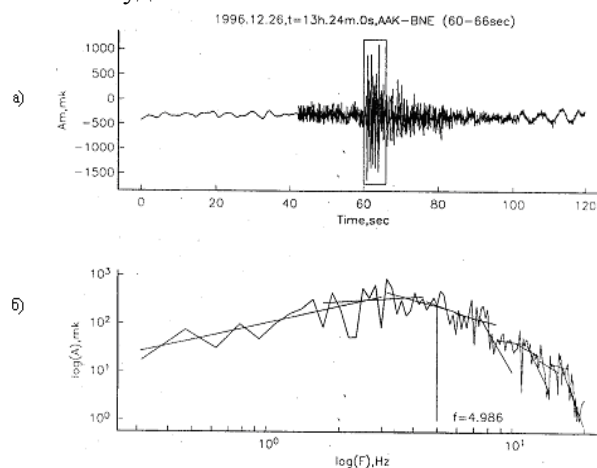


Рис.3

Задача 3. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение расчета значения угловой частоты ω_0 по амплитудному спектру. Поиск ω_0 производится методом скользящих интервалов. При этом длина интервала и шаг скольжения выбираются экспериментально. Суть метода заключается в отыскании тангенса угла наклона в каждом выделенном скользящем интервале и в их последовательном сравнении между собой, т.е. если α_i значение угла на i -м интервале, а α_{i+1} на следующем шаге, то их разность варьирует в пределах η , где $\eta \gg 0$. Процесс "скольжения" продолжается до тех пор, пока производная функции на последовательных интервалах не превращается в нуль. При выполнении этого условия отыскивается точка пересечения прямых последнего и предпо-

следнего интервалов. Координаты этой точки и дают ω_0 .

На рис.4 показаны спектры серии землетрясений и их угловые частоты (цифры на фиксированных точках). На рисунках нанесены интервальные линии по которым определялись производные функции (тангенсы угла их наклонов).

Разработана программа определения ω_0 и графического построения спектров.

Задача 4. Гармонический анализ записи колебаний сводится к Фурье анализу гармонических составляющих спектров Р - и S - волн. При этом изучаются изменения амплитуд и частоты гармоник во времени и в пространстве для прогнозных целей.

На рис.5. показана блок-схема реализации вышеописанных алгоритмов.

Литература

1. Грудева Н.П., Левшин А.Л. и др. Спектрально-временной анализ сейсмических волн. В сб.: Теоретическая и вычислительная геофизика. № 1, М.: Межведомственный геофизический комитет АН СССР. 1974, 5-15 с.
2. Аки К., Ричарде П. Количественная сейсмология. М.: "Мир", кн. II, 1983.880 с.
3. Молдобеков К.М., Мамыров Э., Молдобекова С. И др. Технология и алгоритмы обработки аналого-цифровых записей землетрясений. //Наука и новые технологии.-№3.-Бишкек: МОН и КР.1997.с.67-76.

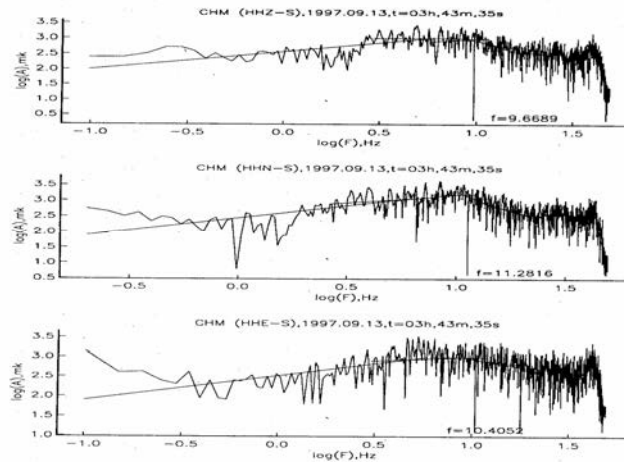


Рис.4

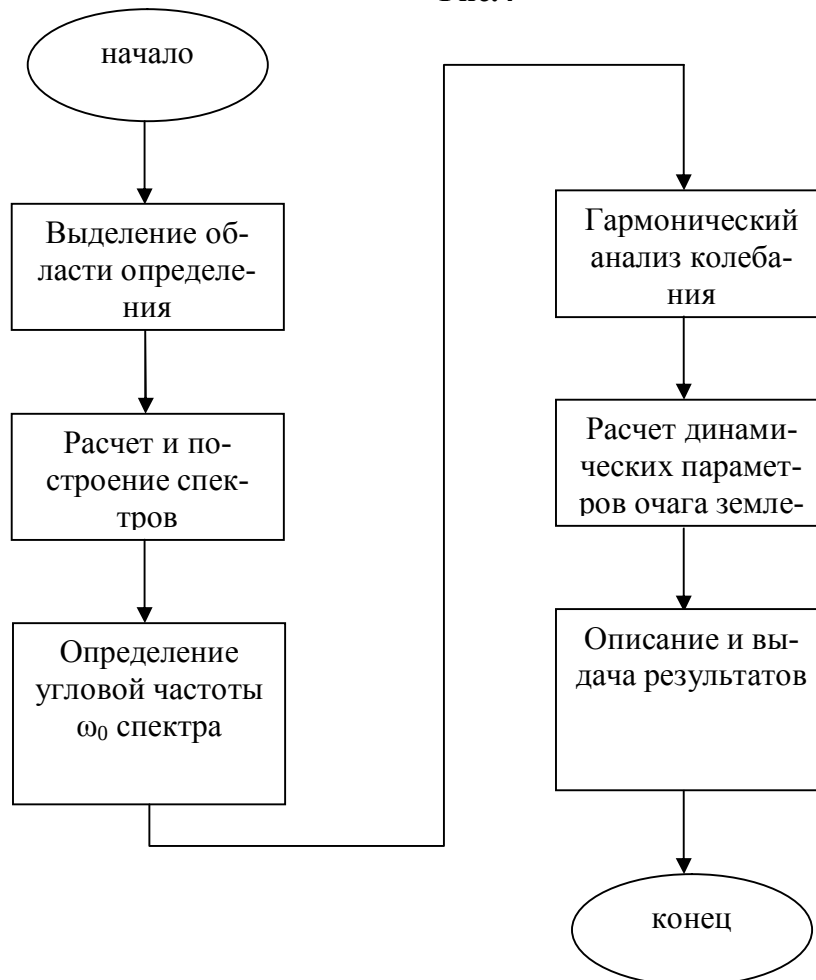


Рис. 5.

УДК: 621.317.08 (075.08)

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ АМПЕРМЕТР

Каримов Б.Т., Елкин М.Ю., Кыдыралиев М.С.

КГТУ им. И.Раззакова

В данной статье описано измерение дифференциальным методом отклонения от нулевого значения электрического тока и мощности. Показан один из вариантов применения в бытовых сетях потребления электроэнергии.

Методы измерений можно классифицировать по различным признакам. Для метрологического анализа важными являются традиционные классификации, основанные на следующих признаках:

- физический принцип, положенный в основу измерения;
- режим взаимодействия средства измерений с объектом;
- вид применяемых средств измерений;
- вид хранителя единицы физической величины и характер измерительных операций.

По первому признаку все методы измерений делятся на электрические, магнитные, акустические, оптические и т.д. По режиму взаимодействия их можно разделить на статические и динамические, контактные и бесконтактные методы. По виду применяемых средств измерений - на аналоговые и цифровые. По последнему признаку выделяют следующие основные

методы измерений:

- метод отклонений:
 - простой метод отклонений;
 - дифференциальный метод отклонений;
- нулевой метод:
 - компенсационный метод;
 - метод замещения.

Конкретному методу измерений соответствуют определенные измерительные действия, структура построения измерительной системы, а также алгоритм определения результата измерения.

Устройство дифференциального амперметра

Дифференциальный амперметр – простейшее электроизмерительное устройство, в котором использован дифференциальный метод отклонения электрического тока от нулевого значения. На рис. 1. показано изображение данного устройства.

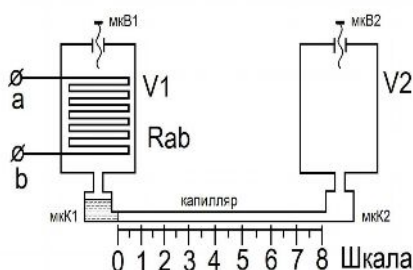


Рис.1.

Электроизмерительное устройство состоит из двух абсолютно идентичных в геометрическом смысле и герметичных полостей или объемов V1 и V2 со встроенными микровинтами мкВ1 и мкВ2 (предназначенными для точной настройки нулевого отсчета шкалы) и капиллярно соединенными с также идентичными микрокюветами мкК1 и мкК2 между которыми размещается прозрачный демонстрационный капилляр со шкалой, что в целом представляет собою систему из двух сообщающихся сосудов. Микрокювета мкК1 заполняется яркими чернилами на основе спирта или воды, а микрокювета мкК2 служит для сбора чернил или их избытков воз-

никающих во время работы. Условие идентичности:

$$V1 \pm \Delta_{мкВ1} = V2 \pm \Delta_{мкВ2}; (1).$$

Для чего необходимо соблюдение условия идентичности становится понятно из рис.2. Обе полости V1 и V2 в геометрии не имеют никаких ограничений, это могут быть две сферы или полусферы, два прямоугольника или две трапеции и т. д. Здесь важна их одинаковость как в объеме так и в размерах. Система из двух сообщающихся герметичных сосудов постоянно находится под воздействием внешних факторов как то температура, давление, влажность, радиация и др. Под воздействием внешних факторов обе

полости претерпевают геометрические изменения, изменения размеров и объемов но в целом именно в силу идентичности обоих :

сосудов, равновесие системы не нарушается.
Условие равновесия системы

$$P_{V1} \pm \Delta P_{\text{внешн}} = P_{V2} \pm \Delta P_{\text{внешн}}; \quad (2).$$

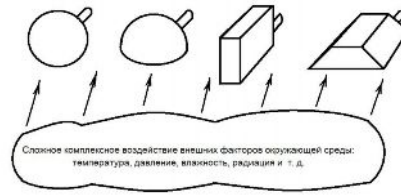


Рис. 2.

Таким образом, однажды настроенная измерительная система должна сохранять свои параметры, т.е. равновесие, при перемещении в любую другую точку планеты. Даже, если вывести измерительную систему на околоземную орбиту, она должна сохранять равновесие, если при этом не нарушится ее работоспособность.

Как видно из рис.1, в полость V1 введено активное сопротивление R_{ab} . При протекании электрического тока (постоянный или переменный роли не играет, т.е. ток любой формы и направления) по проводнику R_{ab} на нем будет выделяться тепло пропорциональное величине тока в квадрате:

$$Q_{V1} = I^2 \cdot R_{ab}; \quad (3).$$

Равновесие системы при этом будет нарушено, система перейдет в движение до тех пор, пока условие равновесия не будет восстановлено, что и отразится на ее показаниях. При отключении нагрузки (когда $I=0$) система возвратится в исходное состояние. Если же мы введем аналогичное сопротивление R_{cd} в полость V2 ($R_{cd}=R_{ab}$) и включим их последовательно, то на обоих проводниках будет выделяться одинаковое количество тепла, равновесие системы нарушено не будет и мы ничего не увидим. Отсюда видно, что процесс измерения системы в целом основан на разностных тепловыделениях объемов V1 и V2 откуда и название системы – дифференциальный метод измерения:

$$\Delta l = K \cdot (Q_{V1} - Q_{V2}); \quad (4).$$

Здесь Δl – величина показания по шкале прибора. K – коэффициент пропорциональности. Здесь же хорошо видно что полости V1 и V2 должны быть адиабатически взаимоизолированными, т.е. теплопроводность между объемами V1 и V2 должна быть сведена к нулевому значению, что вполне разрешимо в конструктивном плане, это прежде всего - их разнесение как можно дальше друг от друга.

Демонстрационный капилляр должен быть прозрачным и заполняться яркими чернилами, для хорошей видимости. Форма же капилляра не критична. Это может быть прямая, дуга, наконец, синусоида или пила, что угодно, но выбирать нужно из лучших демонстрационных качеств. Выбор же материала для капилляра - прежде всего это гидрофобность по отношению к чернилам для того, чтобы капилляр не засорялся капельками во время работы и легко отслеживал показания по шкале, что способствует лучшей наглядности. Сам же капилляр, его канал должен иметь прямоугольную форму. Здесь имеют место две разновидности капилляра: с равномерной шкалой или с логарифмической шкалой, либо и то и другое в одной шкале, то есть с частично логарифмической шкалой – для удобства наблюдения показаний. Смотрите рис.3.

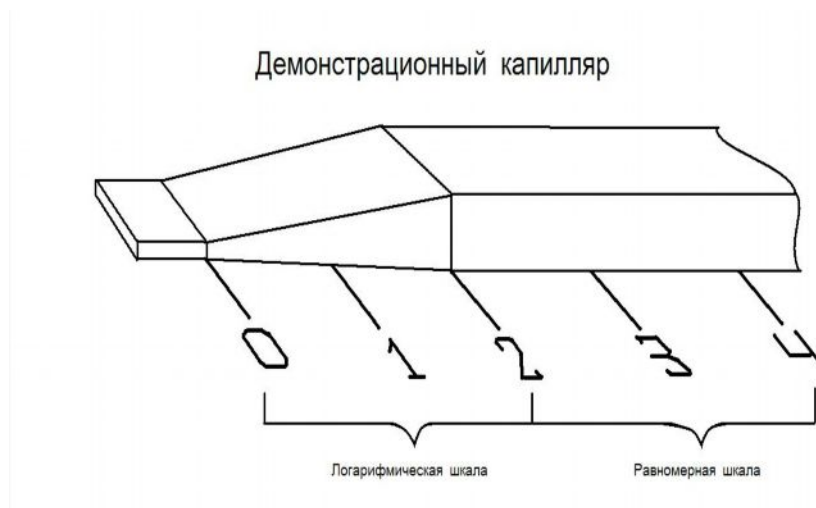


Рис. 3.

Бытовая электрическая розетка

В соответствии с формулой (3), прибор может быть отградуирован в токовых и мощностных единицах и единицах мощности одновременно. На рисунке 4 показан один из возможных вариантов применения данного прибора в розетках электрического питания бытовых потребителей электроэнергии. Как видно на рисунке 4, один из возможных вариантов применения данного метода – бытовая розетка. При включении нагрузки сразу видно в каком состоянии потребитель электрической энергии, в номинальном или

ненормальном режиме работает потребитель, зная заведомо его мощность. На лицевой стороне нанесена цветовая шкала показывающая уровень пожароопасности для электрической сети. Зеленый сектор (до 1кВт) – безопасный уровень потребления, желтый (до 3кВт) – номинальный уровень, красный (до 5кВт) – опасный. Эти уровни действительны для большинства бытовых сетей выполненных медным проводом сечением 1,5 мм².

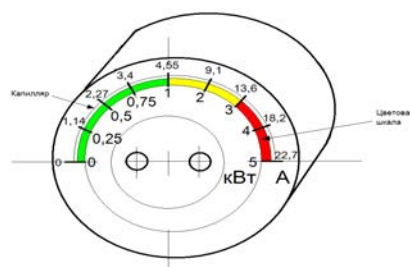


Рис. 4.

Для сетей выполненных другим диаметром нужно пересчитывать эту шкалу.

Этот же метод измерения можно применить для измерения и изготовления приборов: автономный амперметр для зарядных устройств, вольтметр, ваттметр, психрометр (влажность воздуха), барометр (атмосферное давление) и измерителей источников радиации (солнце, печь) и измерителей электромагнитного излучения.

Литература

1. Б.Я.Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Дюшин. Основы метрологии и электрические измерения. Ленинград. Энергоатомиздат. 1987г., с. 270
2. В.И. Неведов, В.И. Хахин. Метрология и радиоизмерения. Москва. Высшая школа. 2003г., с.280
3. О.В. Доброневский. Справочник по радиоэлектронике. Киев. Высшая школа. 1971г., с. 310

УДК: 004.42:004.451.84

ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАБОТЫ С ОНТОЛОГИЯМИ

В.Ф. Бабак, С.Н. Каткова.

КГТУ им. И. Раззакова

В статье рассмотрены известные инженерные средства работы с онтологиями, основные функции и возможности данных инструментов, их достоинства и недостатки, а также дан сравнительный анализ.

Known engineering facilities of the work are considered in article with ontology, main functions and possibility data instrument, their value and defect, as well as is given benchmark analysis.

Построение онтологий – сложный и занимающий много времени процесс. Чтобы облегчить его, в середине 90-х годов начали создаваться первые среды для процесса разработки онтологий. Они обеспечили интерфейсы, которые позволили выполнять концептуализацию, реализацию, проверку непротиворечивости и документирование. За последние годы число инструментов онтологий резко возросло (сайт консорциума W3C, например, предоставляет список более чем 50 инструментов редактирования) [1].

Инженерию онтологий можно определить как совокупность действий, касающихся:

- процесса разработки онтологий;
- жизненного цикла онтологий;
- методов и методологий построения онтологий;
- набора инструментов и языков для их построения и поддержки.

В настоящее время для создания и поддержки онтологий существует целый ряд инструментов, которые помимо общих функций редактирования и просмотра выполняют поддержку документирования онтологий, импорт и экспорт онтологий разных форматов и языков, поддержку графического редактирования, управление библиотеками онтологий и т.д.

Выберем наиболее популярные инструменты. На основе статистического исследования популярности онторедкторов по их упоминаемости в поисковой системе Google за 21.03.2009 получили результаты, представленные на .

Вывод по результатам исследования наиболее популярными оказались онторедкторы Protégé, OntoEdit, Ontolingua, OilEd. Из них, бесспорно, самый популярный - редактор Protégé. Проведем более глубокий сравнительный анализ имеющихся на рынке редакторов, представим его в виде Таблицы 1 [4].

Инструменты построения онтологий можно разделить на два типа: разработанные для редактирования онтологий на определенном языке онтологий и интегрированные наращиваемые инструментальные сайты (Web-приложения, на основе форм HTML и/или

Java-апплетов), большинство из которых не зависит от языка представления.

Из таблицы наглядно видно, что наиболее перспективными редакторами для работы с онтологиями являются: Protégé, OntoEdit, OilEd. Однако, OntoEdit в основном это лицензированный редактор, а значит дорогой. В OilEd используется дескриптивная логика в отличие от всех остальных редакторов. Protégé при всех его многочисленных достоинствах распространяется через Интернет бесплатно. Это все обосновывает большую популярность Protégé среди широкого круга специалистов.

На основе проведенного сравнительного анализа не остается никаких сомнений в выборе Protégé в качестве онтоинструмента.

Protégé [4] – локальная, свободно распространяемая Java-программа разработанная группой медицинской информатики Стенфордского университета (первая версия – 1987, последняя Protégé-2.11 – июнь 2004).

Программа предназначена для построения (создания, редактирования и просмотра) онтологий прикладной области. Её первоначальная цель – помочь разработчикам программного обеспечения в создании и поддержке явных моделей предметной области и включении этих моделей непосредственно в программный код. Protégé включает редактор онтологий, позволяющий проектировать онтологии, разворачивая иерархическую структуру абстрактных или конкретных классов и слотов. Структура онтологии сделана аналогично иерархической структуре каталога. На основе сформированной онтологии Protégé может генерировать формы получения знаний для введения экземпляров классов и подклассов.

Инструмент имеет графический интерфейс, удобный для использования неопытными пользователями, снабжен справками и примерами. Protégé основан на фреймовой модели представления знания ОКВС (Open Knowledge Base Connectivity) и снабжен рядом плагинов [4], что позволяет его адаптировать для редактирования моделей хранимых в разных форматах (стандартный текстовый, в базе данных JDBC, UML, языков

XML, XOL, SHOE, RDF и RDFS, DAML+OIL, OWL).

Создаваемую нами онтологию для решения поставленной задачи «аудита знаний и компетенций профессорско-преподавательского состава ВУЗа» нам представляется необходимым описать в формальном виде на языке OWL (Ontology Web Language) [3] с использованием редактора Protege версии 3.4. Графический интерфейс редактора позволяет специалисту в области управления знаниями визуально конструировать онтологию, не задумываясь о том, как она будет храниться в памяти компьютера.

Для формализации онтологий на языке OWL и работы с ними используется соответствующее расширение Protege OWL-плагин [3].

OWL-плагин - это комплексное расширение редактора, с помощью которого можно работать как с файлами, так и с базами данных. Плагин объединяет в себе набор надстроек над базовой функциональностью редактора Protege, специально созданных для работы с OWL. Плагин предоставляет сервисы для классификации, проверки целостности и тестирования OWL-онтологий. Основное окно редактора показано на рис.2.

OWL (язык веб-онтологий) является самым популярным языком представления онтологий. Язык XML (Extensible Markup Language) стал первым (по началу думали, что единст-

венным) шагом в проекте Semantic Web. Его исходные идеи:

- разрешить использовать произвольные теги
- теги, предназначенные для описания понятий некоторой предметной области, определять в специальных словарях – DTD (X-Schema).

Дальнейшее развитие Semantic Web (создание единого web-языка для взаимодействия программных систем) потребовало формирования более выразительного механизма описания смысловых понятий, чем DTD или X-Schema. Таким механизмом и призван стать язык OWL (Ontology Web Language).

Литература

1. Тузовский А.Ф., Чириков С.В., Ямпольский А.Ф. Системы управления знаниями (методы и технологии). Томск:Изд-во НТЛ,2005. 260 с.
2. IMS Learner Information Package <http://www.imsproject.org/aboutims.html2>.
3. W3C, "OWL Web Ontology Language Overview, W3C Recommendation 10 February 2004," <http://www.w3.org/TR/owl-features/> W3C, "Resource Description Framework (RDF)", <http://www.w3c.org/RDF>.
4. О.М. Овдей, Г.Ю. Проскудина, Обзор инструментов инженерии онтологий.

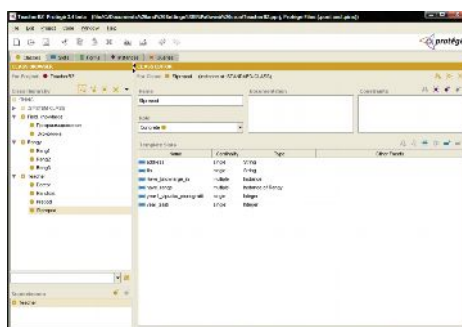


Рис.2. Основное окно редактора OWL- Protege 3.4.

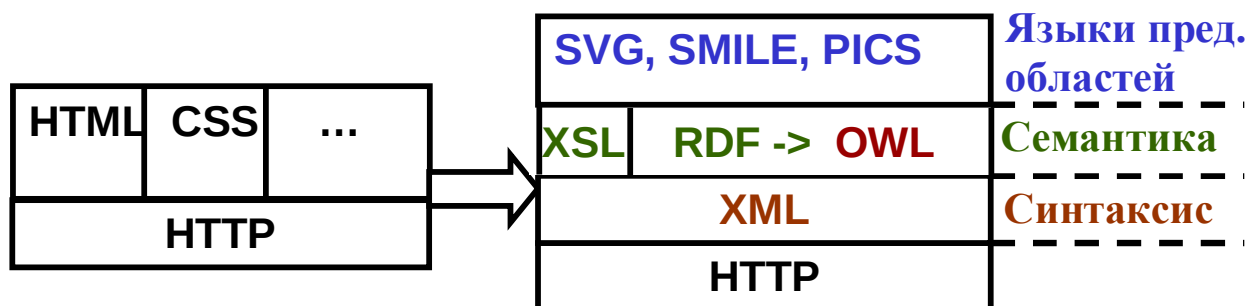


Рис.3. Схема развития web-языка

Наименование онто-инструментов	Особенности инструментов	Положительные или отрицательные стороны
1. Архитектура программного обеспечения		
OntoEdit Professional	Открытый код, свободный доступ к функциям	лицензированный продукт
Ontolingua, OntoSaurus, WebOnto	Клиент - серверная	
Protégé, OntoEdit, OilEd	3-х уровневая архитектура	<i>Существует четкое разделение между хранением онтологий, модулями бизнес-логики приложений и приложениями интерфейса пользователя</i>
2. Расширяемость		
Protégé, OntoEdit, OilEd	Использование плагинов	<i>Большие возможности по наращиванию онтологий</i>
3. Способы хранения онтологий		
Ontolingua, OntoSaurus, WebOnto	Хранение онтологий в текстовых файлах	Ограничение размеров онтологий
Protégé и WebODE	Хранение онтологий в базах данных	<i>Возможность управлять большими онтологиями</i>
4. Язык		
Большинство онтологий	Реализация на языке Java	<i>Совместимость</i>
5. Используемый математический аппарат		
Все онтологии, кроме OilEd и OntoSaurus	Комбинация фреймов и логики первого порядка (First Order Logic - FOL)	<i>Единообразие в использовании мат. аппарата</i>
OilEd и OntoSaurus	В основе дескриптивная логика (DL)	
OilEd, OntoEdit Professional, Protégé и WebODE	Предоставление некоторой поддержки в написании формальных аксиом и сложных выражений.	<i>Дополнительная поддержка для осуществления математических описаний</i>
6. Интерфейс пользователя редакторов онтологий		
Ontolingua, OntoSaurus, WebODE	Web-приложения на основе форм HTML	
WebOnto	Java-апплеты	
Protégé, OntoEdit, OilEd	Локальное приложение	<i>Мобильность установки на PC</i>
Графические средства редактирования и просмотра онтологий		
Все редакторы онтологий за исключением OilEd, Ontolingua и OntoSaurus	Обеспечивают графические средства редактирования и просмотра онтологий	<i>Наглядность онтологий</i>

УДК 62-50

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ

Салиев А.Б., Кононов Р.А.

КГТУ им. И.Раззакова

В работе рассматривается проблема составления расписания занятий для вуза как оптимизационная задача, наиболее важным и отличительным элементом которой является выбор целевой функции. Рассматривается вариант целевой функции основанной на экономических характеристиках параметров определяющих эту функцию. И приводится пример расчета целевой функции для реального расписания.

We consider the problem of scheduling classes for the university as an optimization problem, the most important and distinctive element of which is the choice of objective function. A variant of the objective function based on the economic characteristics of the parameters defining this function. And examples of calculation of the objective function for the real timetable.

В большинстве случаев разработка расписания занятий ВУЗ'а является многоэтапным процессом, который может быть разделен на три этапа: формирование первоначального расписания [1,2,3], его глобальная (все расписание в целом) и локальная (расписания отдельных курсов, специальностей, преподавателей той или иной кафедры и т.п.) оптимизации.

Одно и то же расписание занятий для одних учебных групп и преподавателей может быть приемлемым, а для других – оказаться неудобным. Любая оптимизация у одних, как правило, влечет изменение расписания у других. Поэтому следует отметить, что построение оптимального расписания является зачастую далеко не тривиальной задачей. Вместе с тем во многих ситуациях построение допустимых расписаний не вызывает сколько-нибудь серьезных затруднений, и речь идет о выборе среди них наилучшего в том или ином смысле расписания. С этой целью становится необходимым использовать определенный критерий оптимальности расписания.

Под критерием оптимальности обычно понимают количественную оценку оптимизируемого качества объекта, по которому судят о том, насколько хорошо функционирует технологическая система, работает данный процесс, и т.д., а также, насколько хорошо решена задача оптимизации. Этот показатель является одним из выходов системы и к нему предъявляются следующие требования: Он должен выражаться количественно, быть единственным, изменяться монотонно, отражать наиболее существенные стороны процесса, иметь ясный смысл и легко вычисляться.

На основании выбранного критерия оптимальности составляется целевая функция, представляющая собой зависимость критерия оптимальности от параметров, влияющих на ее значение. Вид критерия оптимальности или целевой функции определя-

ется конкретной задачей оптимизации. Таким образом, задача оптимизации сводится к нахождению экстремума некоторой целевой функции.

Выбор критерия оптимальности. В более общей постановке оптимальной задачи (в планировании, экономике, производстве товаров, использовании ресурсов и услуг и т.п.) критерий оптимальности выражается в виде экономической оценки (производительность, себестоимость продукции, прибыль, рентабельность).

В задаче составления расписания, сложно выбрать универсальный критерий оптимальности, так, как для каждого элемента системы (расписания) этот критерий будет своим. (Для учебных групп и преподавателей, например, это чисто субъективное представление об удобном расписании).

В качестве целевой функции могут быть использованы следующие критерии оценки расписания:

- количество "окон" преподавателей;
- равномерность распределения преподавателей по количеству "пар" в день;
- распределение количеств рабочих дней каждого преподавателя в обе (четные и нечетные) недели;
- распределение занятий учебных групп по дням и "парам" обеих недель;
- количество "окон" учебных групп;
- равномерность распределения учебных групп по количеству "пар" в день;
- загруженность аудиторного фонда;
- равномерность занятий групп для различных недель;
- разница в "парах" за обе недели;
- сходство расписаний обеих недель.

В условиях рыночной экономики, когда экономическая составляющая деятельности вуза, основана на контрактных средствах, поступающих за обучение студентов, вопрос о количестве этих средств и их расходовании

становится важнейшим для каждого вуза. В такой ситуации выбирать критерии имеет смысл, опираясь на экономический смысл этих критериев, в частности - определяя затраты по каждому критерию в денежном эквиваленте, вычислять «стоимость» расписания в целевой функции. (Например, если взять такие критерии как количество окон в определенной аудитории и количество окон у преподавателя, возникает спорный вопрос какой из критериев важнее. Экономическая «стоимость» часа преподавателя и часа затрат аудитории несомненно и бесспорно даст наиболее выгодный в экономическом плане ответ). При таком подходе будет возможно все критерии вычислить количественно в денежном выражении, сравнить их и выбрать из них наиболее выгодную; целевая функция будет иметь четко выраженный экономический характер.

Критерий на основе экономической оценки стоимости расписания

Учитывая выше сказанное, нами предлагается перевести имеющиеся свойства (составляющие расписания) на экономические показатели, выражающие стоимости расходов (доходов) получаемых от этих составляющих при том, или ином расписании.

Итак, каким образом можно оценить стоимость расписания преподавателя, так как каждый преподаватель имеет определенное количество часов по плану, то уменьшить количество педагогической нагрузки, тем самым, снизив стоимость расписания, мы не сможем.

Поэтому оптимизировать расписание преподавателей мы сможем следующим образом:

- 1) Уменьшить количество окон в расписании преподавателя (каждое окно имеет определенную стоимость равную ставке преподавателя * время окна, преподаватель просто теряет эти деньги)
- 2) Увеличить количество свободных дней преподавателя (максимально загрузив рабочие дни, если день загружен наполовину или меньше преподаватель также теряет деньги на этом)

Оптимизировать и оценить расписание групп студентов мы

В итоге целевая функция примет следующий вид

$$Kt = \sum (Wt_j * HRt_j + Dt_j * DRt_j) \quad (1)$$

$$Kg = \sum (Wg_i * HRg_i + Sg_i * SCg_i * Pg_i) \quad (2)$$

$$Ka = \sum (Pa_k * HRA_k + Wa_k * WHRA_k + Oa_k * HRA_k) \quad (3)$$

$$S = Kt + Kg + Ka \quad (4)$$

,

сможем следующим образом

- 1) Уменьшить количество окон в расписании студентов – каждое окно можно оценить в определенную сумму денег, вычислив стоимость обучения студентов и разделив на количество часов в программе
- 2) Определить правильную последовательность занятий (например лекции->практика, или 2 пары подряд по одному предмету), оценить данную последовательность можно вычислив насколько пострадает качество образования студента если данная последовательность не будет соблюдаться (опять же контракта умноженная на вероятность потери доверия к данному направлению)
- 3) Равномерность расписания обеих (четных и нечетных) недель – данный параметр влияет на посещаемость занятий, и выразить его можно через цену контракта умноженного на вероятность недоверия к данному учебному направлению

Оценить использование аудиторного фонда мы предлагаем следующим образом

- 1) Определить стоимость проведения занятий в аудитории - аудитория может подходить по размеру, оборудованию, но возможен случай, когда университет арендует помещение этой аудитории или аудитория имеет высокую степень амортизации (этот параметр может быть как положительным, так и отрицательным – в случае если необходимо проводить занятия именно в этой аудитории)
- 2) Уменьшить количество окон использования аудиторного фонда в целях уменьшения его амортизации (опять же определить стоимость окна и умножить на количество окон)
- 3) Оптимизировать использование аудиторий для занятий студентов по подгруппы, при этом расчеты просты – сумма, которая экономиться при одновременном использовании аудиторий.

где Wt_j – количество окон у j -го преподавателя, HRt_j – часовая ставка j -го преподавателя, Dt_j – количество дней на сколько возможно уплотнить расписание преподавателя, DRt_j – дневная ставка преподавателя. Wg_i – количество окон у i -ой группы, HRg_i – часовая «ставка» i -ой группы, Sg_i – количество пар размещенных в неправильной последовательности у i -ой группы, SCg_i – сумма контракта i -ой группы, Pg_i – вероятность потери доверия i -ой группы. Pa_k – количество пар проводимых в k -ой аудитории, HRA_k – стоимость часовой аренды k -ой аудито-

“Расписание учебных занятий групп”

рии, Wak_k – количество окон в k -ой аудитории, $WHRA_k$ – стоимость часа простоя k -ой аудитории, Oa_k – количество групп которые одновременно занимаются в k -ой аудитории.

В качестве иллюстрации, приведем примеры расчета целевой функции для оценки качества расписания с использованием экономического подхода.

Рассмотрим следующее, простейшее расписание занятий для 3 групп, расписание одного преподавателя и расписание одной аудитории

Таблица.1

		ФМЭУ-204А МГТ	ФМЭУ-204Б МГТ	ФМЭУ-205 МГТ
пон	8-15			
пон	9-55	Физкультура (ауд.1401)	Физкультура (ауд.1401)	Физкультура (ауд.1401)
пон	11-35	АНГЛ.ЯЗ. Денисова В.В. (ауд.1418)	АНГЛ.ЯЗ. Панова К.Ф. (ауд.1419),	Философия Блохина Ю.В. (ауд.4309)
пон	13-30	Философия Блохина Ю.В. (ауд.1405)	Философия Блохина Ю.В. (ауд.1405)	АНГЛ.ЯЗ. Денисова В.В. (ауд.1409)
пон	15-10		Информатика Грушин В.А. (ауд.3417)	
пон	16-50		Информатика Грушин В.А. (ауд.3417)	
вт	9-55	Информатика Родькина О.Я. (ауд.2118)		
вт	11-35	Информатика Родькина О.Я. (ауд.2118)		
вт	13-30	МОУ Чикова Н.Д. (ауд.3410)		АНГЛ.ЯЗ. Денисова В.В. (ауд.4309)
вт	15-10	Статистика Прохорова Е.С. (ауд.3410)		
ср	11-35	МОУ Савченко В.В. (ауд.4204)	МОУ Савченко В.В. (ауд.4204)	МОУ Савченко В.В. (ауд.4204)
ср	13-30		КСЕ Снегарев И.И. (ауд.1406)	КСЕ Снегарев И.И. (ауд.1406)
ср	15-10	Менеджмент Теплов С.В. (ауд.4309)	Менеджмент Теплов С.В. (ауд.4309)	Менеджмент Теплов С.В. (ауд.4309),
ср	16-50		Статистика Прохорова Е.С. (ауд.4207)	Статистика Прохорова Е.С. (ауд.4207)

Таблица.2 “Расписание проведения учебных занятий в аудитории ”

ауд.4309	Философия Блохина Ю.В.	ФМЭУ-205 МГТ	пон	11-35-13-30
ауд.4309.	Менеджмент Теплов С.В	ФМЭУ-204А МГТ, ФМЭУ-204Б МГТ, ФМЭУ-205 МГТ	вт	15-10-16-40

Таблица.3 “Расписание проведения учебных занятий преподавателем ”

Теплов С.В.	Стратегический менеджмент	ФМЭУ-403А, ФМЭУ-404МГТ	вт	13-30-15-10	4307

Теплов С.В.	Менеджмент	ФМЭУ-306Б ДОУ	вт	15-10-16-40	1406
Теплов С.В.	Менеджмент	ФМЭУ-204А МГТ, ФМЭУ-204Б МГТ,	ср	15-10-16-40	4309
Теплов С.В.	Менеджмент	ФДО-302КТ	чет	8-15-9-55, 9-55-11-35	1115
Теплов С.В.	Стратегический менеджмент	ФМЭУ-403Б	чет	15-10-16-40	4309
Теплов С.В.	Менеджмент	ФИН, ФМЭУ-207Б ФИН	пят	13-30-15-10	1406

Итак, попробуем применить экономический подход к оценке качества данного расписания

- 1) Расписание преподавателей, оценив расписание в табл. 3 мы получим следующее: в четверг преподаватель имеет 2 окна в расписании (с 11-35 до 15-10), поэтому добавляем в стоимость расписания ставку преподавателя, умноженную на 2 (количество окон). Также мы видим, что расписание преподавателя очень разреженное и можно как минимум сократить его до 2 дней, освободив соответственно 2 рабочих дня, поэтому добавляем $2 \cdot 8 \cdot$ ставку преподавателя к стоимости расписания.
- 2) Расписание групп студентов, в предоставленном расписании (табл1) мы видим 2 окна, соответственно добавляем к стоимости расписания $2 \cdot$ стоимость часа этой группы студентов. Относительно последовательности пар и равномерности мы объективно оценить не можем по причине неполного расписания.
- 3) Расписание аудитории также предоставляет мало информации, но мы можем стоимость проведения занятий в аудитории, она будет равна часовой аренде аудитории $\cdot 2$ (количество занятий), эту цифру добавляем к нашим затратам на расписание, как мы видим во вторник в этой аудитории одновременно занимается 3 группы, что является экономией на аренде данной аудитории, экономия составит часовая аренда $\cdot 2$ (количество групп - 4)

1), эту сумму мы минусуем от стоимости расписания.

Данный метод оценки является, на наш взгляд, наиболее приемлемым для вуза и достаточно объективным, так как для оценки используются сравнимые величины (затраты вуза) и конечная оценка понятна любому пользователю системы. Использование данного критерия позволяет выбирать расписание намного тщательней и в результате получить расписание, максимально удовлетворяющее нуждам всех участников рабочего процесса.

Литература

1. Клеванский Н.Н., Кашин С.С. Метод формирования расписания занятий университета // Образовательные технологии: Научно-технический журнал №2. – Воронеж: Научная книга, 2006 – с. 83 – 87.
2. Э.Г. Коффман "Теория расписаний и вычислительные машины". М.: Наука, 1984.
3. Новикова Н.М. "Основы оптимизации" курс лекций http://www.ccas.ru/depart/malashen/53_kmsu.htm
4. Клеванский Н.Н., Макарецова Е.А. Формирование расписания с использованием динамических критериев загруженности // XI Международная конференция-выставка «Информационные технологии в образовании». Часть IV. – М.: МИФИ, 2001. – С. 139-140.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

УДК 531.383

ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ УПРУГОГО ЗВЕНА МАНИПУЛЯТОРА

Маслов А.Н., Меркурьев И.В., Подалков В.В.

МЭИ (технический университет), г.Москва

Рассматривается задача программного управления манипуляционным роботом, одно из звеньев которого обладает распределённой упругой податливостью. Система имеет одну транспортную степень свободы, определяемую вертикальным перемещением, и бесконечным числом степеней свободы упругих колебаний звена. Получена система интегро-дифференциальных уравнений в частных производных, описывающая управляемые колебания системы. Управление осуществляется при помощи вертикально направленной силы, приложенной к основанию упругого звена, и строится в виде кусочно-гладкой функции, обеспечивающей гашение первой формы колебаний к моменту окончания регулирования.

Звенья большинства современных манипуляторов представляют собой стержни кругового или кольцевого поперечного сечения, выполненные из легких и тонких упругих материалов. На точность позиционирования манипулятора существенное влияние оказывают упругие свойства элементов механизма, поэтому при разработке системы управления движением робота необходимо учитывать упругую податливость звеньев.

В [1] разработаны теория и методы расчета динамики механических систем с упругими элементами применительно к манипуляционным роботам, конструкция которых обладает упругой податливостью. Построены оптимальные и близкие к ним законы управления движения манипуляторов с различными кинематическими схемами. В [2-5] построены алгоритмы управления упругим манипулятором в виде линейной обратной связи по вектору состояния системы. Исследована устойчивость процесса управления. В пространстве коэффициентов обратной связи построены области асимптотической устойчивости программного движения робота.

Постановка задачи. Рассматривается робот-манипулятор с упругой стрелой (рисунк). Ставится задача о переносе груза 6, закрепленного на конце упругой стрелы мани-

пулятора 5,4 на заданную высоту z за время t_1 , с гашением к моменту времени t_1 поперечных колебаний стрелы основного тона. Управление движением робота по координате z осуществляется двигателем 2,3, развивающим ограниченную по величине силу F . Робот имеет одну транспортную степень свободы, соответствующую вертикальному перемещению z стрелы в недеформированном состоянии. Парирование поперечных колебаний стрелы по первой форме колебаний позволит существенно повысить точность позиционирования робота.

Уравнение движения робота-манипулятора. Упругие колебания стрелы манипулятора опишем в рамках теории слабого изгиба тонких прямолинейных стержней. Обозначим через $u(x, t)$ - отклонение от недеформированного состояния точки упругой стрелы с координатой x в момент времени t .

Кинетическая энергия системы равна сумме кинетической энергии вала и направляющей – T_* , упругого стержня T_c и груза

T_{zp} :

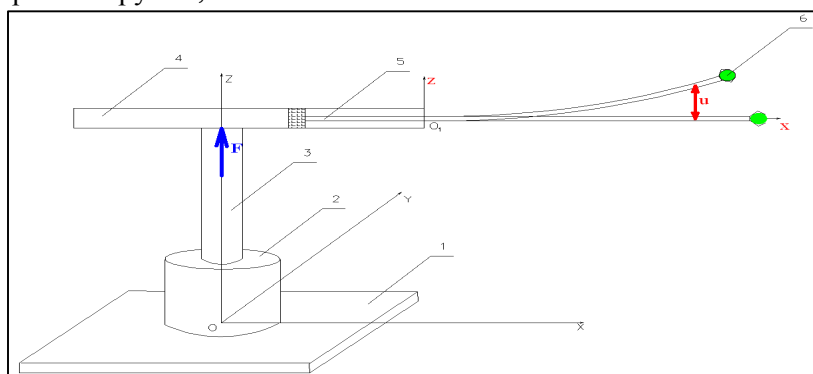


Рис. Манипулятор с упругим звеном

$$T_* = \frac{1}{2} m_* \dot{z}^2, T_c = \frac{1}{2} \rho S \int_0^l (\dot{z} + \dot{u})^2 dx, T_{cp} = \frac{1}{2} m_{cp} (\dot{u}(l, t) + \dot{z})^2 + \frac{1}{2} I_{cp} \dot{u}'^2(l, t),$$

где m_* – суммарная масса вала и направляющей, ρ – плотность материала упругого звена, S – площадь поперечного сечения упругого звена, m_{cp} – масса груза, I_{cp} – момент инерции груза.

Потенциальная энергия системы равна сумме потенциальной энергии поперечных колебаний упругого звена манипулятора с учетом приложенной к ней равномерно распределенной нагрузки:

$$\Pi = \frac{1}{2} EJ \int_0^l u''^2 dx - F(t)z,$$

где E – модуль Юнга материала, J – момент инерции поперечного сечения звена манипулятора, l – длина упругого звена.

С использованием вариационного принципа Гамильтона [7-8], получим систему уравнений движения с граничными условиями:

$$(m_* + m_c + m_{cp})\ddot{z} + \rho S \int_0^l \ddot{u} dx + m_{cp} \ddot{u}(l, t) = F(t), \quad \rho S(\ddot{u} + \ddot{z}) + EJ u^{IV} = 0, \quad (1)$$

$$m_{cp}(\ddot{u}(l, t) + \ddot{z}) - EJ u'''(l, t) = 0, \quad I_{cp} \ddot{u}'(l, t) + EJ u''(l, t) = 0, \quad u(0, t) = 0, \quad u'(0, t) = 0.$$

Проведем нормализацию систем (1). В качестве нормализующего параметра линейной координаты x , прогиба u и переменной z выберем длину упругого звена l .

Введем нормализованные переменные соотношениями:

Выберем масштаб времени $T_0 = l^2 \sqrt{\frac{\rho S}{EJ}}$, характеризующий период собственных колеба-

$$u(x, t) = l u_*(x_*, t_*), \quad z(t) = l z_*(t_*), \quad x = l x_*, \quad t = T_0 t_*.$$

Система (1) в безразмерном виде представляются следующим образом:

$$(1 + \mu_1 + \mu_2)\ddot{z} + \int_0^1 \ddot{u} dx + \mu_1 \ddot{u}(1, t) = \tilde{F}(t), \quad u^{IV} + \ddot{u} + \ddot{z} = 0, \quad (2)$$

$$\mu_1(\ddot{z} + \ddot{u}(1, t)) - u'''(1, t) = 0, \quad j \ddot{u}'(1, t) + u''(1, t) = 0, \quad u(0, t) = 0, \quad u'(0, t) = 0.$$

здесь и далее индекс * опускаем, параметры μ_1, μ_2, j обозначают безразмерные комплексы

$$\mu_1 = \frac{m_{cp}}{m_c}, \quad \mu_2 = \frac{m_*}{m_c}, \quad j = \frac{I_{cp}}{m_c l^2}.$$

Условие ортогональности собственных функций. Уравнение колебаний упругого стержня, один конец которого заде-

лан, а на другом находится нагрузка, описываются дифференциальным уравнением с граничными условиями:

$$\ddot{u} + u^{IV} = 0, \quad (3)$$

$$\mu_1 \ddot{u}(1, t) - u'''(1, t) = 0, \quad j \ddot{u}'(1, t) + u''(1, t) = 0, \quad u(0, t) = 0, \quad u'(0, t) = 0.$$

Разложим функцию $u(x, t)$ в ряд

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} v_n(\Lambda_n x) e^{i\Omega_n t}. \quad (4)$$

При этом первое уравнение (3) приводится к форме

$$v_n^{IV} - \Lambda_n^4 v_n = 0,$$

где $\Lambda_n^4 = \Omega_n^2$, Ω_n – безразмерная частота колебаний. В размерном виде значение частоты Ω_n , определяется соотношением

$$\Omega_n = \frac{\Omega_n}{T_0}.$$

Частотное трансцендентное уравнение имеет вид:

$$1 + \cos \Lambda_n \operatorname{ch} \Lambda_n + j \mu_1 \Lambda_n^4 (1 - \cos \Lambda_n \operatorname{ch} \Lambda_n) + \Lambda_n (\mu_1 + j \Lambda_n^2) (\cos \Lambda_n \operatorname{sh} \Lambda_n - \sin \Lambda_n \operatorname{ch} \Lambda_n) = 0, \quad (5)$$

Балочные функции определяются соотношением:

$$v_n(\Lambda_n x) = C_n \left\{ \cos(\Lambda_n x) - \operatorname{ch}(\Lambda_n x) - \frac{\cos \Lambda_n + \operatorname{ch} \Lambda_n - j \Lambda_n^3 (\sin \Lambda_n + \operatorname{sh} \Lambda_n)}{\sin \Lambda_n + \operatorname{sh} \Lambda_n + j \Lambda_n^3 (\cos \Lambda_n - \operatorname{ch} \Lambda_n)} [\sin(\Lambda_n x) - \operatorname{sh}(\Lambda_n x)] \right\}. \quad (6)$$

Константы C_n определяются из условия нормировки собственных функций.

После разложения в ряд по собственным формам функции $u(x, t)$ и выполнения

несложных манипуляций для различных значений собственных чисел n и k , получим следующее условие ортогональности:

$$\langle v_k, v_n \rangle = \int_0^1 v_k v_n dx + \mu_1 v_k(1) v_n(1) + j v_k'(1) v_n'(1) = \delta_{kn}.$$

где δ_{kn} – дельта Кронекера.

Построение управляющего воздействия и решение задачи позиционирования. Для определения интересующих зависимостей $z(t)$ и $u(x, t)$ составим уравнения

движения системы в форме уравнений Лагранжа II-го рода. Нормализованная функция Лагранжа $L = T - \Pi$ представляется соотношением:

$$L^* = \frac{1}{2} \mu_2 \dot{z}^2(t) + \frac{1}{2} \int_0^1 [\dot{u}(x, t) + \dot{z}(t)]^2 dx + \frac{1}{2} \mu_1 [\dot{u}(1, t) + \dot{z}(t)]^2 + \frac{1}{2} j \dot{u}'^2(1, t) - \frac{1}{2} \int_0^1 u''^2(x, t) dx + \tilde{F}(t) z(t).$$

Разложим функцию $u(x, t)$ в ряд по балочным функциям.

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} h_n(t) v_n(\Lambda_n x). \quad (7)$$

Воспользовавшись представлением (7), и принимая во внимание условие ортогональ-

ности и нормировки балочных функций, получим нормализованную функцию Лагранжа:

$$L^* = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \dot{h}_n^2 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \dot{h}_n \dot{z} - \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} h_n^2 \Omega_n^2 + \frac{1}{2} M \dot{z}^2 + \tilde{F} z,$$

где $a_n = \int_0^1 v_n(\Lambda_n x) dx + \mu_1 v_n(1)$, $M = 1 + \mu_1 + \mu_2$.

Применяя формализм Лагранжа, получим систему дифференциальных уравнений движения робота-манипулятора:

$$\ddot{h}_n + a_n \ddot{z} + \Omega_n^2 h_n = 0, \quad M \ddot{z} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \ddot{h}_n = \tilde{F}(t). \quad (8)$$

Далее поставим задачу программного управления системой (8): найти управляющую силу $\tilde{F}(t)$, которая обеспечивает приведение манипулятора за время t_1 из началь-

ного состояния в заданное конечное положение с гашением упругих колебаний звена в конце процесса регулирования

$$z(t_1) = z^*, \quad \dot{z}(t_1) = 0, \quad u(l, t_1) = 0, \quad \dot{u}(l, t_1) = 0. \quad (9)$$

Момент окончания процесса управления t_1 не фиксируется заранее, а определяется в процессе решения задачи.

Будем считать, что перевод стрелы манипулятора осуществляется из состояния покоя и упругое звено в момент начала переноса не напряжено, то есть

$$z(0) = 0, \quad \dot{z}(0) = 0, \quad u(x, 0) = 0, \quad \dot{u}(x, 0) = 0.$$

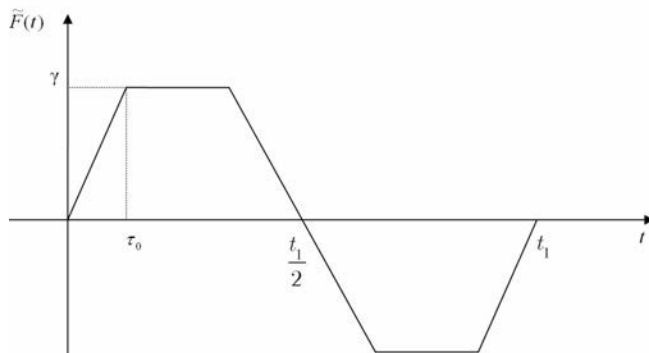
Выберем управление $\tilde{F}(t)$ в виде ограниченной по амплитуде функции времени, которое приводит систему

Ошибка! Источник ссылки не найден. в

состояние

Ошибка! Источник ссылки не найден. с гашением упругих колебаний основного тона [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{F}(t) = \alpha t, \quad t \in [0, \tau_0], \quad \tilde{F}(t) = \gamma, \quad t \in [\tau_0, \frac{t_1}{2} - \tau_0], \quad \tilde{F}(t) = \alpha(\frac{t_1}{2} - t), \quad t \in [\frac{t_1}{2} - \tau_0, \frac{t_1}{2} + \tau_0], \\ \tilde{F}(t) = -\gamma, \quad t \in [\frac{t_1}{2} + \tau_0, t_1 - \tau_0], \quad \tilde{F}(t) = \alpha(t - t_1), \quad t \in [t_1 - \tau_0, t_1], \quad \tilde{F}(t) = 0, \quad t > t_1, \\ \tau_0 \in (\gamma, \alpha, t_1) \quad \min(\frac{\gamma}{\alpha}, \frac{t_1}{4}), \quad \alpha > 0, \quad 0 < \gamma \leq \tilde{F}^*. \end{array} \right. \quad (10)$$



Положительные числа γ и α являются параметрами режима управления, характеризующими соответственно максимальное значение модуля управляющей силы и максимальную скорость её изменения.

Учитывая, что система (8) имеет линейную структуру и управление является кусочно-непрерывной функцией времени, методом припасовывания построено решение

Исследования проведены с учетом двух и трех мод упругих колебаний звена для манипулятора с параметрами: $l = 2$ м, $\rho = 5500$ кг/м³, $E = 1.5 \cdot 10^{11}$ Н/м², $S = 2.2 \cdot 10^{-3}$ м², $J = 2.75 \cdot 10^{-6}$ м⁴, $\mu_1 = \mu_2 = 1/2$. В результате решения задачи управления получены следующие значения параметров:

$$\alpha = 0.606, \quad \gamma = 3.1 \cdot 10^{-3}, \quad \tau_0 = 5.1 \cdot 10^{-3}$$

В исходном масштабе переменных время управления составляет $t_1 = 1.4$ с, максимальное значение управляющего воздействия $F^{\max} = 320$ Н.

системы (8) с управлением (10). Проведена оценка остаточных колебаний, наблюдаемых в системе после окончания процесса управления. Остаточные колебания характеризуют точность позиционирования груза, закрепленного на упругом звене робота-манипулятора.

В момент окончания регулирования при $t = t_1$ параметры движения манипулятора представлены в таблице.

Точность позиционирования манипулятора с упругим звеном

	В безразмерных величинах	В размерных величинах
прогиб стержня на конце	$0.73 \cdot 10^{-5}$	$1.46 \cdot 10^{-5}$ м
скорость схвата	$0.7 \cdot 10^{-4}$	10^{-4} м/с
точность приведения стрелы манипулятора на заданную высоту	0.005	0.01 м
скорость стрелы манипулятора вместе с направляющей	$0.76 \cdot 10^{-5}$	$1.1 \cdot 10^{-5}$ м/с

Анализ числовых данных показывает, что предложенный алгоритм управления по-

зволяет уменьшить поперечные колебания упругого звена манипулятора по первой

форме колебаний, то существенно повышает точность позиционирования робота-манипулятора.

Получена система интегродифференциальных уравнений в частных производных, описывающая управляемые колебания манипулятора с упругим звеном. Построено программное управление движе-

нием манипулятора, ограниченное по величине и определенное на заданном интервале времени, обеспечивающего гашение первой формы колебаний на завершающей стадии процесса регулирования. Проведено математическое моделирование процесса управления движением.

Литература

1. Черноусько Ф.Л., Болотник Н.Н., Градецкий В.Г. Манипуляционные роботы: динамика, управление, оптимизация. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. - 368 с.
2. Лавровский Э.К., Формальский А.М. О стабилизации углового положения упругого стержня // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. 1989. № 6. С. 115-123.
3. Лавровский Э.К., Формальский А.М. Стабилизация заданной позиции упругого стержня // Прикладная мех. и матем. (ПММ). 1989. Т. 53. Вып. 5. С. 752-760.
4. Лавровский Э.К., Формальский А.М. Управление упругим звеном манипулятора при помощи обратной связи по положению и скорости груза // ПММ. 1993. Т. 57. Вып. 6. С. 51-60.
5. Лавровский Э.К., Формальский А.М. Устойчивость процесса управления стержнем при наличии продольных или крутильных деформаций // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. 1991. №6. С. 203-214.
6. Неймарк Ю.И. Динамические системы и управляемые процессы. М.: Наука, 1978. 336 с.
7. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. М.: Наука, 1967, 444 с.
8. Наймарк М.А. Линейные дифференциальные операторы. М.: Наука, 1969. 526с.

УДК 531.3.01.

IMAGE PROCESSING USING MAPLE

Zhazgul Abdraimova., Babak V.F.

International Atatürk Alatoo University

This worksheet is an introduction on fundamentals of image processing, some image processing applications and on how to handle images in MAPLE, the commands from MAPLE Version 12 are investigated for image processing, and some examples for edge detection are given and explained in detail.

Данная работа представляет собой введение в основы обработки изображений, некоторые обработки заявок и о том, как обрабатывать изображения в MAPLE, команда из MAPLE Version 12 расследуются для обработки изображений, а также некоторые примеры по краю обнаружения и даны подробные пояснения.

Image processing and image analysis tend to focus on 2D images, how to transform one image to another, e.g., by pixel-wise

The MAPLE is a computer language for symbolic and numerical computations for scientific problems [4].

A specific problem within image processing is edge detection. The MAPLE Version 12 contains the Image Tools package, which could be used for basic image operations.

In the following, test experimentations of these commands from this tool have been done using some examples.

Some image processing applications.

Image processing has an enormous range of applications; almost every area of science and technology can make use of image

operations such as contrast enhancement, local operations such as edge extraction or noise removal, or geometrical transformations such as rotating the image.

processing methods. Here is a short list just to give some indication of the range of image processing applications.

1-Medicine

- Inspection and interpretation of images obtained from X-rays, MRI or CAT scans,
- Analysis of cell images, of chromosome karyotypes.

2-Agriculture

- Satellite/aerial views of land, for example to determine how much land is being used for different purposes, or to investigate the suitability of different regions for different crops,

- Inspection of fruit and vegetables -- distinguishing good and fresh produce from old.
 - Fingerprint analysis
 - Sharpening or de-blurring of speed-camera images.
- 3-Industry
- Automatic inspection of items on a production line,
- 4-Law enforcement
- Inspection of paper samples.

Fundamentals of Image processing tool box of MAPLE

A digital image is composed of *pixels* which can be thought of as small dots on the screen. All these commands require the Image processing tool box of MAPLE [5].

Operation:	MAPLE command:
Reads the image into Maple representing a 3 dimensional array	Read()
Converts the edge detection on the grayscale image	ToGrayscale()
Create 3D Matrix	Matrix()
Performs 2D discrete convolution of the grayscale image with the two matrices	Convolution()
Create an array from input data	Array()
Write the image into a file	Write()

Problem description

A given image input data (scan of face) in a matrix form is used. Considering white/black and color image, the input data are stored in a jpg-File.

Solution method

For this example 7 steps are investigated and source code for them is written/ shown below. Such as,

1. Read the input data file
2. Perform the edge detection on the grayscale version of the image

3. Create horizontal and vertical edge components

4. Create the combined edge map
5. Scaling according to darkest and brightest pixel values
6. Write the new image into a file
7. View the written file

In the following source code, these steps are presented step-by-step.

Let's take as an input image with the name *Ch.Aytmatov.jpg* which is gray scale image or *Zh.Abdraimova.jpg* which is color image. See Figure1 and Figure2.

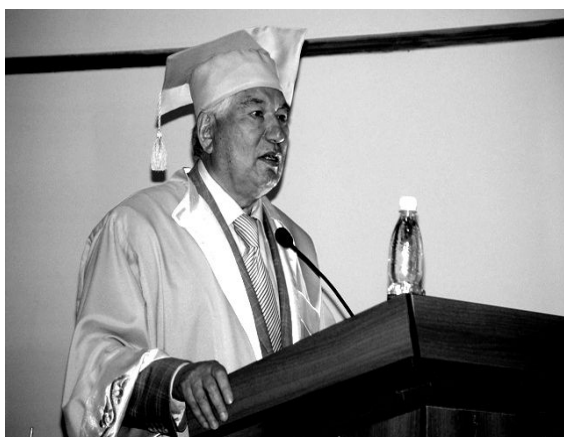


Figure 1.

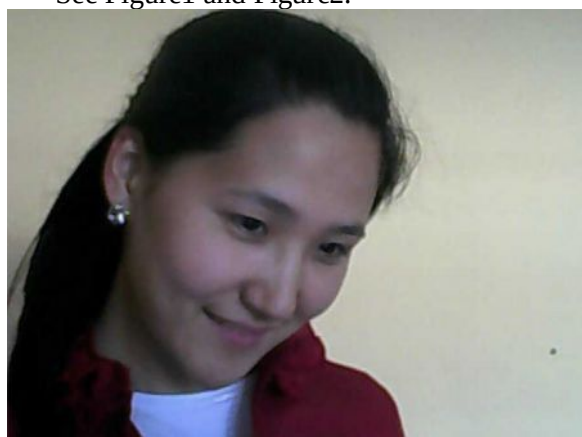


Figure 2.

-----Image Processing Maple source code-----

```
> restart;
> with (ImageTools);
> img := Read ("Ch.Aytmatov.jpg");
> g_img := ToGrayscale (img);
> Gx := Matrix ([[ -1, 0, 1], [-2, 0, 2], [-1, 0, 1]]);
> Gy := Matrix ([[ 1, 2, 1], [0, 0, 0], [-1, -2, -1]]);
> img_x := Convolution (g_img, Gx);
```

```

> img_y := Convolution (g_img, Gy);
> edge := Array (abs (img_x) + abs (img_y), datatype=float[8]);
> min_v, max_v := rtable_scanblock (edge, [rtable_dims (edge)], 'Mini-
mum', 'Maximum');
> delta_v := max_v - min_v;
> img_edge := Array ((edge-min_v)/delta_v, order=C_order,
datatype=float[8]);
> Write ("EdgeOfImage.jpg", img_edge);
> View(img_edge);

```

After processing you will see as an output Figure3 and Figure4 respectively where the edges are highlighted in white.

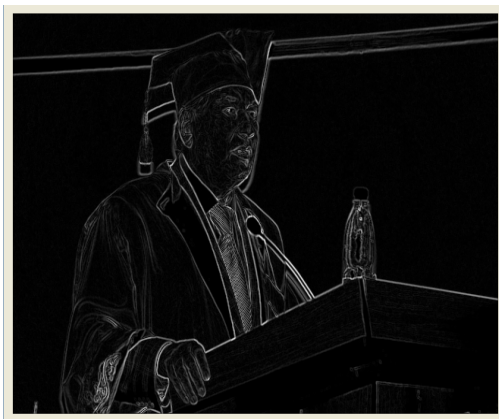


Figure 3.



Figure 4.

By adding source code below to the end, the edge of image can be highlighted in opposite color. See Figure5 and Figure6.

```

img1:=evalhf(map(x->(1-x)^2,img_edge)):
Write("edge1.jpg",img1);

```



Figure 5.



Figure 6.

Conclusion

Brief information about an image processing and usage of image in MAPLE is given. Some of the commands designed for image processing operations are presented. Where most of these commands require you to have the Image Processing tool box installed.

Two examples for edge detection are investigated and used in this work. In the future, deeply studies with MAPLE will be handled and simulation studies will be implemented. Especially within robotics. My thanks to Prof. Dr. N.

Ari, from University of Technology Zurich, Switzerland.

Краткая информация об обработке изображений и использования изображения в MAPLE дается. Некоторые из команд, предназначенных для обработки операций представлены. В тех случаях, когда большинство из этих команд требуется иметь средства обработки изображений окна установлены.

Два примера на краю обнаружения исследованы и используются в этой работе. В будущем, глубокое исследование с MAPLE будет обрабатываться и моделирование ис-

следования будут выполнены. Особенно в робототехнике. Благодаря профессора д-р Н. Ари из Университета технологии Цюриха, Швейцария.

References

[1] Extracting Faces and Facial Features From Color Images

Frank Y. Shih; Shouxian Cheng; Chao-Fa Chuang; Patrick S. P. Wang

[2] A Multimodal Approach for Face Modeling and Recognition Mahoor, M.H.; Abdel-Mottaleb, M.

[3] Deformation Modeling for Robust 3D Face Matching Xiaoguang Lu; Jain, A.K.

[4] MAPLE Guide/Help Browser

[5] MAPLE/Guide/Image Processing Tools

УДК. 681.5.01

К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Кожеева Г.А., Оморев Т.Т.

Институт автоматизации и информационных технологий НАН

Рассматривается проблема автоматического управления многомерными объектами. Предлагается алгоритм проектирования динамических управляющих подсистем по критериальным ограничениям.

Повышение качества и эффективности управления техническими объектами и технологическими процессами в значительной степени связано с проблемой совершенствования систем автоматического управления (САУ). В свою очередь производственные и технические показатели систем управления определяются уровнем развития не только технических и программных средств автоматизации, но и от степени совершенства принципов и методов управления. Ряд проблем современной теории управления [1, 2, 3, 4] связан с тем, что в настоящее время наблюдается разрыв между теорией и практикой применения САУ из-за чрезмерной математизации её многих направлений в ущерб инженерно-технической сущности задач управле-

ния [5]. Поэтому практическое использование известных методов и развитие теории управления показало актуальность проблемы разработки конструктивных методов и алгоритмов синтеза систем управления многомерными объектами на основе новых подходов, обеспечивающих тесную связь между теоретическими разработками и потребностями практики. В работе предлагается один из возможных алгоритмов синтеза динамических регуляторов многомерных автоматических систем по критериальным ограничениям, определяющим требования к их динамическим свойствам.

Рассматривается класс линейных объектов управления, описываемых векторным уравнением в отклонениях

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad (1)$$

$$x(t_0) = x^0, \quad t \in [t_0, t_s],$$

где $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$ – n -мерный вектор состояния объекта;

$u(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)]^T$ – m -мерный вектор управляющих воздействий; A и B – веществен-

ные матрицы: $A = \{a_{ij}\}_{n \times n}$, $B = \{b_{iv}\}_{n \times m}$, T – знак транспонирования; x^0 –

начальное состояние объекта; t – текущее непрерывное время; t_0, t_s – моменты начала и окончания процесса управления.

Предполагается, что объект (1) обладает свойством управляемости [1], а компоненты вектора состояния $x(t)$ доступны для измерения.

Задача синтеза динамического регулятора для объекта (1) состоит в определении его структуры и параметров так, чтобы переходные процессы по ошибкам управления

$$e_i(t) = -x_i(t), \quad i = \overline{1, N}, \quad (2)$$

вызванные ненулевым начальным отклонением $x(t_0)$ удовлетворяли заданным критериальным условиям.

Пусть качество проектируемой системы управления определяется набором показателей $I_1(t), I_2(t), \dots, I_M(t)$, которые составляют M -мерный вектор оценки качества системы $I(t) = [I_1(t), I_2(t), \dots, I_M(t)]$. Условия, при выполнении которых достигается цель управления дается следующей теоремой [6, 7].

Теорема. Пусть $I_i(t_0) \neq 0$, $i = \overline{1, N}$, и для каждого t_0 и $t > t_0$ выполняются условия

$$J_i(t) = \int_{t_0}^t I_i(\tau) \dot{I}_i(\tau) d\tau < 0, \quad i = \overline{1, M}. \quad (3)$$

Тогда модули невязок $|I_i(t)|$ с течением времени убывают и

$$\lim_{t \rightarrow \infty} I_i(t) = 0, \quad i = \overline{1, N}. \quad (4)$$

Анализ показал, что функциональные соотношения (3) являются конструктивной основой для оценки качества процессов управления и проектирования регуляторов САУ, т.е. являются критериальными условиями. В связи с этим далее рассматривается

возможность решения сформулированной выше задачи с использованием соотношений (3).

В координатной форме уравнение (1) записывается в виде

$$\dot{x}_i(t) = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j(t) + \sum_{v=1}^m b_{iv} u_v(t), \quad i = \overline{1, N}. \quad (5)$$

Динамическое качество проектируемой САУ описывается с помощью функций

$$I_i(t) = x_i(t), \quad i = \overline{1, N}. \quad (6)$$

где $N=n$.

Тогда критериальные функции с учетом динамики объекта (5) принимают следующий вид:

$$J_i(t) = \int_{t_0}^t x_i(\tau) \left[\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j(\tau) + \sum_{v=1}^m b_{iv} u_v(\tau) \right] d\tau. \quad (7)$$

Введем новые переменные

$$z_i(t) = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j(t) + \sum_{v=1}^m b_{iv} u_v(t), \quad i = \overline{1, N}. \quad (8)$$

В соответствии с методикой, изложенной в [7], целесообразные (желаемые) законы изменения переменных $z_i(t)$ можно представить следующим образом:

$$\dot{z}_i(t) = \alpha_i^{-1}(t) x_i(t), \quad i = \overline{1, N}, \quad (9)$$

где функции-параметры $\alpha_i(t)$ определяются по формуле

$$\alpha_i(t) = \alpha_i^* \left[z_i^2(t) - z_i^2(t-\tau) \right], \quad (10)$$

α_i - настроечные параметры, имеющие отрицательные значения;

τ - малое время задержки сигнала.

С другой стороны с учетом динамики объекта (5) имеем, что

$$\begin{aligned} \dot{z}_i(t) &= \sum_{j=1}^n a_{ij} \dot{x}_j(t) + \sum_{v=1}^m b_{iv} \dot{u}_v(t) = \\ &= \sum_{j=1}^n a_{ij} \left[\sum_{k=1}^n a_{jk} x_k(t) + \sum_{v=1}^m b_{jv} u_v(t) \right] + \sum_{v=1}^m b_{iv} u_v(t), \quad i = \overline{1, N}. \end{aligned} \quad (11)$$

Сравнение соотношений (9) и (11) позволяет определить уравнения синтеза динамического регулятора:

$$\sum_{v=1}^m b_{iv} \dot{u}_v(t) = - \sum_{v=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} b_{jv} u_v(t) - \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} a_{jk} x_k(t) + \alpha_i(t) x_i(t), \quad i = \overline{1, N}. \quad (12)$$

В векторно-матричной форме уравнения (12) можно записать в виде

$$\dot{B}u(t) = Fu(t) + Dx(t), \quad (13)$$

где вещественные матрицы

$$F = \{f_{iv}\}_{n \times m}, \quad D = \{d_{ik}\}_{n \times n},$$

а элементы

$$\begin{aligned} f_{iv} &= - \sum_{j=1}^n a_{ij} b_{jv}, \\ d_{ik} &= - \sum_{j=1}^n a_{ij} a_{jk} + \left[\alpha_i(t) - \sum_{j=1}^n a_{ij} a_{ji} \right]. \end{aligned}$$

Соотношение (13) является уравнением синтеза динамического регулятора.

Пусть $N=m$, а для матрицы B существует обратная матрица B^{-1} . Тогда уравнение (13) решается в явной форме:

$$\begin{bmatrix} a_1^T \\ a_2^T \\ \vdots \\ a_N^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{N1} & b_{N2} & \dots & b_{Nm} \end{bmatrix}.$$

Пусть векторы a_j , $j = \overline{1, N}$, линейно независимы. Тогда производную вектора управления $\dot{u}(t)$, имеющую минимальную

$$\dot{u}(t) = \sum_{j=1}^N c_j a_j, \quad (15)$$

где c_i – скалярные коэффициенты, составляющие вектор $c = [c_1, c_2, \dots, c_N]^T$.

Вектор c определяется так, чтобы обеспечить выполнение исходного векторного уравнения (13). Путем подстановки выражения (15) в левую часть соотношения (13) получаем следующее:

Поскольку векторы a_j , $j = \overline{1, N}$, линейно независимы, матрица $\tilde{B}$ имеет обратную матрицу $\tilde{B}^{-1}$ [8]. Следовательно, искомый вектор c определяется по формуле

$$c = \tilde{B}^{-1} [Fu(t) + Dx(t)]. \quad (18)$$

В результате с учетом (18) динамика искомого регулятора описывается следующим векторным соотношением:

$$\dot{u} = B^T \tilde{B}^{-1} [Fu(t) + Dx(t)]. \quad (19)$$

Обобщенный алгоритм синтеза динамического регулятора САУ состоит из следующих основных этапов:

1. Задание модели объекта (1) в переменных состояния.
2. Формирование цели управления и критериальных ограничений (3).
3. Построение желаемой динамики процессов $z_i(t)$ по закону (9).
4. Формирование уравнения синтеза (13) динамического регулятора.
5. Решение уравнений синтеза (13) и определение модели искомого динамического регулятора в виде (14) или (19).

$$\dot{u}(t) = B^{-1} [Fu(t) + Dx(t)]. \quad (14)$$

Рассмотрим случай, когда $N \neq m$. Введем m -мерные вектор-столбцы a_j , $j = \overline{1, N}$, составленные из строк матрицы B :

норму $\|\dot{u}(t)\|$, можно определить в виде линейной комбинации векторов a_j [8]:

$$Ba_1 c_1 + Ba_2 c_2 + \dots + Ba_N c_N = Fu(t) + Dx(t). \quad (16)$$

Последнее векторное равенство эквивалентно следующей системе линейных уравнений:

$$\tilde{B}c = Fu(t) + Dx(t), \quad (17)$$

где $N \times N$ -мерная матрица

$$\tilde{B} = [Ba_1, Ba_2, \dots, Ba_N].$$

Таким образом, использование предложенного критерия качества процессов управления позволило синтезировать динамический регулятор системы управления линейным объектом, описываемым уравнением (1).

Литература

1. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А.Красовского. – М.: Наука, 1987, 712 с.
2. Kalman R.E. Contributions to the theory of optimal control // Boletin de la Sociedad Matematica Mexicana. – 1960. – V. 5, pp. 102–119.
3. Легов А.М. Аналитическое конструирование регуляторов I, II, III // Автоматика и телемеханика, 1960. – № 4. – С. 436–441; № 5. – С.561–568; № 6. – С. 661–665.
4. Porter B., Crossley T.R. Modal Control. – London: Taylor & Francis, 1972.
5. Красовский А.А. Научное состояние теории процессов управления // Автоматика и телемеханика, 2000. – №4. – С. 3–19.

6. Оморов Т.Т., Кожекова Г.А. Синтез систем управления многомерными объектами по критериальным ограничениям // Известия НАН КР. Бишкек: Илим, 2009.-№1.-С.45-51.
7. Оморов Т.Т., Кожекова Г.А. Синтез адаптивных систем управления с эталонной моделью // Вестник Казахской

академии транспорта и коммуникаций им. Тынышпаева. – Алматы, 2008. – №4. – 121-127.

8. Беллман Р. Введение в теорию матриц. – М.: Наука, 1976. -352с.

УДК (075.8)658.15

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО И ОПЕРАТИВНОГО УЧЕТА

Кубатбекова Л.Т.

ТТИ КГТУ им. И.Раззакова

Вид учета зависит от того, какая информация собирается и, что еще важнее, для чего она собирается. Именно цель сбора, измерения и регистрации информации и определяет вид учета. Целью учета является обеспечение информацией конкретных «потребителей».

Type account depends from that, what the information is going to and, that's else important, for what she is going to. Exactly purpose of the collection measurements and registrations to information and defines type of the account. Purpose of the account is a provision by information concrete of the "consumers".

Для эффективной работы компании, информацией должны быть снабжены не только руководители (управленческий учет), но и исполнительные службы (оперативный учет). Ведь, как бы не старались руководители производственной компании, если система оперативного учета не может представить, например, себестоимость производимой продукции или остатки продукции на складе, то такое управление не будет эффективным. Как бы не старался руководитель компании по оказанию услуг, если неизвестны достоверные объемы продаж по компании, то что-то запланировать и потом это проконтролировать он не сможет, следовательно, эффективно управлять не получится.

Целью данного исследования является внедрение компьютерных технологий в процессы управленческого и оперативного учетов для повышения эффективности труда. Постановка и автоматизация управленческого учета - это непростая задача. При выборе ПО (программное обеспечение) необходимо помнить, что бизнес постоянно растет и развивается, и требования к учету тоже будут постоянно расти.

Именно удовлетворение потребности исполнительных служб стало целью оперативного учета. Первоначально оперативный учет удовлетворял потребности производственных служб, и являлся синонимом понятия «производственный учет». Далее специфические запросы к учетным системам стали выдвигать и другие службы: отделы снабжения, отделы продаж, отдел логистики и т.д.

Ключевыми критериями оперативного учета стали оперативность и детализация информации для уровня исполнительных служб.

Еще одним важным отличием оперативного учета является его фокусировка на

настоящее. Ключевая цель - дать информацию о текущей ситуации в компании.

У менеджеров верхнего звена существует потребность в информации другого уровня.

Во-первых, управленец не изучает информацию во всей ее детализации. Как правило, менеджеру высшего звена достаточно видеть более обобщенную информацию, сведенную в специфические отчеты по определенным критериям и стандартам. Во-вторых, у управленцев для принятия эффективных решений возникает потребность в информации другого рода - о будущем состоянии компании, фокус которой по сути своей направлен в будущее.

У каждого топ-менеджера, так или иначе, есть свое видение будущего компании. И совершенно не очевидно, что видение собственника и каждого из менеджеров даже на краткосрочный период совпадает. Выработать долгосрочное единое видение будущего у ключевых менеджеров помогают разработка стратегии и долгосрочных целей компании. Выработать краткосрочное единое видение, выраженное в цифрах, помогают механизмы оперативного управления компанией, такие как бюджетирование.

Таким образом, одной из отличительных характеристик управленческого учета является предоставление информации о будущем компании.

Ключевой целью управленческого учета является: предоставление информации управляющему звену предприятия для принятия взвешенных управленческих решений, принимая, таким образом, активное участие в процессе управления.

Для решения важных задач управленческая информация использует следующее:

- стратегические решения (инвестиции, новые направления бизнеса);
- маркетинговые решения (новые продукты, ценообразование);
- оптимизационные решения (политика закупок, управление прибыльностью продуктов/подразделений);

На практике при постановке системы бюджетного управления и автоматизации управленческого учета требования к системе выдвигают как топ-менеджеры управляющей компании, так и руководители бизнеса (в т. ч. и по продаже косметики). Следовательно, на уровне бизнеса система управленческого учета предоставляет более детальную информацию, отображая особенности конкретного бизнеса. А уже на уровне холдинга вся информация стекается в агрегированную и универсальную форму. Универсальность этого в том, что для отображения специфических для каждого бизнеса данных были разработаны единые правила трактовки цифр.

Таким образом, задачи управленческого учета определяются заказчиком исходя из целей и объектов управления.

В Кыргызстане, к сожалению, еще далеко не во всех даже крупных холдингах все подразделения владеют полноценной информационной системой оперативного учета. Как следствие, исполнительные службы не снабжены оперативной и достоверной информацией, что существенно снижает их эффективность.

На практике часто встречаются ситуации, когда топ-менеджмент компании, испытывая недостаток в управленческом учете, заказывает систему управленческого учета. При этом такая задача считается более приоритетной, чем задача настройки оперативного учета.

То, что оперативный и управленческий учет - это два разных учета абсолютно не означает, что они должны быть автоматизированы различными программами. Напротив, компания должна стремиться к созданию единого информационного пространства. И чем меньше различных ПО будут закрывать те или иные информационные потребности, тем больше шансов создать такое пространство.

Взаимодействие систем оперативного и управленческого учета очень тесно. Такие требования как оперативность и достоверность информации намного сложнее выполняются при взаимодействии ПО на различных платформах, нежели на одной. Если обе задачи решаются на базе одной платформы,

- управления рисками;
- организационные решения (вознаграждение сотрудников, руководителей).

то любая цифра вносится в систему только один раз, и моментально отображается во всех отчетах.

Так ПО, написанное компанией 1С, является практически монополистом в области бухгалтерского (налогового) учета в Кыргызстане. Из них достаточно большой процент компаний ведет на платформе 1С и оперативный учет. Соответственно в этих компаниях самым взвешенным решением при автоматизации управленческого учета будет выбор ПО тоже на платформе 1С. Если оперативный учет автоматизирован не на базе 1С, то основными критериями при выборе программного обеспечения для управленческого учета должны стать интеграция (открытость) такого ПО с другими системами и легкость настроек самой системы.

Постановка и автоматизация управленческого учета - это не такая простая задача, как может показаться на первый взгляд. Необходимо четко определиться, кто будет потребителем этой системы, то есть, какая информация должна генерироваться в первую очередь. И уже после этого приступать к постановке учета.

Не менее важный шаг - выбор ПО для автоматизации управленческого учета. При выборе важно помнить, что бизнес постоянно растет и развивается, и требования к учету тоже будут постоянно расти. И выбранное вами программное решение должно быть легко настраиваемым и гибким к изменениям.

Литература

1. Хорнгерн Ч.Т. Фостер Дж. Бухгалтерский учет: управленческий аспект. – М., 1995.
2. Рей Вандер Вил, Палий Управленческий учет: Учеб. пособие. – М., 1997.
3. Чалова К.Ч. Бухгалтерский учет: Теория и практика учетной политики. – Б., 2006.
4. Краткий курс бухгалтерского учета с применением автоматизированных систем: Учеб. Пособие /сост. Б.Б. Калманбетова, Э.С. Аманов. – Б., 2006.
5. 1С: Бухгалтерия 7.7.-8.0: Практич. Пособие / Под ред. Е.П. Фигурнова. – М., 2008.

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.98

ГИБКА СТАЛЬНОГО ЛИСТА НА КРОМКОГИБОЧНОМ ПРЕССЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Шинкин В.Н., Уандыкова С.К.

Государственный технологический университет

«Московский институт стали и сплавов», Москва, Россия

Рассматривается деформация стального листа в кромкогибочном прессе при производстве труб большого диаметра. Получены коэффициент пружинения деформируемого листа, радиус кривизны и форма листа после формовки.

Рассмотрим процесс формовки плоской стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе (Рис.1).

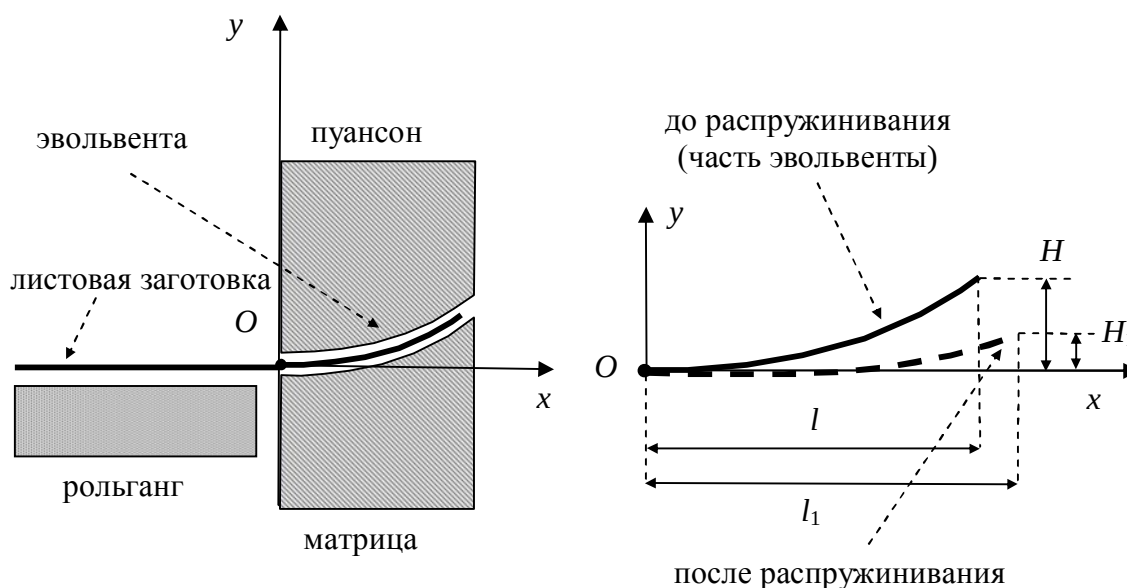


Рис 1. Листовая заготовка в кромкогибочном прессе

Введем прямоугольную систему координат Oxy в точке контакта листовой заготовки с пуансоном и матрицей при формовке. Обозначим через H – высоту подъема кромки листа при формовке, H_1 – остаточную высоту подъема кромки листа после формовки, l – «длину» деформируемой части заготовки при

$$b(\varphi) = r \cos \varphi + r\varphi \sin \varphi, \quad a(\varphi) = r \sin \varphi - r\varphi \cos \varphi, \quad da(b)/db = \tan \varphi,$$

где φ – «угол» (параметр) эвольвенты, $r = \text{const}$.

Длина дуги и радиус кривизны эвольвенты равны $S(\varphi) = r\varphi^2/2$ и $\rho(\varphi) = r\varphi$. После рас-

формовке, l_1 – «длину» зоны остаточной деформации заготовки после распружинивания.

Контактные профили пуансона и матрицы заданы в кромкогибочном прессе с помощью уравнения эвольвенты окружности (Рис.2):

пружинивания листовой заготовки ее остаточный радиус кривизны нейтральной линии будет равен [1]

$$\rho_0(\varphi) = \frac{\left(r\varphi + \frac{h}{2}\right)}{1 - \left[\frac{3r\varphi\sigma_T}{hE} - \frac{4(r\varphi)^3\sigma_T^3}{h^3E^3} + \frac{(\Pi_P + \Pi_C)}{h^3E} \left(\frac{h}{2} - \frac{\sigma_T r\varphi}{E} \right) \left(h^2 - h r\varphi \frac{\sigma_T}{E} - 2(r\varphi)^2 \frac{\sigma_T^2}{E^2} \right) \right]},$$

где h – толщина листовой заготовки, σ_T – предел текучести материала, E – модуль Юнга, Π_P – модуль упрочнения при растяжении, Π_C – модуль упрочнения при сжатии.

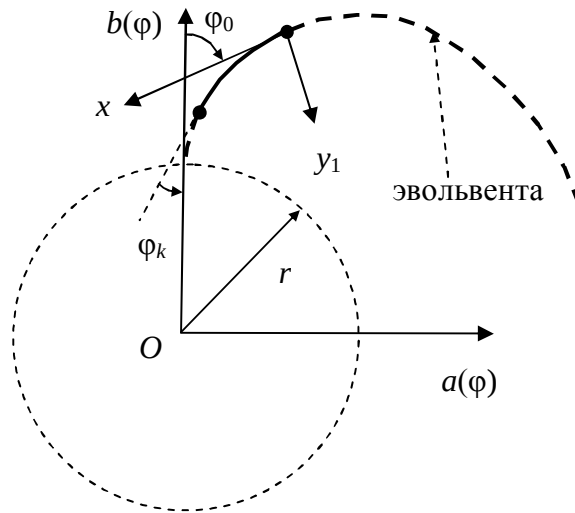


Рис 2. Эвольвента окружности

Отметим, что если $\varphi \geq h(E/\sigma_T - 1)/(2r) \approx hE/(2r\sigma_T) = \varphi_{упр}$, то следует положить $\rho_0 = \infty$ (случай полного распруживания соответствующего участка листовой заготовки до плоского состояния). Так как на кромкогибочном прессе «упругий» угол эвольвенты $\varphi_{упр}$ в процессе формовки не достигается, то мы имеем дело только с зонами пластических (остаточных) деформаций после распруживания.

Обозначим через φ_0 – угол, соответствующий началу контактной поверхности пуансона в виде части эвольвенты, а через φ_k – угол, соответствующий концу контактной поверхности пуансона. Пересчет координат $(b(\varphi), a(\varphi))$ в координаты $(x(\varphi), y(\varphi))$ (реальные координаты нераспружиненной листовой заготовки в поперечном направлении) дается следующими формулами:

$$b_0 = r \cos \varphi_0 + r\varphi_0 \sin \varphi_0, a_0 = r \sin \varphi_0 - r\varphi_0 \cos \varphi_0,$$

$$x(\varphi) = -(a(\varphi) - a_0) \sin \varphi_0 - (b(\varphi) - b_0) \cos \varphi_0, x(\varphi_k) = l,$$

$$y(\varphi) = (a(\varphi) - a_0) \cos \varphi_0 - (b(\varphi) - b_0) \sin \varphi_0, y(\varphi_k) = H.$$

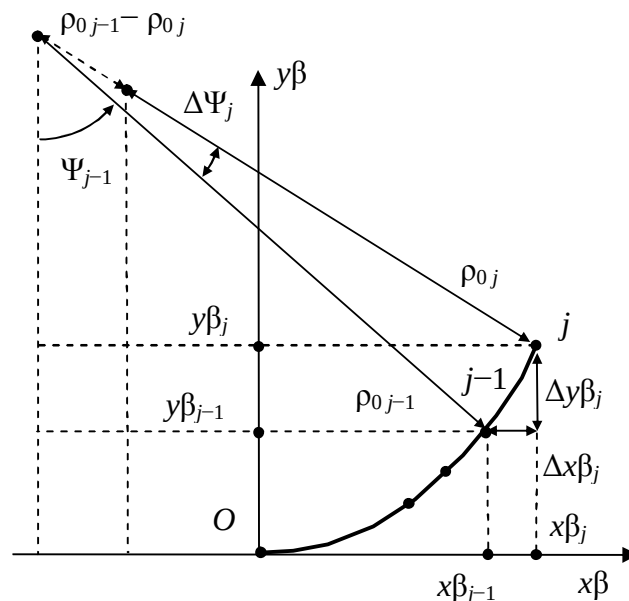


Рис 3. Много радиусная схема расчета

Подгибка кромок листовой заготовки происходит одновременно и симметрично относительно центральной продольной оси

листа. Значение φ_k всегда задано. Пусть L – ширина заготовки, A – расстояние между пуансонами. Тогда $\varphi_0 = (\varphi_k^2 + (L-A)/r)^{1/2}$.

Получить численное значение профиля заготовки ($x\beta(\varphi), y\beta(\varphi)$) после распружива-

ния можно с помощью численной многорадиусной схемы расчета (Рис.3):

$$j=1\dots N1 \ (N1=1000); \varphi_j=\varphi_0-(\varphi_0-\varphi_k)j/N1; \rho_{0j}=\rho_0(\varphi_j);$$

$$\Delta S_0=0; \Delta S_j=r(\varphi_j^2-\varphi_{j+1}^2)/2;$$

$$\Psi_0=0; \Delta\Psi_j=\Delta S_j/\rho_{0j}; \Psi_j=\Delta\Psi_0+\dots+\Delta\Psi_j;$$

$$y\beta_0=0; y\beta_j=y\beta_{j-1}+\rho_{0j-1}(\cos\Psi_{j-1}-\cos\Psi_j); y\beta_{N1}=H_1;$$

$$x\beta_0=0; x\beta_j=x\beta_{j-1}+\rho_{0j-1}(\sin\Psi_j-\sin\Psi_{j-1}); x\beta_{N1}=l_1.$$

Подгибка кромок листовой заготовки не всегда является медленным «статическим» процессом. Учесть динамический эффект можно с помощью постоянного коэффициента μ , который определяется экспериментальным путем. В этом случае надо заменить в полученных выше выражениях $\rho_0(\varphi)$ на $\mu\rho_0(\varphi)$.

Литература

1. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2008, 307 с.

УДК 621.9

РАЗРАБОТКА БАНКА МОДУЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Арзыбаев А.М.

МВТУ им.Н.Э. Баумана, Москва, Россия

В статье предложена разработка единого банка средств технологического обеспечения для оптимизации их выбора путем построения классификации модулей поверхностей детали и создания банка модулей технологического процесса изготовления детали.

In article development of uniform bank of means of technological maintenance for optimization of their choice is offered by construction of classification of modules of surfaces of a detail and creation of bank of modules of technological process of manufacturing of a detail.

Практически, любое машиностроительное изделие состоит, примерно, на 50-70 % из деталей общего назначения, таких как валы, оси, втулки, фланцы, шестерни, крышки, рычаги планки, корпуса и т.п. Изделия содержат много однотипных механизмов и сборочных единиц типа шпиндельных узлов, подшипников, редукторов, типовых соединений деталей. Отсюда, в среднем на каждом машиностроительном предприятии в масштабе машиностроительного комплекса из общего числа номенклатуры изготавливаемых деталей и сборочных единиц более 50 % является очень близкими по своему конструктивному оформлению или одинаковыми. Низкий уровень их типизации и унификации, в свою очередь, порождает излишнее разнообразие технологических процессов, а оно тянет за собой рост разнообразия средств технологического оснащения.

Отсутствие единого банка технологического обеспечения влечет за собой еще один негативный аспект, заключающийся в утере технологического знания, так как не-

возможно отследить все имеющиеся и новые технологические решения.

В связи с этим актуальной задачей является разработка единого банка средств технологического обеспечения изготовления деталей.

Наличие такого банка позволит не только существенно сократить избыточное разнообразие средств технологического обеспечения, но и управлять их развитием, отбирать наилучшие решения и широко их распространять по всем машиностроительным предприятиям.

Разработку такого банка надо начинать с построения классификации деталей, под которые должны быть разработаны технологические процессы. Однако, если в качестве объекта классификации принять деталь, то возникают трудности в построении классификации, обусловленные большим числом ее характеристик, разнообразием её конструкций, которые непрерывно развиваются, с другой стороны в силу неограниченного разнообразия деталей невозможно установить информацию обо всех деталях

Поэтому в качестве объекта классификации должен быть принят элемент (поверхность) детали наиболее часто встречающийся во многих деталях, который отличается высокой устойчивостью, постоянным по своему строению и ограниченной номенклатурой.

В качестве такого элемента предлагается принять модуль поверхностей (МП) детали, представляющий собой сочетание поверхностей, которые выполняют ту или иную служебную функцию.

Под МП понимается сочетание поверхностей (или отдельная поверхность), предназначенных выполнять соответствующую служебную функцию детали и придавать детали конструктивную форму, обусловленную

требованиями эксплуатации и изготовления[1].

Положив в основу классификации модулей поверхностей их служебный признак, все модули поверхностей делятся на три класса: базисуемые (МПБ), рабочие (МНР), связующие (МПС) (рис.2).

Деление всех модулей поверхностей по служебному признаку на три класса придает им однозначность и является главным отличием и преимуществом данной классификации. На предприятиях любой конструктор или технолог сможет однозначно и безошибочно сгруппировать все поверхности любой детали на модули поверхностей трех классов.

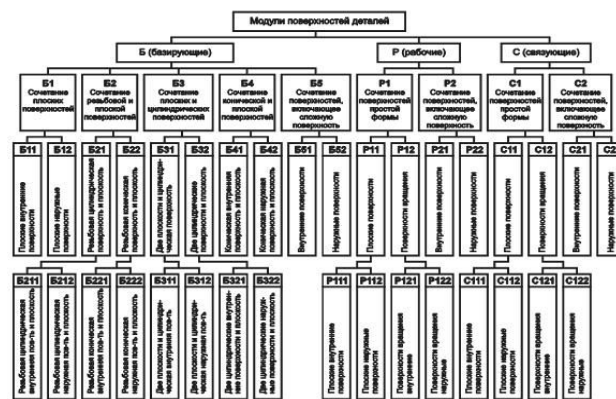


Рис. 2.Класификация МП

На рисунке 1. представлены примеры их конструктивного оформления

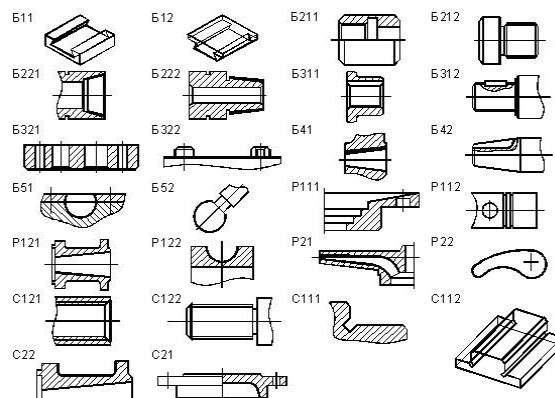


Рис.1.Примеры конструктивного оформления МП

Теперь разработку технологического процесса изготовления детали можно представлять, как компоновку его из технологических процессов по изготовлению МП, составляющих деталь. Для реализации такого построения технологического процесса, в первую очередь надо создать банк модулей технологического процесса обработки (МТО).

Модуль технологического процесса обработки МП (МТО)– это законченная часть технологического процесса изготовления детали по получению МП и представляющая собой перечень определенной последовательности технологических и вспомогательных переходов по изготовлению всех поверхностей МП, осуществляемых на одном

рабочем месте с указанием режимов процесса обработки и режущего инструмента[1].

Исходными данными для разработки МТО является чертеж МП, его заготовительный модуль (МПз), размерные и качественные характеристики МП, материал заготовки, количество МП. В задачу разработку МТО входит, прежде всего, выбор методов обработки каждой поверхности МП, обеспечивающих заданную точность, шероховатость поверхностей и точностей их относительного положения.

Чтобы разработать МТО, обеспечивающий требуемые качественные характеристики МП детали необходимо определить его заготовку, в роли которой выступает заготовительный модуль поверхностей (МПз).

Размеры МПз определяется путем расчета или назначения припуска, снимаемого с каждой поверхности за один рабочий ход. Припуск рассчитывается или назначается под ранее выбранный метод обработки. Прибавляя припуски к размерам поверхностей МП, получаем чертеж МПз.

Итогом разработки МТО является технологическая карта, где будет указан перечень последовательности технологических и вспомогательных переходов по изготовлению МП, приведены чертежи получаемого

модулей, а также модули станка, инструментальных наладок, приспособлений, контрольно-измерительных средств.

Из-за большого объема работы по разработке банка следует начинать создание банка под изготовление базирующих модулей поверхностей, так как они встречаются практически в каждой детали, имеют более высокие требования по точности и качеству поверхностей, чем другие классы модулей поверхности.

Наличие банка МТО позволит в несколько раз сократить время на разработку технологических процессов и повысить их качество, т.к. строиться они будут из апробированных МТО. Чтобы банк технологических процессов был эффективным, он должен быть так организован, чтобы для поиска МТО не уходило много времени. Для этого он должен быть оснащен соответствующей информационно-поисковой системой.

Литература

1. Базров Б. М. Модульная технология в машиностроении. М.: Машиностроение, 2001. 368 с., ил.

УДК 629. 114. 005

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Турсунов А.А.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, Душанбе, Республика Таджикистан

В работе приводятся результаты исследования по разработке научно-методических основ повышения эффективности использования автотранспортных средств (АТС) в суровых горных условиях эксплуатации управлением их адаптационных свойств. Выявлены закономерности изменения параметров среды функционирования системы ВАДС в горных условиях эксплуатации. Установлены закономерности процессов формирования адаптации элементов АТС к суровым горным условиям эксплуатации. Предложен новый безразмерный критерий оценки влияния параметров горных условий на эксплуатационные свойства АТС – коэффициент сложности горной среды $K_{гор}$. Разработана классификация среды функционирования АТС и создана система корректирования нормативов технической эксплуатации, учитывающая особенности горных условий.

Горные условия Таджикистана, сочетающихся с сухим жарким климатом, отрицательно влияют на надежность автомобилей, снижают их производительность, повышают себестоимости перевозок и служат основной причиной дорожно-транспортных происшествий.

Актуальными являются проведения научных исследований при эксплуатации автомобилей в горных условиях по следующим направлениям:

- установление закономерностей, необходимые для описания процессов формирования и разработка мероприятий по обеспечению оптимальной адаптации элементов АТС к суровым горным условиям эксплуатации;
- выявление закономерностей изменения параметров горной среды и установление механизма их влияния на работоспособность АТС в горных условиях эксплуатации;
- разработка классификации среды функционирования АТС и создание системы корректирования нормативов технической

эксплуатации для адекватного учета горных условий;

- разработка методов обеспечения активной безопасности АТС в экстремальных горных условиях эксплуатации;

- формирование адаптированной профилактической системы технического обслуживания (ТО) и ремонта автомобилей (управление производством ТО, управление ресурсом и текущим ремонтом);

- разработка методологии повышения эффективности использования и адаптационных свойств автомобилей управлением их

$$\frac{dP}{dV} - \left(\frac{\alpha}{V + \alpha b} \right) P = \frac{-\alpha a}{V^2(V + \alpha b)} \left(1 - \frac{2b}{V} \right), \quad (1)$$

где a , b – постоянные Ван-дер-Ваальса; V – объем; P – давление воздуха; $R = 8,31$ [Дж/моль*К] – универсальная газовая постоянная; h – высота над уровнем моря; T_0 – температура воздуха при $h=0$ ($T_0=20$ °С); β – коэффициент, равный $0,037 \cdot 10^{-3}$ м⁻¹; $M=29,4 \cdot 10^{-3}$ кг – молекулярный вес воздуха;

работоспособностью в горных условиях эксплуатации.

Для более точного учета влияния основных параметров горной среды на эффективность использования автомобилей (атмосферно-климатические условия и рельеф местности) с использованием уравнений статики атмосферы и состояния реального газа (уравнение Ван-дер-Ваальса) получено неоднородное линейное дифференциальное уравнение

$g=9,81$ м/с² – ускорение свободного падения; α – постоянная безразмерная величина, $\alpha = 1,45$.

Выявлены закономерности $P=f(h)$, $T=f(h)$, $\rho=f(h)$: $T = T_0(1 - \beta h)$;

$$P = P_0(1 - \beta h)^{3,22} \left[1 - 1,77b(1 - \beta h)^{2,22} \left[1 - 3,94a10^{-5}(1 - \beta h)^{1,22} \right] \right] \quad (2)$$

$$\rho = \rho_0(1 - \beta \cdot h)^{2,22} \left[1 - 5,5 \cdot 10^{-5} a(1 - \beta h)^{1,22} - 2,97b(1 - \beta h)^{2,22} + 0,12ab \cdot (1 - \beta h)^{3,44} \right].$$

На основе детального учета влияния природно-климатических условий горных регионов на изменение технико-экономических показателей работы автомобилей производится корректирование нормативов технического обслуживания и ремонта, направленное на обеспечение требуемого уровня надежности, снижение себестоимости затрат с соблюдением нормативного уровня дорожной и экологической безопасности.

Комплексное влияние параметров среды (давление, плотность и температура воздуха) в горных регионах определяется коэф-

фициентом сложности горной среды $K_{гор}$ на базе выявленных закономерностей:

$$K_{гор} = K_T \cdot K_P \cdot K_\rho. \quad (3)$$

Значения коэффициента корректирования нормативов ТЭА, зависящие от природно-климатических факторов в горных условиях $K_{гор}$, в соответствии с разработанной классификацией горной среды, приведены в таблице

Таблица 1.

Коэффициент корректирования нормативов ТЭА в зависимости от природно-климатических условий в горных регионах

№ № п / п	Тип рельефа местности		Высота местности над уровнем моря, м	Нормативы	
				Периодичность ТО и пробег до КР	Удельная трудоемкость ТР и расход ЗПЧ
I	Равнинный		До 200	1,00...0,95	1,00...1,05
II	Слабохолмистый		201-300	0,95...0,93	1,05...1,07
III	Холмистый		301-500	0,93...0,89	1,07...1,13
IV	Гористый		501...1000	0,89...0,79	1,13...1,27
V	Низкогорье (НГ)	A	1001...1500	0,79...0,69	1,27...1,44
		B	1501...2000	0,69...0,61	1,44...1,64
VI	Горный (ГР)	A	2001...2500	0,61...0,54	1,64...1,87
		B	2501...3000	0,54...0,47	1,87...2,13
VII	Высокогорный (ВГ)	A	3001...3500	0,47...0,41	2,13...2,44
		B	3501 и выше	0,41...0,36	2,44...2,80

Влияние давления воздуха на расход топлива оценивается значением коэффициента K_h , определяемым выражением:

$$K_h = \sqrt{\frac{P_0}{P}} = (1 - \beta \cdot h)^{-1,61} \cdot [1 - 1,77 \cdot b \cdot (1 - \beta \cdot h)^{2,22}] \cdot [1 - 3,94 \cdot a \cdot 10^{-5} \cdot (1 - \beta \cdot h)^{1,22}]^{-0,5} \quad (4)$$

Для более точного учета влияния основных параметров горной среды (атмосферно-климатические условия и рельеф местности) на топливную экономичность, необходимо основную и дополнительную норму расхода топлива увеличить на величину, равную произведению $K_h \cdot K_T$.

При торможении на крутых затяжных спусках с большим числом поворотов малых радиусов происходит интенсивный нагрев тормозных механизмов, что не только снижает эффективность тормозной системы, но и зачастую приводит к полным отказам.

Поэтому оптимизация тормозной системы автомобилей с учетом условий эксплуатации, требует специального рассмотрения и проведения разносторонних исследований. Речь идет не только о конструктивных особенностях, но главным образом – об анализе термонагруженности тормозных механизмов автомобиля, в частности, о динамике изменения теплофизических и энергетиче-

ских параметров при торможении с учетом термонагруженности тормозных систем в горных условиях эксплуатации.

Установлено, что при работе в горных условиях тормозные механизмы автомобилей нагреваются неравномерно из-за высокой термонагруженности тормозов задней оси, что влияет на безопасную эксплуатацию в горных условиях. Это подтверждается зависимостью тормозного пути автомобиля от температуры колодок задних тормозных механизмов, полученного экспериментальным путём. Так при температуре тормозных механизмов задней оси автомобиля ЗИЛ-130 $T_2 = 420^\circ\text{C}$ (693 K) тормозной путь со скорости 50 км/ч составил 60 м. При снижении температуры задних тормозных накладок до 300°C (573 K) тормозной путь составил ≈ 48 м.

В сложных дорожных условиях вероятность отказа рабочих тормозных систем существенно увеличивается, и особый характер приобретает вопрос сохранения эффективно-

сти торможения запасной тормозной системой.

Надежность и эффективность тормозных систем, в том числе запасных, во многом зависят от принятых в их конструкциях способов повышения схемной надежности и резервирования. Разработан расчетно-экспериментальный метод оценки эффективности запасных тормозных систем. С целью выбора предпочтительной схемы для работы в горных условиях проанализированы существующие схемы тормозных систем и сопоставлены степени снижения их эффективности с допускаемыми значениями по ГОСТ Р 51709-2001. Наибольшее распространение получили схемы разделения по осям (Daimler - Benz, BA3-2101 - 2107, ГАЗ-24, РАФ, грузовые автомобили КамАЗ, ГАЗ, ЗИЛ), диагональное объединение тормозов (SAAB-96, Audi и Volkswagen, BA3-2108, -09,-10, ЗАЗ-1102) и модернизированный вариант (Volvo) двухконтурной тормозной системы.

Анализ полученных результатов показывает, что из сравниваемых схем наиболее предпочтительным для работы в горных условиях эксплуатации является модернизированный вариант двухконтурной тормозной системы (ЗИЛ-5301), обеспечивающий достаточно высокую эффективность торможения.

В результате исследования тормозных свойств АТС при эксплуатации в горных условиях:

- Разработан расчетно-экспериментальный метод оценки соответствия тормозных систем АТС нормативно-техническим документам, регламентирующим международными предписаниями. Экспериментально доказана адекватность метода (погрешность оценки тормозного пути и установившегося замедления с дорожными испытаниями не превышает 5%). Выявлено, что основные показатели эффективности тормозной системы в горных условиях эксплуатации не удовлетворяют требованиям стандартов.

- Предложена методика анализа эффективности тормозных систем, которая учитывает особенности динамики торможения АТС в горных условиях и может быть применима и в других условиях эксплуатации. Показано, что не учет изменения координаты центра масс в зависимости от уклона дороги α приводит к неадекватному описанию реальной картины в горных условиях.

- При проектировании смешанной тормозной системы необходимо стремиться к тому, чтобы соотношение тормозных сил при нагреве также оставалось постоянным. Для конкретного случая, автомобиля BA3-2108 температура дискового тормоза должно быть 573 К, а барабанного - 448 К. С увеличением теплонагруженности замедление уменьшается приблизительно на 35% при постоянном давлении в приводе тормозов, по сравнению с максимальным замедлением. Передние тормозные механизмы излишне перегружены, а температура задних тормозов не превышала 573 К, что привело к изменению соотношения тормозных сил по осям автомобиля и опережающему блокированию задних колес при коэффициентах сцепления $\varphi > 0,6$.

- Установлено, что при наличии регулятора тормозных сил использование сцепного веса значительно повышается. Для обеспечения наибольшей эффективности торможения автомобиля с РТС необходимо оптимизировать величину коэффициента сцепления, при котором достигается максимальная степень использования сцепного веса на диапазоне $[\varphi_{\min} = 0.3; \varphi_{\max} = 1.0]$ в дорожных условиях.

- По оценке степени использования сцепного веса для двух условий торможения (в равнинной местности $\alpha = 0^\circ$ и в горных условиях $\alpha = 10^\circ$) установлено, что заложенные в конструкции автомобиля параметры регулирования и соотношения тормозных сил, приводят к большим потерям приводного давления в контуре привода задних колес. Так, потери сцепного веса для автомобиля BA3-2108 с полной нагрузкой, при коэффициенте сцепления $\varphi = 0,6$ составляет при движении: а) на горизонтальной дороге: до оптимизации - 20%, а после оптимизации-16%; в) на уклоне: до оптимизации-55%, а после оптимизации-52%.

Внедрение результатов исследования позволяет уменьшить ошибки при корректировании нормативов ТЭА в конкретных природно-климатических условиях горных регионов, приводит к более эффективному использованию материальных и трудовых затрат, и способствует безопасной эксплуатации АТС в экстремальных горных условиях.

УДК 621.865.8

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАШИН С МЕХАНИЗМОМ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Зиялиев К.Ж., Чинбаев О.К., Такырбашев А.Б., Дюшембаев Ж.Ж.

БСык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова

В работе рассматривается динамический анализ механического генератора ударных импульсов высокой мощности ГУИМ-1, приведены формулы расчета и сделаны выводы на основе полученных данных.

Теоретические и экспериментальные исследования механизмов переменной структуры (МПС) показали, что на их основе можно создавать высокоэффективные генераторы ударных импульсов высокой мощности. Такие машины могут быть использованы для глубокого уплотнения грунтов под различные строительные конструкции, подготовки основания железных и автомобильных дорог. С целью удовлетворения этих потребностей в

Инженерной академии Кыргызской Республики на основе МПС с наибольшим коромыслом разработан и изготовлен опытный образец механического генератора ударных импульсов высокой мощности, общий вид которого представлен на рис. 1. Проведенные испытания показали, что данная машина обладает высокой надежностью и производительностью.



Рис. 1. Механический генератор ударных импульсов высокой мощности ГУИМ-1

Испытания проводились при горизонтальном положении основания (корпуса) машины, хотя по предварительным теоретическим данным она может обеспечивать технологический процесс и на наклонных поверхностях. Для того чтобы определить потенциальные возможности ГУИМ-1, т.е. максимальные углы наклона обрабатываемой поверхности, при которых еще сохраняется способность машины, проведем динамический анализ по методу, предложенного нами впервые. Суть данного метода заключается в следующем: С учетом невысокой в пределах

0,35 Гц частотой ударов, совершаемых механическим генератором ударных импульсов высокой мощности ГУИМ-1, предполагаем, что колебания, возникающие за счет упругости звеньев при движении механизма не велики. Поэтому динамический анализ данной машины будем проводить в несколько упрощенном варианте, т.е. пренебрегая упругими свойствами деталей и узлов машины.

Для проведения динамического анализа используем уравнение движения в дифференциальной форме [1]:

$$J_{\Sigma}^{np} \frac{d\omega}{dt} + \frac{1}{2} \frac{dJ_{\Sigma}^{np}}{d\varphi} \omega^2 = M_{\Sigma}^{np}. \quad (1)$$

В уравнении (1) суммарный приведенный момент инерции J_{Σ}^{np} состоит из двух составляющих: приведенного момента инерции, зависящего от положения механизма (приведенный момент инерции кривошипно-коромыслового исполнительного ударного механизма) $J_{МПС}^{np}$ и приведенного момента, имеющего постоянное значение (приведенный момент инерции ротора электродвигателя и вращающихся деталей и узлов редуктора) J_{const}^{np} .

$$J_{\Sigma}^{np} = J_{МПС}^{np} + J_{const}^{np}. \quad (2)$$

Графики зависимостей суммарного приведенного момента инерции J_{Σ}^{np} и приведенного момента инерции кривошипно-коромыслового механизма переменной структуры $J_{МПС}^{np}$ от угловой координаты звена приведения φ_1 , т.е. кривошипа, приведены на рис. 2.

Суммарный приведенный момент M_{Σ}^{np} в уравнении (1) состоит из приведенного момента сил тяжести звеньев МПС $M_{G_{\Sigma}}^{np}$, зависящего от положения механизма

и приведенного момента двигателя $M_{\partial в}^{np}$, зависящего от скорости вращения кривошипа, т.е. $M_{\Sigma}^{np} = M_{G_{\Sigma}}^{np} + M_{\partial в}^{np}$.

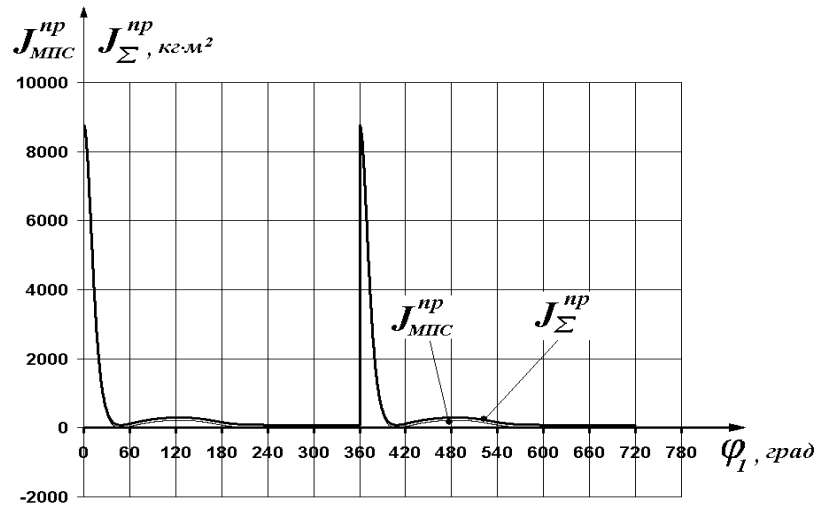


Рис. 2

График зависимости суммарного приведенного момента сил тяжести звеньев $M_{G_{\Sigma}}^{np}$ от угла φ_1 , полученной при горизонтальном положении ГУИМ-1 ($\psi = 0^0$), представлен на рис.3.

Вторая составляющая суммарного приведенного момента $M_{\partial в}^{np}$, т.е. момент на валу ротора асинхронного электродвигателя, приведенный к кривошипу и зависящий от угловой скорости кривошипа, определяется по формуле Клосса:

$$M_{\partial в}^{np} = \frac{2M_{\kappa}^{np} \cdot S \cdot S_{\kappa}}{S_{\kappa}^2 + S^2}, \quad (3)$$

где $M_{\kappa}^{np} = 531482 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – критический момент на валу ротора, приведенный к кривошипу; $S_{\kappa} = 0,25$ – критическое скольжение; $S = 1 - \frac{\omega_1}{\omega_0^{np}}$ – скольжение; ω_1 – угловая скорость кривошипа; $\omega_0^{np} = \frac{\omega_0}{u_{mp}} = 2,3668 \text{ с}^{-1}$ – угловая скорость кривошипа, соответствующая синхронной угловой скорости вращения ротора; $u_{mp} = 66,3689$ – передаточное отношение трансмиссии.

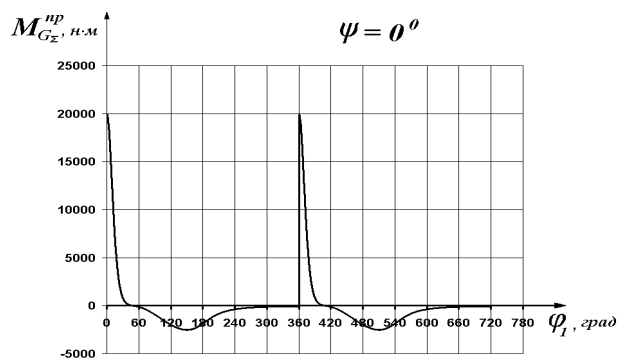


Рис. 3

Угловое перемещение кривошипа (звена приведения) делим на элементарные угловые шаги величиной

$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_0 = \dots = \varphi_n - \varphi_{n-1}$ (рис. 4). Приближенно можно принять, что в пределах

небольшого интервала $\Delta\varphi$ при увеличении угла φ движение звена приведения равноускоренное, суммарный приведенный момент инерции изменяется линейно и суммарный

$$J_{\Sigma}^{np} \cdot \varepsilon + \frac{1}{2} \frac{\Delta J_{\Sigma}^{np}}{\Delta\varphi} \omega^2 = M_{G_{\Sigma}}^{np}(\varphi) + M_{\partial\delta}^{np}(\omega), \quad (4)$$

где J_{Σ}^{np} – суммарный приведенный момент в начале углового шага $\Delta\varphi$; ε – угловое ускорение звена приведения в отрезке времени, при котором кривошип поворачивается на угловой шаг (интервал) $\Delta\varphi$; ΔJ_{Σ}^{np} – разность значений суммарного приведенного момента J_{Σ}^{np} в конце и начале углового шага $\Delta\varphi$; ω – угловая скорость звена при-

веденный момент остается неизменным. С учетом отмеченных выше допущений, формулу (1) можно записать в следующем виде [2]:

ведения в начале углового шага $\Delta\varphi$; $M_{G_{\Sigma}}^{np}(\varphi)$ – суммарный приведенный момент сил тяжести подвижных звеньев МПС в начале углового интервала $\Delta\varphi$; $M_{\partial\delta}^{np}(\omega)$ – приведенный момент двигателя в начале углового интервала $\Delta\varphi$.

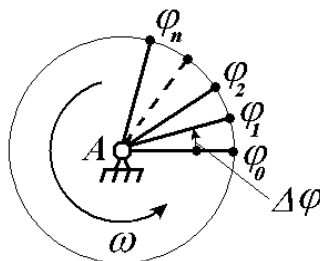


Рис. 4

Формулу (4) применительно к перемещению звена приведения из положения «0» (φ_0) в

$$J_{\Sigma}^{np}(\varphi_0) \cdot \varepsilon_{01} + \frac{1}{2} \cdot \frac{J_{\Sigma}^{np}(\varphi_1) - J_{\Sigma}^{np}(\varphi_0)}{\Delta\varphi} \cdot \omega_0^2 = M_{G_{\Sigma}}^{np}(\varphi_0) + M_{\partial\delta}^{np}(\omega_0). \quad (5)$$

Для выполнения расчета, должны быть заданы начальные условия, т.е. φ_0 и ω_0 . Из этих начальных условий определяем $\varphi_1 = \varphi_0 + \Delta\varphi$, затем, используя формулу приведения, определяем $J_{\Sigma}^{np}(\varphi_0)$ и $J_{\Sigma}^{np}(\varphi_1)$. Суммарный приведенный момент сил тяжести $M_{G_{\Sigma}}^{np}(\varphi_0)$ также определяется

положение «1» (φ_1) запишем в следующем виде:

на основе формул приведения. Момент на валу двигателя $M_{\partial\delta}^{np}(\omega_0)$, приведенный к кривошипу, определяется по формуле (3). Таким образом, из уравнения (5) можно определить ускорение ε_{01} звена приведения в интервале углового перемещения от φ_0 до φ_1 :

$$\varepsilon_{01} = \frac{M_{G_{\Sigma}}^{np}(\varphi_0) + M_{\partial\delta}^{np}(\omega_0)}{J_{\Sigma}^{np}(\varphi_0)} - \frac{1}{2} \cdot \frac{J_{\Sigma}^{np}(\varphi_1) - J_{\Sigma}^{np}(\varphi_0)}{\Delta\varphi \cdot J_{\Sigma}^{np}(\varphi_0)} \cdot \omega_0^2. \quad (6)$$

Выше было отмечено, что внутри углового шага $\Delta\varphi$, из-за его малости, движение звена приведения считается равноуско-

ренным. Тогда промежуток времени Δt_{01} , в течение которого кривошип (звено приведения) поворачивается на угол $\Delta\varphi$ (от угла

φ_0 до φ_1), определяется по следующей формуле :

$$\Delta t_{01} = \frac{-\omega_0 + \sqrt{\omega_0^2 + 2\varepsilon_{01} \cdot \Delta\varphi}}{\varepsilon_{01}}. \quad (7)$$

Далее, по общеизвестной формуле $\omega_1 = \omega_0 + \varepsilon_{01} \cdot \Delta t_{01}$ определим угловую скорость кривошипа в конце углового шага, т.е. в положении, соответствующем углу φ_1 .

Поскольку стали известными φ_1 и ω_1 , все проведенные выше расчеты кинематических параметров можно использовать и для следующего углового шага кривошипа, т.е. в угловом перемещении звена приведения от φ_1 до φ_2 :

1) ускорение перемещения

$$\varepsilon_{12} = \frac{M_{G_{\Sigma}}^{np}(\varphi_1) + M_{\partial\delta}^{np}(\omega_1)}{J_{\Sigma}^{np}(\varphi_1)} - \frac{1}{2} \cdot \frac{J_{\Sigma}^{np}(\varphi_2) - J_{\Sigma}^{np}(\varphi_1)}{\Delta\varphi \cdot J_{\Sigma}^{np}(\varphi_1)} \cdot \omega_1^2, \text{ где } \varphi_2 = \varphi_1 + \Delta\varphi;$$

2) продолжительность перемещения

$$\Delta t_{12} = \frac{-\omega_1 + \sqrt{\omega_1^2 + 2\varepsilon_{12} \cdot \Delta\varphi}}{\varepsilon_{12}};$$

3) угловая скорость в конце перемещения

$$\omega_2 = \omega_1 + \varepsilon_{12} \cdot \Delta t_{12}.$$

Расчет кинематических параметров для последующих шагов производится аналогично. Полное время работы машины рассчитывается на ЭВМ следующим образом:

$$t = \Delta t_{01} + \Delta t_{12} + \dots + \Delta t_{n-1}; n.$$

В формуле (4) $M_{G_{\Sigma}}^{np}$ является функцией не только от угловой координаты φ_1 , но и от угла наклона ψ основания машины относительно горизонтальной плоскости. Поэтому закон движения звена приведения, и связанные с ним все кинематические и динамические параметры, зависят от значения угла ψ .

Машинный анализ показал, что увеличение угла ψ в отрицательном (по часовой стрелке) и в положительном направлении (против часовой стрелки) приводит к уменьшению энергии удара. Предельные значения угла наклона ψ , при которых еще существует способность коромысла нанести удар, установленные на основе машинного анализа, составляют $\psi = -66^0$ (рис.5) и $\psi = 159^0$ (рис. 6)

Динамический анализ механического генератора ударных импульсов высокой

мощности ГУИМ-1 также показал, что электродвигатель в течение одного цикла нагружен неравномерно (даже при горизонтальном положении машины), в отдельных моментах он работает в режиме генератора. Ближе к моменту удара электродвигатель нагружается так сильно, что приводит к резкому уменьшению скорости вращения ротора двигателя, в результате энергия единичного удара не достигает расчетной величины $E = 50 \text{ кДж}$.

На основе проведенного выше динамического анализа можно сделать следующий очень важный вывод: Для того чтобы увеличить энергию удара, необходимо снабжать ударные машины с МПС пружинным (или другим) аккумулятором энергии, который должен преобразовывать часть кинетической энергии машины в потенциальную в тот период, когда кривошип поворачивается с $\varphi_1 = 156^0$ до $\varphi_1 = 48^0$, а затем эту накопленную потенциальную энергию преобразовывать обратно в кинетическую.

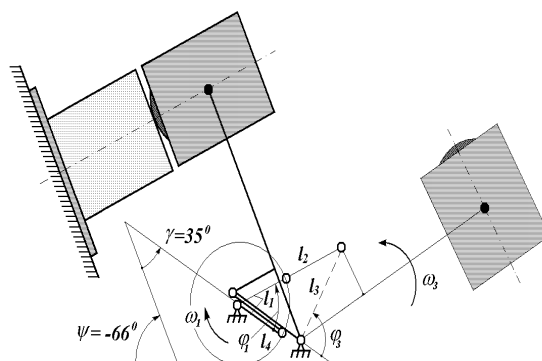


Рис. 5

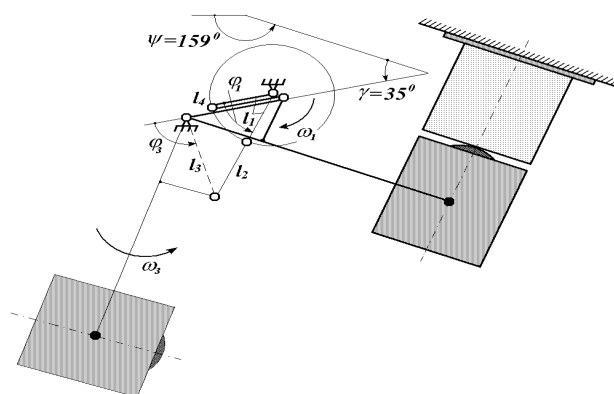


Рис. 6

Литература

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988. – 638 с.

2. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. – Бишкек: Илим. – 2005. – 193 с.

УДК 621.878.25

ИССЛЕДОВАНИЕ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ГРУНТОВ

Тургунбаев М. С.

Таласский государственный университет

На основе исследования геометрических признаков получено выражение для определения коэффициентов формы крупных обломков грунтов. Определена классификация крупнообломочных включений грунтов по форме, размеру, массе и геометрическому признаку.

On the basis of research geometrical attributes were taken expression for definition factors of the form of large fragments ground is received. The classification of large fragment of large fragment of inclusions is grounds of form size weight and geometrical attribute determined.

Территория Кыргызской Республики отличается наличием грунтов с различными крупнообломочными включениями /1/.

По ГОСТу 25100-95 из крупнообломочных грунтов выделяются: гравийные (при неокатанных гранях - дресвяной) частицы размером более 2 мм более 50 %, галечниковые (при неокатанных гранях - щебенистый) частицы размером более 10 мм более 50 %, валунные (при

неокатанных гранях - глыбовой) частицы размером более 200 мм более 50 % по массе грунта. В этом документе не указывается классификация галечниковых и валунных включений грунтов.

С целью составления классификации были исследованы галечниковые и валунные включения грунтов. Пример содержания валунов в составе крупнообломочно-пылевато-глинистых грунтов показан на рис.1.

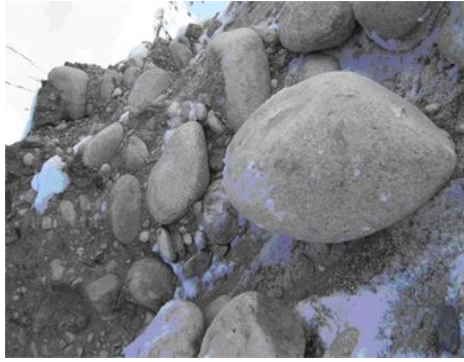


Рис.1. Фрагмент содержания валунов в составе обломочно-пылевато-глинистых грунтов

Основными классифицирующими признаками крупных горных пород являются доступные для наблюдения любого человека признаки внешнего строения – геометрические признаки или их структура и текстура.

Для определения классификации каменных включений по геометрическому признаку исследуют эллипсоид вращения, допуская как прототип камням.

Правильный эллипсоид представляет собой замкнутую овальную поверхность, обладающую тремя взаимно перпендикулярными плоскостями симметрии, а в системе декартовых прямоугольных координат определяется каноническим уравнением:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (1)$$

Величины a , b , c называются полуосями, при этом a – маленькая полуось, b – большая полуось эллипсоида. Если все они различны, то эллипсоид представляется трехосным. В случае, $a = b = c$ эллипсоид яв-

$$d_{cp} = \frac{d_m + d_b}{2} = \frac{(d_m + \Delta_x) + (d_b - \Delta_x)}{2}, \quad (3)$$

где Δ_x – изменение диаметра эллипсоида.

$$\Delta_x = d_o - d_m = d_b - d_o, \quad (4)$$

$$d_b = d_o + \Delta_x, \quad (5)$$

$$d_m = d_o - \Delta_x, \quad (6)$$

где d_o – радиус сферы, d_b – большой диаметр, d_m – маленький диаметр эллипсоида.

Можно ввести коэффициент формы или коэффициент вытянутости валунов и глыб, определяемый по формуле:

$$K_f = \frac{d_b}{d_m}, \quad (7)$$

Теперь согласно [4], полученным зависимостям (7) и положениям эллипсоидов проведем классификацию каменных включений.

ляется сферой. Если эллипсоид образован вращением эллипса вокруг его большой оси, то он называется вытянутым эллипсоидом вращения; эллипсоид, образованный вращением эллипса вокруг меньшей оси, называется сжатым эллипсоидом вращения [2, 3]. Исследование зависимостей между маленькими и большими полуосями проведем, допуская, что длина криволинейной поверхности будет постоянной при изменении значений полуосей эллипсоида.

$$C = \pi d_{cp} \quad (2)$$

где $d_{cp} = (d_b + d_m)/2$ – средний диаметр эллипсоида.

При изменении маленькой и большой диаметров изменяется вытянутость эллипсоида, но при этом остается постоянной длина криволинейной линии, значит и средний диаметр эллипсоида. Отсюда следует, что насколько изменяется маленький диаметр, настолько изменяется значение большого диаметра эллипсоида.

В результате определены следующие геометрические и физические параметры валунов и глыб, которые приведены в табл. 1.

По результатам вычислений согласно зависимости (7) коэффициенты формы валунов и глыб находятся: сферические – 1,0...1,05; сжатые эллипсоиды – 1,12...1,16; вытянутые эллипсоиды – 1,24...1,34; неправильной формы – 1,29...1,42,

Таблица 1.

Геометрические и физические параметры валунов и глыб

Классификация по трудности поднятия валунов и глыб	Геометрические и физические характеристики				
	Вес валунов и глыб, кг	Большой диаметр d_b , см	Маленький диаметр d_m , см	Плотность, г/см ³	Объем, см ³
Сферические					
легкие	До 5,0	50,0	До 43	2,40	1810,0
средней тяжести	5...10	50... 62,5	43...58,0	2,40	1810...4098,7
тяжелые	10...15	62,5...72,0	58...66	2,40	498,7...6433,3
очень тяжелые	более 15	более 72	более 66	2,40	более 6433,3
Сжатые эллипсоиды					
легкие	До 5,0	54,0	До 44	2,40	2332
средней тяжести	5...10	54... 61,0	44...48,0	2,40	2332...4166,6
тяжелые	10...15	61...84,0	48...59,0	2,40	4166,6...6166,6
очень тяжелые	более 15	более 84	более 59	2,40	более 6166,6
Вытянутые эллипсоиды					
легкие	До 5,0	57,0	До 43	2,40	2002,2
средней тяжести	5...10	57... 67,0	43...53,0	2,40	2002,2...4154,5
тяжелые	10...15	67...72	53...63	2,40	4154,5...6146,8
очень тяжелые	более 15	более 84	более 59	2,40	более 6146,8
Яйцеобразные					
легкие	До 5,0	57	До 41	2,40	1989
средней тяжести	5...10	57...76	44...47	2,40	1989...4200
тяжелые	10...15	76...83	47...60	2,40	4200...6100
очень тяжелые	более 15	более 83	более 60	2,40	более 6100
Плоские					
легкие	До 5,0	56,5	До 44	2,40	1875,1
средней тяжести	5...10	56,5... 71,0	44...60,0	2,40	1875,1...3975
тяжелые	10...15	71...85	60...75	2,40	3975...6225
очень тяжелые	более 15	более 85	более 75	2,40	более 6225
Неправильной формы					
легкие	До 5,0	56,5	До 40	2,40	1980,2
средней тяжести	5...10	56,5... 75,0	44...46,0	2,40	1980,2...4152
тяжелые	10...15	75...82	46...60	2,40	4152...6010
очень тяжелые	более 15	более 82	более 60	2,40	более 6010

яйцеобразные – 1,3...1,45, плоские – 1,4...1,55 (табл. 2).

Анализ таблицы показывает, что при постоянной массе камней увеличение коэффициента формы приводит к вытянутости валунов и глыб по большой полуоси эллип-

соидов. При разработке грунтов формы и размеры, а также пространственное расположение каменистых включений оказывают существенное влияние на силовые параметры процесса резания и копания.

Таблица 2.

Геометрическая форма		Коэффициент формы
Сферический		1,0...1,05
Эллипсоид сжатый		1,12...1,16

Эллипсоид вытянутый		1,24...1,34
Яйцеобразные		1,3...1,45
Плоские		1,4...1,55
Неправильной формы		1,29...1,42

Значения коэффициентов формы валунов и глыб

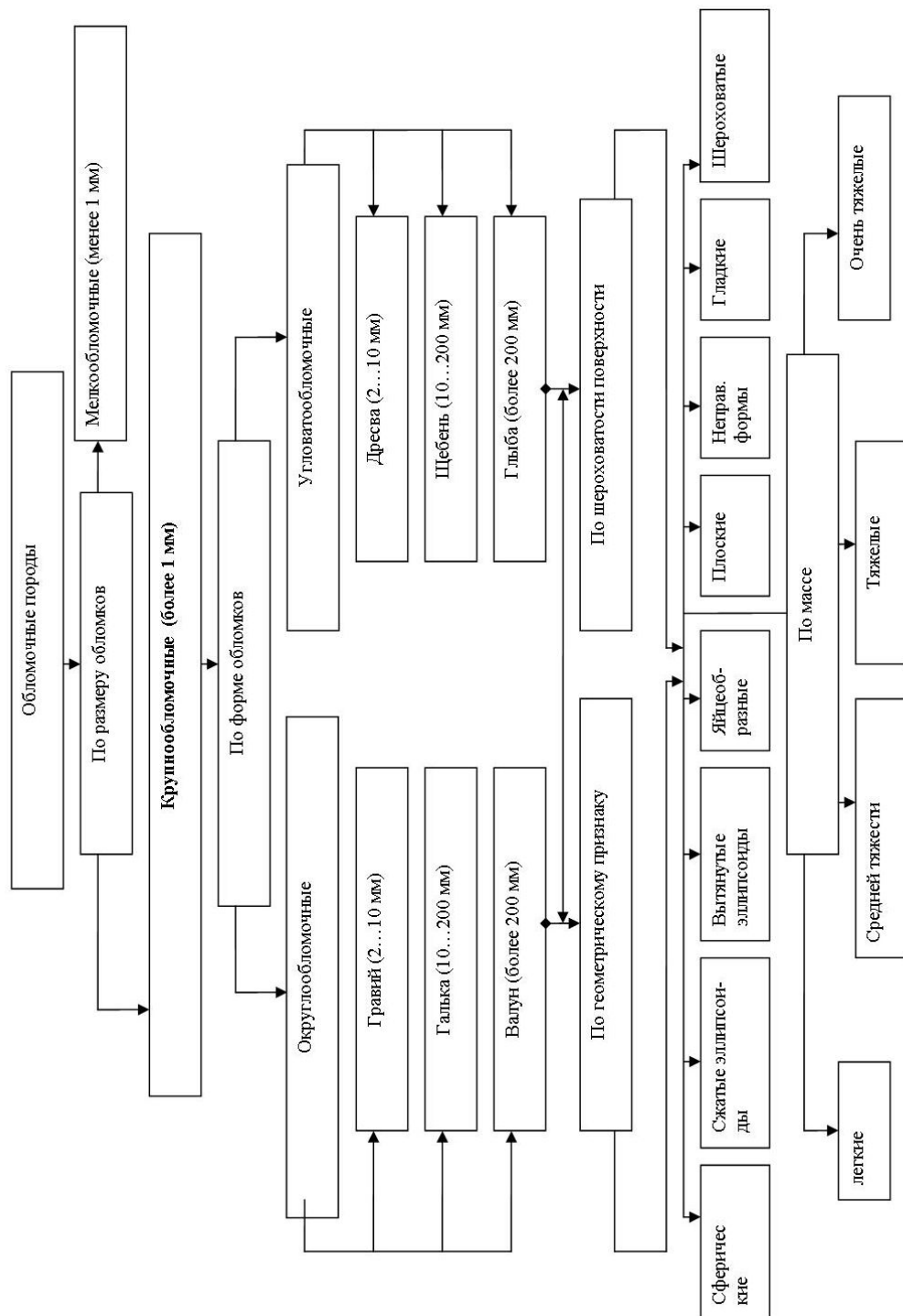
Определенная классификация валунов и глыб по форме, геометрическому размеру и массе (рис 2) будет учитываться в теоретических и экспериментальных исследованиях процесса резания и копания грунтов с валунными и глыбовыми включениями. Предварительные экспериментальные исследования показали, что координаты действия силы резания на каменистые включения значительно влияют на процесс резания грунтов с каменистыми включениями /5/.

Литература

1. Тургунбаев М.С. Грунтовые условия эксплуатации землеройных машин в северных регионах Кыргызской Республики. Современные проблемы

проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог: Материалы научно-технической конференции Алма-Ата, 1998 г

2. Ефимов Н.В. Краткий курс аналитической геометрии – М.: Наука, 1967, 227 с.
3. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Аналитическая геометрия – М.: Наука, 1981, 231 с.
4. ГОСТ 25100-95. Межгосударственный стандарт. Грунты. Классификация. Москва: Минстрой России, 1995. 31 с.
5. Стенд для исследования процесса резания грунтов с каменистыми включениями. Сб. науч. трудов ТалГУ. - Талас, 2008.



УДК 621.9: 62 – 225.1

ДВУХКОНТУРНАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТ СТАНКА НА ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ОПОРЕ

Юнусов Ф.И.
КРСУ

В работе рассматривается электрическая часть двухконтурной автоматической системы управления режимами работ станка на гидростатической опоре.

Рассматривается возможность создания принципиально новой двухконтурной адаптивной системы управления на базе гидростатической опоры применительно к токарным станкам в частности для доработки тел вращения, которая может осуществлять управление по двум контурам управления одним датчиком, отслеживая при этом два параметра: скорость движения исполнительного органа и зазора в направляющих.

Двухконтурная автоматическая система регулирования отличается простотой, компактностью (в виде панели), легко встраивается к любому оборудованию и не требует больших затрат на нее изготовление.

Применение таких автоматических систем в станках, предназначенных для чистовой обработки изделий, дают ориентировочно следующие результаты:

- 1) повышение производительности на 20% за счет уменьшения настроечных операций;
- 2) качество продукции (геометрические размеры, чистота поверхности) возрастают за счет стабильности настройки;
- 3) стойкость инструмента, поскольку он работает в одинаковых условиях, повышается в среднем на 60%.

1) срок службы оборудования также возрастает, поскольку обеспечиваются стабильные режимы работ его узлов и механизмов.

На рис. 1 приведена принципиальная схема двухконтурной системы стабилизации подачи и зазора, состоящая из станины (опоры) 1, на которой установлен суппорт станка с силовым цилиндром 2.

На суппорте станка установлен режущий инструмент 3, также в нем установлен электромагнитный датчик (индуктивный) 4, который соединен с двумя электрическими усилителями 5 с разными коэффициентами усиления. Выход каждого усилителя стыкуется со своим электромагнитным движителем 6, якоря, которых жестко связаны с соответствующими золотниками 7.

Золотники 7 имеют один вход и один выход. На вход подключен 8. Выход каждого золотника подключен соответственно силовому цилиндру и гидростатической опоре.

К золотникам параллельно подключены редукционные клапана 9 для обеспечения на них постоянства перепада давления независимо от нагрузки в исполнительных органах.

Принцип действия.

Работа автоматики основана на принципе обратного входа. Сигнал погрешности, поступающий с датчика, усиливается с разными коэффициентами усиления в связи с тем, что исполнительные органы – объекты управления: силовой цилиндр подачи и гидростатические направляющие имеют разные назначения и рабочие параметры.

Усиленный сигнал приводит якорь электромагнита в движение. Якорь жестко связан с золотником, который в свою очередь раскрывает окно золотника и тем самым увеличивает или уменьшает расход рабочей жидкости в исполнительные органы, т.е. гидростатическую опору (ГО) и ГЦ-гидроцилиндр.

Увеличение или уменьшение расхода в рабочие органы приводит к уменьшению погрешностей в деталях количество обрабатываемой поверхности её геометрические размеры в процессе обработки в связи с тем, что система автоматически обеспечивает стабильность величин подачи инструмента и зазора в ГО.

Рабочая жидкость подается насосом из бака в золотниковые регуляторы.

На случай критического давления в системе предусмотрен предохранительный клапан 10.

Рассмотрим электрическую часть системы управления:

На рис. 2 приведена электрическая схема управления системы.

Индуктивный датчик дифференциального типа с изменяемым зазором имеет для спрямления нелинейности схему с двумя отдельными магнитными цепями и общим якорем. Зазор изменяется с одинаковым абсолютным значением, но различным по знаку.

Обмотки катушек включают в соседние плечи дифференциальной мостовой схемы. Образованную сравнительную систему объединяют с рабочей системой в единый дифференциальный преобразователь. Это объеди-

нение способствует повышению чувствительности в 2 раза, компенсации температурных погрешностей в нулевой точке, снижению усилий магнитного притяжения и спрямлению характеристики.

Для преобразователей с изменяющимся зазором

$$\frac{\Delta L}{L_0} = - \frac{\Delta \delta}{\delta_0},$$

где δ_0 — начальное значение зазора. Линейная характеристика сохранится при

$$\frac{\Delta \delta}{\delta_0} = 0,15 - 0,2.$$

В качестве индуктивного датчика принят модель 223 завода «Калибр».

Основные характеристики датчика:

Рабочий участок характеристики преобразователя не менее, мм $\pm 0,100$

Свободный ход измерительного штока не менее, мм 2

Измерительное усилие, сН 25 ± 5

Частота напряжения питания не более, кГц 10

Напряжение питания преобразователя не более, В 1,5

Габаритные размеры, мм 10X75

Масса, кг 0,050

Полученный сигнал с выхода подается на два преобразователя – усилителя различных контуров управления. Преобразователь – усилители представляют собой два одинаковых схем управляющих мощной нагрузкой переменного тока, работающих на симистрах ВТ139 на 16 А. Для защиты схемы не имеется прямой электрической связи между высоковольтной и низковольтной частью для этого существует специальная сборка —

симисторный оптодрайвер МОС3041. Полученный сигнал постоянного тока преобразуется в переменную и усиливается для управления электромагнитными катушками регуляторов расхода. Преимущество данной схемы перед схемами релейного управления – простота, надежность, большой запас по перегрузке, компактность и доступность.

Регулировка разности сигналов двух контуров осуществляется переменными резисторами R^0_1 и R^0_2 , которыми настраиваются заданные режимы работ станка.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что разработанную автоматическую систему на базе ГО можно будет использовать при создании высокоточных токарных, расточных и шлифовальных станков, предназначенных для финишной обработки, так как эта система обладает высокой точностью и быстродействием.

Литература

1. Башта Т. М., Гидропривод и гидропневмоавтоматика. М., 1972. 319 с.
2. Бесекерский В. А., Попов Е. П., Теория систем автоматического регулирования. М., 1975. 768 с.
3. Иринг Ю. Проектирование гидравлических и пневматических систем: Пер. со словац. Л., 1983. 363 с.
4. Лещенко В. А. Гидравлические следящие приводы станков с программным управлением. М., 1975. 288 с.
5. Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. М., 1987. 464 с.

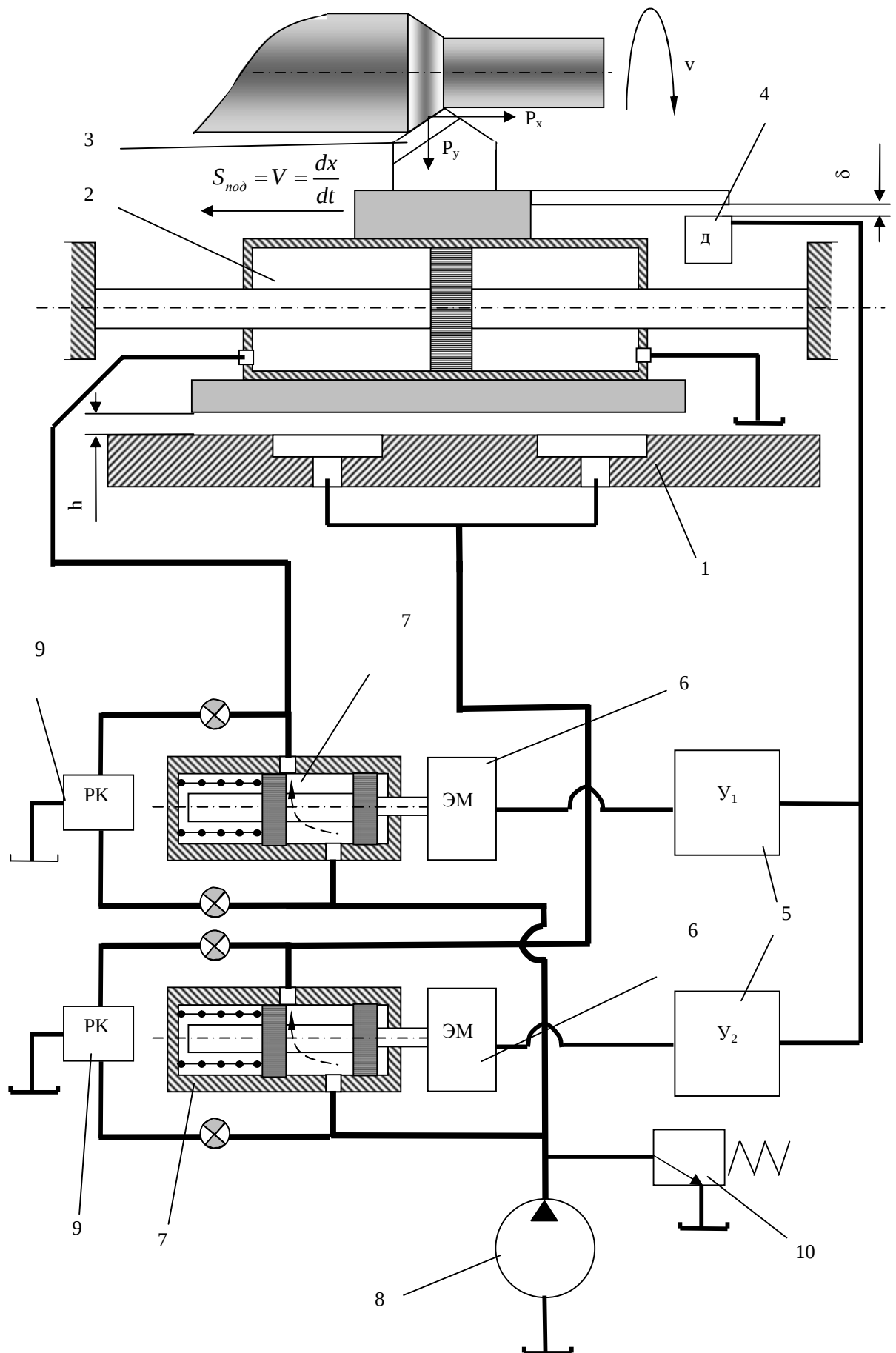


Рис. 1. Принципиальная схема автоматической системы

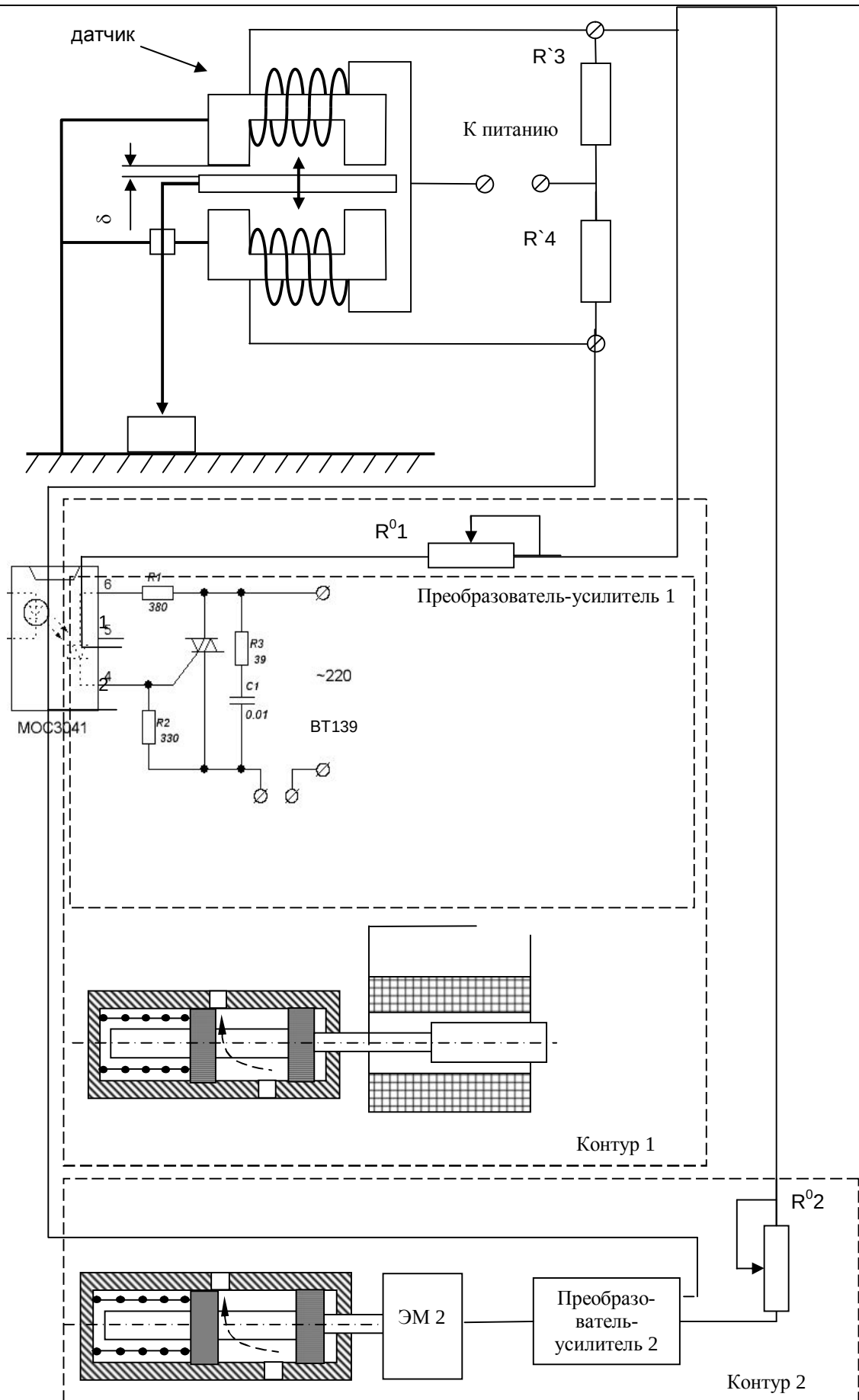


Рис. 2. Принципиальная схема электрической части системы управления

УДК 621.791:94.55

О ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

*Жайнаков А.Ж., Кабаева Г.Д., Аманкулова Н.А., Жумалиев Ж.М.**Институт горного дела им У.А. Асаналиева при КГТУ им. И. Раззакова**Дано описание созданной виртуальной лаборатории плазменной обработки металлов.*

Создание виртуальных лабораторий для исследования физических или технологических процессов вызвано не только простым интересом к разработке подобных программных продуктов, но и насущной проблемой – отсутствием достаточной лабораторной базы для изучения этих процессов. Виртуальные лаборатории основаны на системах компьютерного моделирования процессов.

Интенсивное развитие компьютерных систем моделирования различных технологических процессов стало возможным, благодаря высокому уровню современных компьютерных технологий. В некоторых случаях виртуальные лаборатории являются единственным способом исследования высокоинтенсивных сложных физических процессов и явлений для создания и эксплуатации, сложных инженерно – технических установок и устройств [1]

В настоящей работе дано описание программного обеспечения виртуальной лаборатории плазменной обработки металлов. На кафедре информационных технологий и математического моделирования ИГДиТ КГТУ в течение нескольких лет ведется разработка программного обеспечения виртуальной лаборатории плазменной обработки в сотрудничестве с кафедрой технологии машиностроения КГТУ.

Воздушно-плазменные способы обработки материалов (сварка, резка, поверхностная резка) широко используются в различных отраслях промышленности. Вызвано это, прежде всего их высокой эффективностью, приемлемой стоимостью и сравнительной экологичностью [2, 3]. В частности, плазменная резка может быть использована как заготовительная операция на предприятиях

энергетики, при строительстве железных дорог.

Программное обеспечение виртуальной лаборатории или системы компьютерного моделирования процесса плазменной обработки металлов состоит из следующих компонент:

- базы данных по технологии обработки металлов, которая содержит данные экспериментальных работ, сведения об оборудовании, оптимальных режимах; таблицы свойств металлов, плазмообразующих сред;
- модуля графического (визуального) моделирования, который позволяет воспроизвести процесс резки с помощью анимации графических изображений;
- модуля математического моделирования процесса плазменной обработки;
- модуля справочной системы.

На рис. 1 представлено окно программы, которое предоставляет возможность выбора устройства для резки, выбора формы разрезаемого изделия (рис.2), вида металла, режимов резки. При нажатии кнопки *Плазмотроны* - выбора устройства для резки появляется окно с изображениями плазмотронов – специальных устройств, генерирующих плазменную дугу. Сделав выбор плазмотрона, можно нажать кнопку *Выбор режима резки*, в окне выбора режима резки следует установить необходимые значения в полях ввода или выбрать нужные значения из выпадающих списков. Чтобы воспроизвести процесс резки в режиме анимации, следует нажать кнопку *Запуск*. Появится окно демонстрации процесса резки выбранного типа материала, выбранной формы (рис.3, 4).



Рис. 1. Окно программы Виртуальная лаборатория плазменной обработки

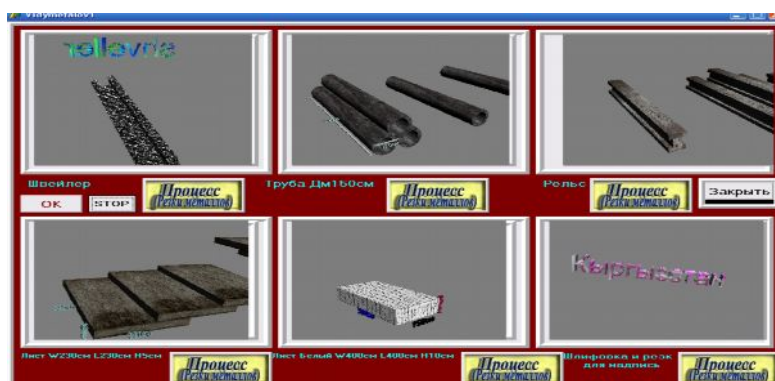


Рис. 2. Окно программы выбора формы разрезаемого изделия



Рис. 3. Окно демонстрации процесса резки плоского изделия

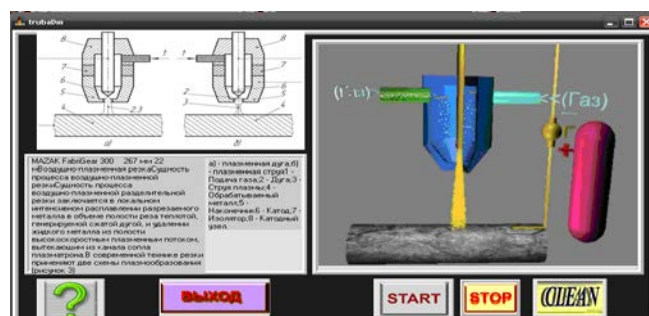


Рис. 4. Окно демонстрации резки трубы

При необходимости выполнения тепловых расчетов, следует нажать кнопку *Расчеты*, чтобы вызвать окно математического моделирования рассматриваемых процессов обработки металлов. В окне математического моделирования, например, процесса плазменной резки металлов нужно ввести данные для выполнения расчетов. Данные вводятся непосредственно в поля ввода или выбираются из выпадающих списков значений рис.5. Нажатие кнопки *Выполнить* запускает сформированную задачу на выполнение. При необходимости можно изменить вход-

ные данные в диалоговом окне ввода данных и повторить расчет, для того чтобы провести сравнительный анализ влияния входных параметров на результаты. Результаты расчетов можно получить в табличном и \ или в графическом виде.

Пользуясь схемой линейного подвижного источника теплоты мощностью q , движущегося со скоростью v в неограниченной пластине заданной толщины (рис.5), с координатами $x = vt$ и y , определялась температура в любой точке из уравнения:

$$T(x, y) = \frac{q}{2\pi\lambda\delta} \exp\left(-\frac{vx}{2a}\right) K_0\left(r\sqrt{\frac{v^2}{4a^2} + \frac{b}{a}}\right) \quad (2.5)$$

Где $q = \eta / U$, $r = \sqrt{x^2 + y^2}$; K_0 – функция Бесселя от мнимого аргумента 2-го рода; b – коэффициент, учитывающий интенсивность понижения температуры пластины из-

за теплоотдачи в окружающую среду; λ - коэффициент теплопроводности; a - коэффициент температуропроводности

На рис.7. представлена диаграмма расчета температуры по этой схеме. В точках, где находятся сосредоточенные источники, рассчитанная по этой схеме температура может достигать бесконечно больших значений. Поэтому, обычно при расчетах для мощных источников, применяемых при резке

и сварке, могут быть большие погрешности в определении полей температур.

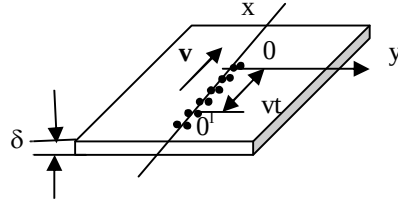


Рис.6. Схема движения непрерывно действующего линейного источника мощностью q , перемещающегося со скоростью v в бесконечной пластине.

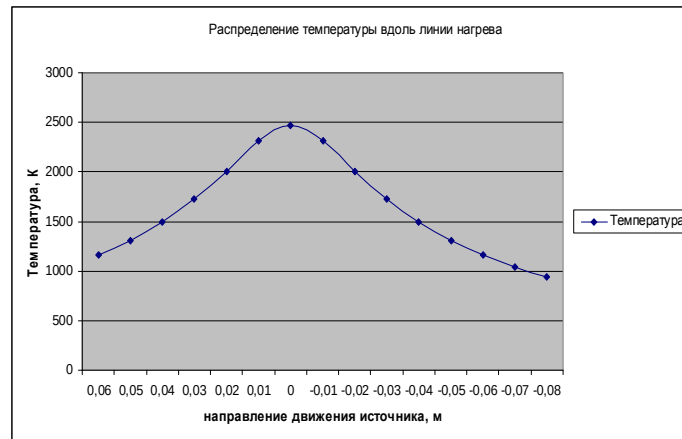


Рис.7. Распределение температуры по схеме линейного источника

При выполнении расчетов использованы следующие данные: рассматриваемый участок на пластине от $x=6$ см до $x=-8$ см, $y=2$ см; эффективная мощность $q=\eta IU=0,65 \cdot 250 \cdot 200=32500$ Вт; $v=0,028$ м/с, толщина $\delta=1$ см; $\lambda=42$ Вт/(м К); коэффициент теплоотдачи $\alpha=60$ Вт/(см² К); $v=2 \alpha$

$/(\text{ср}\delta)=2,44 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.

В данной работе представлены результаты расчета распределения температурного поля в изделии при нагреве плазменном потоке (рис.8).

Математическое моделирование плазменно-дугового потока

Режим резки

Ток, А: 150

Напряжение, В: 200

Плазмообразующий газ: 120, 130, 140, 150, 200

Расход газа: 220, 250, 300

Длина соплового участка, мм: 3,0

Диаметр сопла: Воздух

Охлаждающий газ: Воздух

Расход охлаждающего газа, л/с: 0.006

Выполнить

Схема

Решение задач теплопроводности при нагреве, плавлении металла

Задачу. Чтобы отменить выбор, щелкните еще раз

для построения разностной сетки

Название металла: Сталь углеродист

Толщина, см: 1

Длина, см: 1

Количество узлов сетки по толщине: 12

Количество узлов сетки по длине: 1

Время, сек: 0.01

Количество шагов по временной сетке: 12

☐ Учитывать испарение металла

☒ Вывести таблицу свойств обрабатываемого металла

Выполнить

Схема

Рис.7. Дополнительные окна с полями

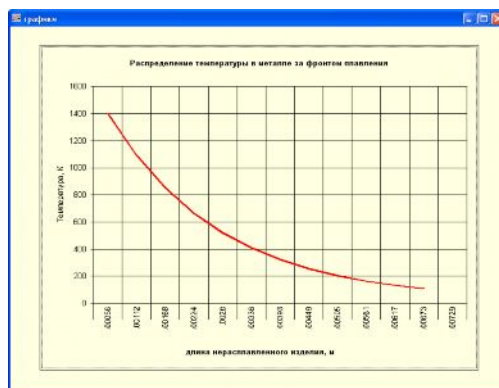


Рис.8. Распределение температуры в изделии

Программа имеет понятный и удобный в управлении пользовательский графический интерфейс, который включает стандартные элементы управления, диалоговые окна: ввода-вывода данных; выбора параметров режима резки: тока, напряжения, расхода газа; задания типа разрезаемого металла и его толщины

Программный комплекс для исследования процесса плазменной обработки металлов позволяет: в диалоговом режиме выбрать из базы данных параметры режима резки металлов различных толщин; визуализацию технологического процесса; выполнить численный эксперимент на основе моделирования тепловых процессов в полости реза.

Виртуальная лаборатория плазменной обработки металлов может быть использована в качестве вспомогательного средства при обучении студентов по курсу «Сварочное производство».

Литература

1. Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конст-

рукций: Учебное пособие для вузов/ С.А. Куркин, В.М. Ховов, Ю.Н.Аксенов и др.; -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.-464с.

2. Компьютерное моделирование процесса плазменного напыления./Ю.С.Борисов, И.В.Кривцун и др.//Автоматическая сварка, №12, 2000 г. с.42-51.
3. Технопарк компьютерного инжиниринга <http://cae.ustu.ru/>
4. Эсибян Э.М. Воздушно-плазменная резка: состояние и перспективы.// Автоматическая сварка, № 12, 2000г., стр. 6-16.
5. Васильев К.В. Особенности плазменно-дуговой резки в азотно-кислородных смесях (Обзор).// Автоматическая сварка, № 12, 2000г., стр. 21-25.
6. Кабаева Г.Д. О разработке программного обеспечения для компьютерного моделирования процессов при плазменной резке металлов. // Вестник КРСУ, 2007, том 7 , № 12, стр. 8-12

УДК: 621. 983.56(575.2)

ТЕХНОЛОГИЯ ЧЕКАНКИ У СРЕДНЕВЕКОВЫХ КЫРГЫЗОВ

Кененсариев К.С., Курманалиев Б.К., Рабидинова А.Д.

КГТУ им.И.Раззакова

В статье рассматривается материал по технологии чеканки и методам украшения драгоценных металлов.

In the article has given the material on technology of processing and decorating of precious metals technology of a caulking.

Настоящей работы является изучение, анализ и систематизация на основании археологических и письменных источников развития, технологии и особенностей изготовления ювелирных изделий, в частности, технологии чеканки у кыргызов в средние века.

В статье используется метод дедуктивного исследования на основе археологиче-

ских памятников, найденных в Южной Сибири (Минусинская котловина), в Средней Азии и Алтае.

Ведение. Среди различных видов ремесел на первом месте стояло ювелирное мастерство, изделия которого высоко ценились при дворе китайского императора.

Сюда относились бронзовые, медные, серебряные, золотые изделия и украшения

которые отличались большим разнообразием и высокохудожественным вкусом. Мастера изготавливали блюда, кубки, чаши, украшали конскую сбрую, предметы женского и мужского костюма, утварь с различными орнаментами. Ювелирные мастера пользовались разнообразными приемами производства: ковкой, литьем, серебрением, золочением, штамповкой, чеканкой, гравировкой. Большинство украшений покрывалось золотой или серебряной инкрустацией. [1, с 18].

У средневековых кыргызских ювелиров особое место занимала технология чеканки. Ею украшали серьги, браслеты фибулы, кольца. Для чеканки готовили специальные стержни – пробойники, на рабочем конце которых делали матрицы с изображением несложных узоров. Каждому узору мастера давали название они звучали также как и в женском прикладном искусстве. Некоторые узоры используются до наших времён. Сейчас они звучат так же, как и в женском прикладном искусстве. Наиболее распространены: круг («тегерек»), круг с точкой посередине («балык коз»), полуoval («ай»), звездобразные узоры («жылдыз»), в виде запятых («ит куйрук»), розетки, которые называют цветком («гуль», «тогуз добо»), узор, напоминающий цифру 8, его называют «кополок канат» (крыло бабочки). Пробойники с изображением рыбки («балык»), меча («кылыч»), ромба считаются наиболее древними, старинными, переходящими из поколения в поколение.

Технологические методы исследования.

Выдающимися достижениями древних ювелиров-чеканщиков были изготовления серебряных и золотых сосудов, при помощиковки из целого куска металла. При этомковка с последующей чеканкой золотых изделий производилась холодным способом, благодаря мягкости металла. [2, с 48].

Технология чеканки осуществлялась тремя способами:

1. Сосуд выковывался, потом ему придавалась окончательная форма; внутрь наливался вар (или смола), на тулово наносился рисунок орнамента; с помощью ряда чеканов (пунсонов) и резцов углублялся фон, сам орнамент расчеканивался высоким рельефом.
2. На укрепленном на варе готовом блюде сначала наносился орнамент. После этого мелким чеканом, прочеканивался весь контур узора двойной линией. Весь фон «канфарен». Он «канфарен» мелкими кружочками, нанесенными круглым полым чеканом.

3. Кроме отделки сосудов рельефным узором, который чеканился непосредственно на тулове сосуда, существовал способ украшения при помощи накладок в виде заранее заготовленных пластинок с чеканным узором.

Технология чеканки производится: 1) из листа прежде всего подготавливали рисунок, выполненный в натуральную величину (шаблон), в линейной (контурной) манере, без теней и с небольшими полями для приклейки его на металл.

Для выполнения рисунка на предмете делали его развертку на бумаге: целиком — для простых форм, имеющих один радиус кривизны (конус, цилиндр), на которые бумага легко накладывается, или по частям — для шарообразных и сложно профилированных форм имеющих несколько радиусов кривизны. На таких изделиях наложение и совмещение рисунка, выполненного на плоском листе бумаги со сложно профилированной поверхностью изделия может быть (условно) достигнуто только на небольших участках формы с большей или меньшей степенью деформации бумаги. Такие изделия перед нанесением рисунка предварительно размечали и рисунок переводили на них по частям (фрагментарно).

2) опускался фон вокруг рисунка при помощи более или менее плоских чеканов, которыми «выводилась расходка». Для этого чекан держали несколько наклонно в сторону рисунка и, сохраняя стенку, образованную расходником со стороны рисунка, выравнивали (осаживали) противоположную, обращенную к фону.

Опусканием фона добивались выявления рельефа. Рисунок начинал ясно выступать, несколько возвышаясь над осаженным фоном. Металлическая пластина к этому времени уже успевала нагартоваться и требовала для дальнейшей обработки отжига (рекристаллизации).

3) Для проведения отжига чеканку снимали со смолы, нагревая ее паяльной лампой, после чего она легко отделялась. Захватив пластину клещами за край, ее нагревали до темно-красного каления. В процессе нагрева металл отжигался и вновь приобретал вязкость и пластичность. В то же время смола с обратной стороны выгорала и оставшаяся пыль легко удалялась крацовкой, отбелкой и промывкой. Заготовка становилась совершенно чистой и после просушки вновь поступала в дальнейшую обработку.

Отжиг драгоценных, цветных и черных металлов и сплавов не представляла

трудностей. Как только смола сгорала и металл начинал слабо краснеть, нагрев прекращали и процесс отжига заканчивали. Некоторые особенности имел отжиг алюминия и его сплавов. Процесс рекристаллизации алюминия начинается уже при 100°C, т. е. задолго до начала красного каления (свечения). В то же время температурные интервалы красного каления и плавления у алюминия очень близки. Если алюминий нагреть докрасна, то он плавится и начатая работа разрушается. Поэтому при отжиге алюминия и его сплавов пластину незначительно нагревали и о температуре рекристаллизации судили по почернению (обугливанию) мыла, которым предварительно чертили полосы на подлежащей отжигу алюминиевой заготовке.

4) После отжига алюминиевую пластину промывали в подогретом растворе двууглекислой соды или едкого натра.

5) Затем приступали к выколотке рельефа. Эта операция заключалась в дальнейшем подъеме рельефа (если это предусмотрено рисунком). Рельеф выколачивали с обратной стороны на резине или мешках с песком. При этом стремились приподнять рельеф возможно точнее, в соответствии с рисунком. Выколотку вели различными чеканами (при мелкой работе) или просто обратной стороной молотка (при крупных чеканках). Иногда подъем делали выше, чем следует, с некоторым запасом, с расчетом на последующую доработку на смоле.

Необходимую четкость рельефа при выколотке без смолы получить было невозможно, но эта задача и не ставилась. Четкость достигалась позднее, при окончательной чеканке на смоле. При выколотке рельефа было важно, чтобы металл тянулся эластично и не рвался. Кроме того, при выколотке необходимо было правильно установить основные соотношения в планах рельефа и определить их высоты. При ответственных работах все время следил за тем, чтобы не сбить рисунок. Отдельные участки рельефа, которые должны быть наиболее резкими и четкими (острые углы, грани и т. п.), выколачивали на деревянной доске или еще лучше на листовом свинце. Все участки фона выравнивали и устанавливали так, чтобы они лежали в одной плоскости. Это достигалось их простукиванием лощатниками на стальной, чугунной или мраморной плите. После выколотки рельефа и выравнивания фона пластину вновь отжигали, отбеливали, промывали и высушивали для вторичной насмолки и окончательной доработки на смоле.

6) Вторичная насмолка производилась так же, как и первая, с той лишь разницей, что

теперь предварительно всю полость рельефа заполняли расплавленной смолой и только после ее остывания и твердения чеканку насмаливали на ящик. Если в процессе насмолки на лицевую поверхность рельефа попадала смола, то ее смывали тряпкой, намоченной в керосине, и насухо протирали. Окончательная прочеканка рельефа заключалась в детальной проработке всех форм, выявлении их характерных особенностей и в то же время соподчинении деталей главному, созданию общего цельного впечатления от всего рельефа.

7) Производилась окончательная отделка, при этом большую роль играла фактура чеканных поверхностей; сочетание гладких, кованных и матовых (шероховатых) элементов рельефа помогала при незначительных разностях в высотах рельефа получать большой декоративный эффект. Значительно обогащало чеканку применение различных рисунчатых чеканов, придающих отдельным участкам рельефа полосатую, решетчатую, ямчатую или ячеистую фактуру. Заканчивая работу, вновь применяли расходник (иногда острый). Едва уловимые штрихи или рассечки, нанесенные им, подчеркивали ту или иную форму.

8) Большое внимание уделяли отделке фона — его делали то гладким, кованным, то матовым, пестрым и рисунчатым. Иногда его канфарили, а иногда совсем просекали (при тонком листе) или выпиливали лобзиком (при более толстом листовом металле). Просечку фона осуществляли, не снимая работу со смолы, после ее полной и окончательной доработки. Для просечки применяли специальные сечки и мелкие зубильца с прямым и полукруглым (серповидным) рабочим концом, остро заточенные. Пропиловку делали лобзиком после снятия со смолы и отжига для удаления остатков смолы на оборотной стороне чеканки, которая мешала пропиловке. После просечки или пропиловки заусенцы опиливали надфилями различных профилей. При окончательной отделке работы пользовались большим количеством разнообразных чеканов.

Кроме основных процессов и очередности их выполнения существовало большое разнообразие в последовательности работ и приемах чеканки. В зависимости от конкретных условий, материала и задач применяли различные варианты технологии. Например, при точных работах, требующих большой четкости и верности форм и контуров рисунка, поступали следующим образом: сканфаренный рисунок тщательно обводили и после расходки лист сразу снимали со смолы, от-

жигали, отбеливали и насмоливали наизнанку, т. е. оборотной стороной наверх. Дав смоле затвердеть, рельеф выколачивали непосредственно на смоле. Линии расходника были хорошо видны с изнанки, и работа получалась очень точной.

При опускании рельефа на смоле он получался верным и чистым, полностью соответствующим замыслу, чего нельзя было добиться при выколотке рельефа на песке или резине, где при ударе опускался большой участок металла (который потом уточняли при насмолке). При опускании рельефа на смоле опускалась строго ограниченная, определенная форма рельефа, только та, по которой наносили удар чекана. В дальнейшем работу опять пересмаливали налицо, еще раз уточняли формы и высоту приподнятого с изнанки рельефа и заканчивали чеканку нанесением фактуры и другими приемами отделки. Иногда при сложных работах с многофигурными рельефами, большим числом планов и т. п. пересмолку на ту и другую сторону производили несколько раз, пока не достигали желаемого результата.

При крупных декоративных работах с очень высоким рельефом или при чеканке горельефов применяли перевод рисунка не налицевую, а на оборотную сторону листа (соответственно перевернутым подготавливали и рисунок). Рисунок канфарили прямо на доске верстака, без насмолки (чтобы сократить расход времени), затем лист насмаливали, причем опять наизнанку (оборотной стороной наверх), давали смоле немного остыть (до загустения) и начинали выколачивать рельеф, опуская его вниз, в глубь смолы. Работу вели быстро, пока не остыла и не затвердела смола. Чеканили крупными чеканами сферической формы или прямо оборотной стороной большого чеканного молотка, у которого размеры шарообразного конца достигали 20—25 мм в диаметре. Выколотив необходимый рельеф, пластину пересмаливали налицо и заканчивали обычным порядком. Существовали и другие приемы чеканки плоских предметов.

Начальные стадии чеканки на объеме (канфарение и расходку рисунка) производили так же, как и на плоскости. Иначе обстояло дело с выколоткой рельефа. Обычными чеканами поднять рельеф на объемной форме

не удавалось и работу вели крюками или трещотками.

В заключении можно отметить, что древние кыргызские ювелирные мастера (темир уста) славились выдающимися достижениями в художественно прикладном искусстве. Их творчество достигло высокого развития в период с VI по XII вв. Они имели тесную связь с соседними племенами, результатом чего явилось взаимное обогащение культур. Это отразилось в том, что древние кыргызы стали изготавливать высокохудожественные золотые и серебряные сосуды из одного куска металла с помощью холодной свободнойковки с последующей чеканкой.

При окончательной чеканке мастерам необходимо было очень внимательно подбирать чеканы по форме боя и его фактуре, чтобы возможно лучше выразить характер изображаемого: сочность плодов или нежность лепестков и пышность цветов, мягкость складок ткани и пушистость меха или, наоборот, жесткость и твердость граней камня, упругость и блеск металла и т. п.

Литература

1. Бернштам А.Н. Кенкольский могильник. Археологическая экспедиция. Гос.Эрмитаж, т.П.- Л.: 1940, табл. XVII. С.18,19.
2. Евтюхова Л.А. Археологические памятники Енисейских кыргызов (хакасов).- Абакан, 1948. с. 22 - 48.
3. Киселев С.В. Древняя история Южной Сибири.- М.: АН СССР, 1967. с.230-231, 324, 575-577.
4. Сулайманов Э. Традиции обработки металлов у кыргызов. - Фрунзе: Илим, 1982 с. 103.
5. Маргулан А.Х. Казахское народное прикладное искусство, ювелирное дело, резьба по дереву. 1 том. - Алма-Ата, 1987. с. 45-47.
6. Сычева Н. Ювелирные украшения Народов средней Азии и Казахстана. -М: 1984. с.16 – 41
7. Кененсариев К.С., Ормонбеков Т. О. Древние кыргызы: металлургия и металлообработка.- Бишкек: Издат. центр «МОК», 2005 с.152

УДК 621.878

АНАЛИЗ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ГОРНЫХ ДОРОГ

Тургумбаев Ж.Ж., Башиков И.Т.

КГТУ им. И.Раззакова

Приведен обзор и анализ рабочих органов машин для зимнего содержания горных дорог. Указаны наиболее употребляемые рабочие органы, описаны их конструктивные особенности. Даны схемы конструкции отдельных устройств.

Одним из направлений развития дорожной техники с учетом общих тенденций развития машиностроения, требований научно-технического прогресса и народного хозяйства страны является совершенствование конструкции рабочих органов, обеспечивающих разработку прочных грунтов и безопасность работы на горных дорогах, особенно, в зимнее время.

Наиболее распространенными рабочими органами землеройно-транспортных машин для работы на горных дорогах являются отвалы бульдозерного типа, для которых характерны фронтальная разработка грунта, позволяющая террасировать горные склоны для будущей дороги. Перспективным направлением являются отвальные рабочие органы бульдозерного типа, имеющие возможность изменять положение отвала относительно базовой машины [1].

Рабочий орган снегоочистителя (а.с. 979569) предназначен для расширения технологических возможностей бульдозера путем обеспечения управляемости отвала. Отвальные секции связаны с помощью телескопических рычагов с толкающей рамой базовой машины. Рычаги шарнирно закреплены между секциями отвалов, образуя в горизонтальной поверхности параллелограммные механизмы, обеспечивающие поворот отвалов в поверхности грунта с помощью силовых гидроцилиндров.

Рабочий орган снегоочистителя работает следующим образом. В начальном этапе работы снегоочистителя отвальные секции находятся в сомкнутом положении. В дальнейшем, по мере необходимости, увеличивается ширина очищаемой полосы дороги. Это происходит за счет привода отвальных секций в крайнее боковое положение при помощи гидроцилиндров. Такие рабочие органы предназначены для равнинной местности, очищение снега происходит одновременно в обе боковые стороны [2].

Бульдозер с рыхлительным оборудованием имеет возможность предусмотреть установку управляемых рыхлительных зубьев, расположенных с лобовой или тыльной стороны отвала или по бокам отвала. Такой

отвал хорошо внедряется в грунт и выполняет при необходимости рыхление грунта.

Отвал бульдозера имеет возможность изменять угол резания с помощью механического и гидравлического раскоса. Гидронасос оборудован гидрозамком двухстороннего действия для предотвращения переливания рабочей жидкости из полостей гидроцилиндра в гидросистему в запертом положении гидрораспределителя. Рыхлительное оборудование также регулирует угол рыхления. Установка специальных угловых ножей на бульдозерных отвалах при наличии перекоса также способствует хорошему внедрению рабочего органа в прочный грунт. В практике строительства горных дорог широко используются объемные угловые ножи (прямоугольные, сплошные, фигурные) и выполненные из высокопрочной стали. В зависимости от направления движения базового трактора при рыхлении различают зубья переднего и заднего рыхления. Рабочий орган бульдозера (а.с. 344079) включает отвал, состоящий из двух секций, которые установлены на базовой машине при помощи толкающих брусьев (рис. 1.1). Секции отвала и могут перемещаться одна относительно другой по направляющим, закрепленным на каждой секции отвала и шарнирно соединенными с толкающими брусьями с помощью кронштейнов и. Передвижение секций относительно друг друга производится гидроцилиндрами. В другом авторском свидетельстве (а.с. 775241) изложен модернизированный бульдозер (авторы изобретений одни и те же) отличающийся тем, что секционный отвал выполнен из одного центрального и двух боковых секций. Причем толкающая рама связана с центральной секцией, а каждый из гидроцилиндров выдвижения соединен с центральной рамой с боковых сторон. Толкающие брусья перемещаются вместе с секциями в поперечном направлении. Недостатком является трудность обеспечения жесткости, и следовательно, недостаточная надежность конструкции при работе на прочных горных грунтах.

Механизм поворота отвала (а.с. 315748) включает шарнирные многосвязники, соеди-

няющие с толкающей рамой, отвал и силовые гидроцилиндры управления отвалом и (рис. 1.2). Наружные звенья многозвенника конструкции соединены со стоками гидроцилиндров

Поворот отвала рабочего органа в каждую сторону производится поочередно силовыми гидроцилиндрами. Корпус конструкции шарнирно соединен с толкающей рамой.

В технических решениях (пат. США 4125950, 3659303) рабочие органы землеройно-транспортных машин снабжены отвалом с цилиндрической поверхностью, а также боковыми открылками, которые монтируются в задней части машины для увеличения ее курсовой устойчивости. С этой целью также установлена опорная лыжа с раскосом и управляемым отвалом.

Однако использование таких снегоочистителей связано с технологическими ограничениями.

Решение проблемы уменьшения трения снега по отвалу и интенсификации бокового перемещения призмы волочения предложено в США (пат. 222437).

Плавный (бесступенчатый) поворот отвала снегоочистителя в горизонтальной и продольной вертикальной плоскостях при помощи гидроцилиндров позволяет отвалу адаптироваться к различным физико-механическим характеристикам снега и технологическим условиям работы (пат. США 4320589).

В изобретении Московского института железнодорожного транспорта предложен снегоочиститель, направленный на повышение надежности работы (а.с. 1312127). Рабочий орган представляет собой отвалы, связанные с силовым цилиндром. На шасси базовой машины установлен V-образный рычаг, концы которого связаны с отвалами, в которых выполнены криволинейные пазы, а другой конец закреплен через шарнир к базовой машине с возможностью поворота вокруг оси механизма привода, содержащего два силовых гидроцилиндра, кинематически связанных с приводом посредством зубчатых передач. Причем штоки гидроцилиндра выполнены в виде зубчатой рейки.

Работа механизма начинается с включением гидроцилиндра на втягивание штока, приводящего к повороту отвала.

Недостатком является сложность конструкции, а также ограничение функциональной возможности.

В авторском свидетельстве 1565974 решен вопрос повышения производительности

за счет увеличения ширины захвата отвала, который можно повернуть под углом в плане. Бульдозер включает базовую машину, толкающую раму, рычаги, отвал, концевые удлинители и гидроцилиндр поворота (рис. 1.3). Концевые удлинители находятся фиксированными в горизонтальной плоскости, а воздействие на отвал осуществляется с помощью рычажных механизмов и гидроцилиндров, отвал становится под углом в плане в любую сторону, примыкаясь к удлинителю. Удлинители имеют форму основного отвала, перемещаясь по вертикальной плоскости с помощью регулировочных винтов. Эта дает бульдозеру универсальность, возможность работы на склоне гор, так как при повороте отвала и поднятом вверх удлинителе под колесом базовой машины образуется вал, обеспечивающий устойчивость. Уширители жестко закреплены к рычагу. Привод обеспечивает движение каждого рычага отдельно. Одновременным действием гидроцилиндров достигаются правые или левосторонние повороты рабочего органа. К недостаткам следует отнести необходимость обеспечения высокой точности изготовления, что затрудняет изготовление в механических мастерских дорожного хозяйства.

Группой авторов предложен бульдозер-террасер (а.с. 1564284) для работы в горных местностях. Он имеет сдвоенный отвал, позволяющий совершать реверсивное движение по горизонтальной поверхности. Рабочий орган устанавливается под углом в плане. Особенностью этого оборудования является обеспечение рабочего хода при заднем ходе базовой машины.

Плужный снегоочиститель (а.с. 393395) имеет рабочий орган, включающий базовую машину, на которой смонтирован отвал с откидными секциями. Отвал соединен с рамой посредством рычажных механизмов управляемыми гидроцилиндрами. Отвал снабжен опорными колесами, которые при транспортном положении убираются. Отвал опускается на дно очищаемой поверхности, крайние откидные секции поворачиваются в шарнирных соединениях до контакта со стыковочными поверхностями средней секции и фиксируются. Далее опорные колеса поворачиваются до упора с откидными секциями, тем самым, производится жесткая фиксация поворотных кронштейнов опорных колес относительно крайних секций. Поворот отвала в плане осуществляется рычажными механизмами и силовыми гидроцилиндрами.

Усложненная конструкция сужает область применения, особенно, в отдаленных районах от сервисных центров.

Двухсекционный, шарнирно сочлененный отвал (а.с. 1118734 и 1312127) может устанавливаться углом назад или под углом в ту или иную сторону. В заявке ФРГ № 2923099, рассмотрен отвал снегоочистителя с управляемым боковым открывком, поворотным в перпендикулярной отвалу вертикальной плоскости, а в а.с. № 1342966 и патенте США № 4306362 – варианты отвала с поворотными в плане управляемыми открывками. В МАДИ разработан отвал с гибкой в плане поверхностью, выполненный в виде подпружиненной резиновой ленты на поворотных рычагах (а.с. № 1548317).

Предохранительные устройства могут быть выполнены в виде упругих основных элементов конструкции – традиционного ножа из листовой резины толщиной 40...50 мм или упругого отвала. Жесткие ножи из износостойких сталей 40Х и Г13Л могут устанавливаться шарнирно с возможностью поворота относительно отвала при автоматическом раскрытии фиксатора, блокирующего поворот ножей до достижения предельной динамической нагрузки (а.с. № 174205 и № 1310472). Аналогичные конструкции описаны в а.с. № 954539 – с целиком поворотным отвалом и а.с. № 1041620 – с использованием кулисного механизма, а в патент ФРГ № 3205973 и № 3205974 предложена установка пружины кручения на шарнире крепления ножа. В патенте США № 2697289 предложены верхний и нижний пружинные демпферы поворотного отвала. Другим способом демпфирования нагрузок является крепление ножа к отвалу на упругом элементе – резиновой пластине (патент ФРГ № 2421713), совокупности резиновых пластин и цилиндрических пружин, а также пневматической камере (патент ФРГ № 2519112). В а.с. № 751891 предложена принудительная подкачка воздуха в автономные пневматические камеры отдельных ножей. Двойное демпфирование ножа, соединенного с рамой отвала при помощи параллелограммных подвесок, представляет а.с. № 711226, а в а.с. № 189879 параллелограммные подвески с пружинными демпферами обеспечивают смещение правого и левого ножей вбок и вверх в плоскости отвала.

Особенности конструкции скоростных плужных снегоочистителей отбрасывающего действия отражают специфику их рабочего процесса: отсутствие призмы волочения, разгон снега на отвале за счет дей-

ствия инерционных сил, дополнительное аэродинамическое воздействие встречного потока воздуха и т.п. от цилиндрической формы ко-со установленного отвала конструкция эволюционировала к коническому отвалу с углом резания $25...35^{\circ}$, углом конусности $23...27^{\circ}$ и центральным углом кривизны в поперечной вертикальной плоскости $90...100^{\circ}$, установленному под углом $115...125^{\circ}$ к направлению движения (а.с. № 284901). Возможность адаптации к различным условиям работы представляет цилиндрический отвал с поворотной посредством гидроцилиндров верхней секцией, что изменяет направление и дальность отбрасывания снега (а.с. № 304329). В а.с. № 672281 предложен боковой аэродинамический открывок отвала в виде сужающегося к заднему концу конфузора для дополнительного разгона отбрасываемого снега встречным потоком воздуха. Тангенциальные пластины антифрикционного материала, например фторопласта, на поверхности отвала позволяют уменьшить трение снега и локализовать направление его движения по отвалу (а.с. № 696090). Интересную возможность применения наименее сложного по технологии изготовления цилиндрического отвала, перпендикулярного направлению движения машины, могут обеспечить поворотные прямые или жестко закрепленные криволинейные направляющие снег пластины, установленные на лобовой поверхности отвала (а.с. № 498388 и № 971981). Особой проблемой является предохранение лобовых стекол и решетки радиатора автомобиля от снежной пыли, срываемой с отвала встречным потоком воздуха. Такая проблема может быть решена установкой по тыльной стороне верхнего края отвала выступающего козырька со сквозной щелью, направляющей эту снежную пыль вниз, за отвал (патент США № 3432947).

Данная конструкция позволяет создать отвал, состоящий более чем из двух секций, которые также соединяются шарнирно на вертикальных осях. Трехсекционный отвал с центральной частью и двумя боковыми является универсальным, можно изменять его наклон (угол резания), перекося и регулировать угол захвата (поворот отвала в плане) в широких пределах. Это достигается совместной работой двух пар гидроцилиндров, прикрепленных к проушинам с боковых сторон отвала. Пара гидроцилиндров, присоединенная к С-образной раме, служит для подъема и опускания отвала.

Анализ зарубежных литературных источников показывает преимущественное использование плужных и плужно-роторных снегоочистителей. Они рассчитаны на скоростную очистку снежных масс. Рабочие органы выполнены, в основном, секционными с подвижной нижней кромкой. Отвалы могут поворачиваться в обе стороны в плане с помощью специальных механизмов.

Фирмой Bunce Ltd Engineers (Англия) выпускаются плужные снегоочистители модели Т 84 сдвигающего типа. Они используются для очистки от снега городских и загородных дорог. В качестве базовой машины используется колесный трактор типа Ford, отвал устанавливается с возможностью изменения в плане в обе стороны [3].

Фирма Schmidt (ФРГ) является одной из ведущих фирм Германии по выпуску снегоочистительных и дорожно-строительных машин. Перспективным является рабочее оборудование типа MF, состоящий из четырех секций, закрепленных при помощи системы рычагов на общей раме. Каждая секция при помощи пружины установлена в крайнее нижнее фиксированное положение. Рычажная система перемещает отдельные секции относительно друг друга по траектории, соответствующей профилю отвала. Фирма Schmidt также производит более мощные отвальные рабочие органы типа SM, представляющие собой цельный отвал шириной захвата от 2,3 до 7 м.

Плужные снегоочистители выпускает фирма Winterdienst (ФРГ). Рабочий орган – отвал состоит из основной секции, шарнирно

подвешенной к двух боковым секциям. При помощи специального механизма боковые секции фиксируются в нижнем положении. По данным фирмы, снегоочистители могут применяться и при уплотненном снеге. Ширина обработки 2,9 м, масса оборудования составляет 960 кг.

Вывод: основными недостатками указанных рабочих орнов являются малая проходимость машин, что затрудняет работу в горных дорогах, а также опасность работы вблизи края горного склона из-за невозможности манипулирования отвала рабочего органа.

Литература

1. Зимнее содержание автомобильных дорог / Бялобжевский Г.Л., Дюнин А.К., Плакса А.Н. и др. – М.: Транспорт, 1983. – 197 с.
2. Шарц А.З. Машины для строительства и содержания дорог и аэродромов. - М.: Машиностроение, 1985. – 336 с.
3. Тургумбаев Ж.Ж., Урманаев С.И. Машины и механизмы для расчистки обвалов и лавин// Сб. научн. тр. КазАТК «Воплощение и развитие научных идей Р.А.Кабашева.» 1999. – С. 195-200.

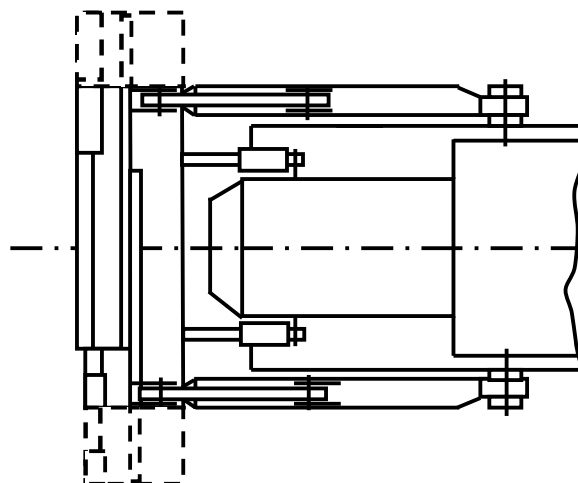


Рис. 1.1. Рабочий орган бульдозера (а.с. 344079)

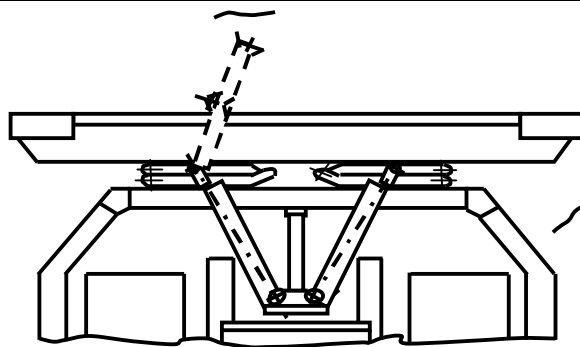


Рис. 1.2. Механизм поворота отвала (а.с. 315748)

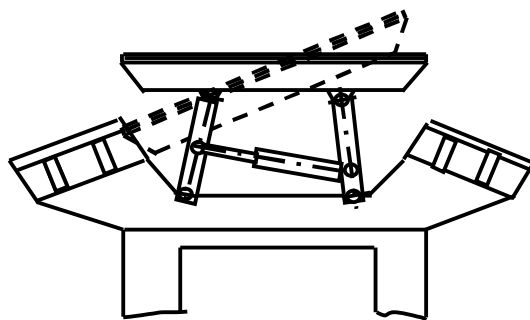


Рис. 1.3. Рабочий орган бульдозера

УДК 621.879.48

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДВОДНОГО КОПАНИЯ УЗКИХ ТРАНШЕЙ

Тургумбаев С.Дж.

КГТУ им. И.Раззакова

Дана расчетная схема рабочего оборудования для копания узких траншей в грунте. Приведены векторные уравнения скоростей и ускорений отдельных точек рабочего оборудования для построения диаграмм скоростей и ускорений. Получены конкретные значения кинематических параметров рабочего оборудования.

В гидротехническом и промышленном строительстве применяют землеройные машины непрерывного действия с роторно-дисковыми рабочими органами, используемые при отрывке узких траншей в грунте на дне водоемов (морей, океанов, озер, водохранилищ и т.п.) с последующей укладкой трубопроводов, кабелей связи. Основным преимуществом таких рабочих органов, наряду с обеспечением высокой производительности, является обеспечение низкого тягового усилия базовых машин за счет передачи энергии рабочим органам минуя движителя. Такое преимущество особенно актуально для работы землеройных машин в подводных условиях. Как известно, в погруженном состоянии машин в водную среду они теряют силу тяжести вследствие действия отталкивающей силы жидкости, а следовательно, силу тяги машин, необходимую для реализации процесса копания.

Рабочее оборудование состоит из продольной рамы (рис. 1), роторно-дискового рабочего оборудования, механизма для подъ-

ема и опускания рабочего органа. Рабочее оборудование имеет следующие размеры: длина продольной рамы $OC = 3,8$ м; $OE = 4,7$ м; $OA = 1,4$ м; $CD = CF = CE = CG = 0,9$ м (радиус ротора).

Расстояние между неподвижными шарнирами $OK = 1,2$ м. Наибольшее расстояние между неподвижным шарниром и точкой крепления гидроцилиндра подъема и опускания продольной рамы составляет $KA = 2,1$ м, а наименьшее расстояние (для транспортного положения) – $1,6$ м.

Угол поворота продольной рамы вокруг точки O составляет $\alpha = 60^\circ$, что в радианах равен $1,04$ рад. Для этого необходимая длина штока гидроцилиндра подъема и опускания продольной рамы должна составить $l_{sh} = 0,67$ м.

В процессе подъема (опускания) продольной рамы рабочего оборудования поршень вместе с гидроцилиндром совершает сложное движение: поступательно-возвратное движение относительно корпуса гидроцилиндра и вращательное движение

относительно шарнира K . Принимаем, что скорость движения штока гидроцилиндра при подъеме и опускания продольной рамы постоянна и равна $v = 0,3$ м/с.

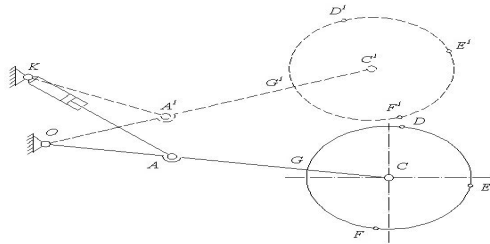


Рис. 1. Кинематическая схема роторно-дискового рабочего оборудования

Скорость движения штока гидроцилиндра подъема продольной рамы рабочего оборудования будет иметь величину

$$v_{sh} = l_{sh} / t = 0,67 / 16,3 = 0,04 \text{ м/с.}$$

Теперь определяем скорости и ускорения отдельных характерных точек рабочего оборудования землеройной машины с указанием последовательности решения задачи и

приведением результатов расчета на основе построения диаграмм (планов) скоростей и ускорений.

Составляем уравнение в векторной форме скорости точки A и находим скорость этой точки.

$$\vec{v}_A = \vec{v}_{sh} + \vec{v}_{AK}; \quad \vec{v}_A = \vec{v}_O + \vec{v}_{AO}.$$

$$v_A / v_C = OA / OC, \rightarrow$$

$$v_C = v_A \cdot OC / OA = 0,198 \text{ м/с.}$$

$$v_A / v_E = OA / OE, \rightarrow$$

$$v_E = v_A \cdot OE / OA = 0,245 \text{ м/с.}$$

Скорости точек D и F находим из диаграммы скоростей. В диаграмме скоростей в точке C проводим перпендикулярную линию к продольной раме OC . Из условий подобия находим точки d и f используя соотношения

$$OC / CD = pc / cd, \rightarrow$$

$$cd = CD \cdot pc / OC = 155 \text{ мм.}$$

Не трудно видеть, что значение cf также будет $cf = CF \cdot pc / OC = 155 \text{ мм.}$

Из диаграммы скоростей находим скорости точек D и F .

Время необходимое для подъема продольной рамы от начального положения до конечного положения составляет

$$t = OE \cdot (\alpha / v) = 4,7 \cdot 1,04 / 0,3 \approx 16,3 \text{ с.}$$

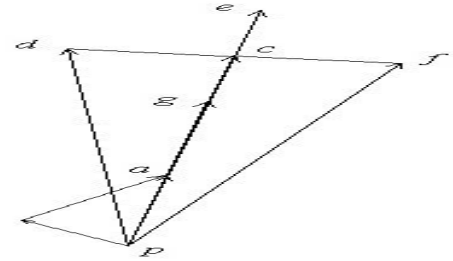


Рис. 2. Диаграмма скоростей точек с.рабочего оборудования

Скорость движения штока известна $v_{sh} = 0,04$ м/с. Строим диаграмму скоростей. Для этого устанавливаем масштаб диаграммы скоростей, например $\mu = 0,0003$ (м/с)/мм.

Абсолютная скорость точки A равна

$$v_A = pa \cdot \mu = 0,073 \text{ м/с.}$$

Скорости точек, лежащих на одной прямой G, C, E и принадлежащих к продольной раме, находим в соответствии с теоремой подобия.

$$v_A / v_G = OA / OG, \text{ отсюда имеем}$$

$$v_G = v_A \cdot OG / OA = 0,151 \text{ м/с.}$$

Для точек C и E их скорости находят аналогичным способом

$$v_D = pd \cdot \mu = 0,2 \text{ м/с,} \quad v_F = pf \cdot \mu = 0,2 \text{ м/с.}$$

Теперь определяем ускорения этих точек. Составляем векторное уравнение для точки A в следующем виде.

$$\vec{a}_A = \vec{a}_O + \vec{a}_{AO}^n + \vec{a}_{AO}^t;$$

$$\vec{a}_A = \vec{a}_K + \vec{a}_{AK}^n + \vec{a}_{AK}^t, \text{ где}$$

где

$$\vec{a}_{AO}^n = v_{AO}^2 / AO = 0,072^2 / 1,4 = 0,00373 \text{ м/с}^2$$

$$\vec{a}_{AK}^n = v_{AK}^2 / AK = 0,061^2 / 2,1 = 0,00177 \text{ м/с}^2.$$

Из диаграммы скоростей находим абсолютное ускорение точки A .

$$a_A = \pi b \cdot \mu = 124 \cdot 0,0003 = 0,0372 \text{ m/c}^2.$$

Ускорения точек G , C и E продольной рамы и ротора находим из условия подобия:

$$\frac{a_A}{a_C} = \frac{OA}{OG}, \text{ отсюда вытекает}$$

$$a_G = a_A \cdot \frac{OG}{OA} = 0,0372 \cdot \frac{2,9}{1,4} = 0,072 \text{ m/c}^2.$$

$$\frac{a_A}{a_C} = \frac{OA}{OC}, \quad \text{отсюда} \quad \text{имеем}$$

$$a_C = a_A \cdot \frac{OC}{OA} = 0,0372 \cdot \frac{3,8}{1,4} = 0,101$$

$$M/c^2.$$

отсюда находим $\frac{a_A}{a_E} = \frac{OA}{OE}$,

$$a_E = a_A \cdot \frac{OE}{OA} = 0,0372 \cdot \frac{4,7}{1,4} = 0,124 \quad \text{м/с}^2.$$

Ускорения точки D и F находим, как и для случая нахождения скоростей, из диаграммы ускорений. В диаграмме ускорений в точке C проводим перпендикулярную линию к продольной раме OC . Точки d и f находим из условий подобия, используя следующие соотношения

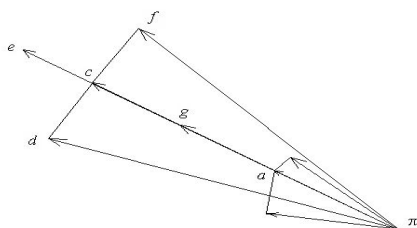


Рис. 3. Диаграмма скоростей точек рабочего оборудования

$$\frac{OC}{CD} = \frac{\pi c}{cd}, \quad \text{отсюда} \quad cd = \pi c \cdot \frac{CD}{OC} = 336 \cdot \frac{0,9}{3,8} = 79 \text{ мм.}$$

Поскольку $CD = CF$, значение cf также будет $cf = \pi c \cdot \frac{CF}{OC} = 79 \text{ мм}$.

Из диаграммы ускорений можем найти ускорений точек D и F .

$$a_D = \pi d \cdot \mu = 345 \cdot 0,0003 = 0,103 \text{ m/c}^2, \quad a_E = \pi d \cdot \mu = 0,103 \text{ m/c}^2.$$

Таким же образом находят скорости и ускорений указанных точек для других положений рабочего оборудования землеройных машин для копания узких траншей в грунте.

Выводы: 1) Составлена кинематическая схема рабочего оборудования землеройных машин для подводного копания узких траншей роторно-дисковыми рабочими органами, позволяющая установить его кинематические параметры. 2) Определены скорости и ускорения характерных точек рабочего оборудования для различных положений на основе диаграмм скоростей и ускорений.

Литература

1. Холодов А.М. Основы динамики землеройно-транспортных машин. М.: Машиностроение, 1968. – 156 с.
2. Ермилов А.Б., Тургумбаев Ж.Ж. Системный анализ рабочего процесса землеройных машин, работающих под водой. - М.: Деп. в Машире, ФБ 569, 30.10.91. - 10 с.

УДК 677.027.162

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ПОГРУЖЕНИЯ НАГРЕТЫХ КАМЕННЫХ ЧАСТИЦ В СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ДОРОГИ

Тургумбаев Ж.Ж., Гапарова Ж.Т.

КГТУ им. И.Раззакова

В работе предлагается новая технология повышения безопасности транспортных средств на горных дорогах Кыргызстана, путем увеличения коэффициента сцепления между ледяной поверхностью горной дороги с колесами транспортных средств.

Кыргызстан относится к высокогорным странам, и его горные дороги являются самыми высокогорными в мире. В зимнее время для транспортных средств появляется особая опасность на дорогах вследствие возникновения на поверхности дороги снежных покрытий. Наличие снежных отложений, низкая температура окружающей среды образуют ледяные корки на поверхности автомобильных дорог. Дорога становится скользкой, резко уменьшается коэффициент сцепления колес с ледяной поверхностью дороги, возрастает длина тормозного пути, увеличивается опасность заноса транспортных средств [1, 2]. Возникает реальная угроза дорожной и транспортной безопасности, прежде всего водителям и пассажирам.

В работе описывается новая технология повышения безопасности транспортных средств на горных дорогах Кыргызстана путем увеличения коэффициента сцепления между ледяной поверхностью горной дороги с колесами транспортных средств.

Суть новой технологии повышения дорожной безопасности на горной дороге в зимнее время заключается в образовании шероховатости на ледяной поверхности дороги за счет «посадки» горячих гравийных материалов. Нагретые гравийные частицы, попавшие на ледяную поверхность за счет первоначальной повышенной температуры и их силы тяжести, каменные частицы начинают погружаться в лед вследствие подтаивания льда [3]. Холодная окружающая температура приводит к замерзанию погруженного гравия на ледяной поверхности дороги. На поверхности дороги, таким образом, образуется слой погруженных гравийных частиц, напоминающих поверхности наждачной бумаги.

В результате применения новой технологии резко улучшается проходимость автомобильных транспортных средств на горных дорогах с ледяной поверхностью дороги.

Механизм погружения. При температуре каменной частицы близкой к температуре снежного покрова каменная частица будет лежать на поверхности ледяного слоя (позиция П1 рисунок) без каких-либо зацеплений. При рассыпки нагретых каменных

частиц в холодный ледяной массив частицы, в зависимости от температуры каменных частиц, могут занимать позиции в полупогруженном (позиция П2 рисунок) или полностью погруженном (позиция П3 рисунок) в ледяной слой положений.

Экспериментальные исследования. На первоначальном этапе экспериментальных исследований были проведены эксперименты по изучению процесса погружения в лед нагретых каменных частиц.

Целью эксперимента на этом этапе была нахождения оптимальных температур каменных частиц в зависимости от температуры окружающей среды (льда). Как известно, при малых температурах каменных частиц погружение их в лед будет составлять незначительные величины, а при высоких температурах каменных частиц они погружаются в ледяной слой полностью. Задачей эксперимента была нахождения таких температур каменных частиц и ледяного слоя, при котором каменные частицы погружались приблизительно до половины их размеров. В этих случаях погруженные каменные частицы схватываются замершим льдом и образуют на ледяной поверхности дороги шероховатости, напоминающие на наждачную бумагу. При этом существенно увеличивается сила сцепления между ледяным дорожным покрытием и колесами машин.

Для обогрева каменных частиц использовались нагревательные печи. Отсортированные по фракциям каменные частицы предварительно очищались от загрязнений путем промыва их водной среде. Затем высушивались в сушильных камерах. Отсортировка каменных частиц по фракциям проводилась через сито определенных размеров. Температура каменных частиц измерялись термометрами.

Лед определенных температур сформировался в холодильниках. Диапазон изменения температуры колебались от -6°C до -16°C . Контейнер с водой размерами длиной 60 см, шириной 40 см и высотой 20 см помещался в холодильник до получения определенной температуры.

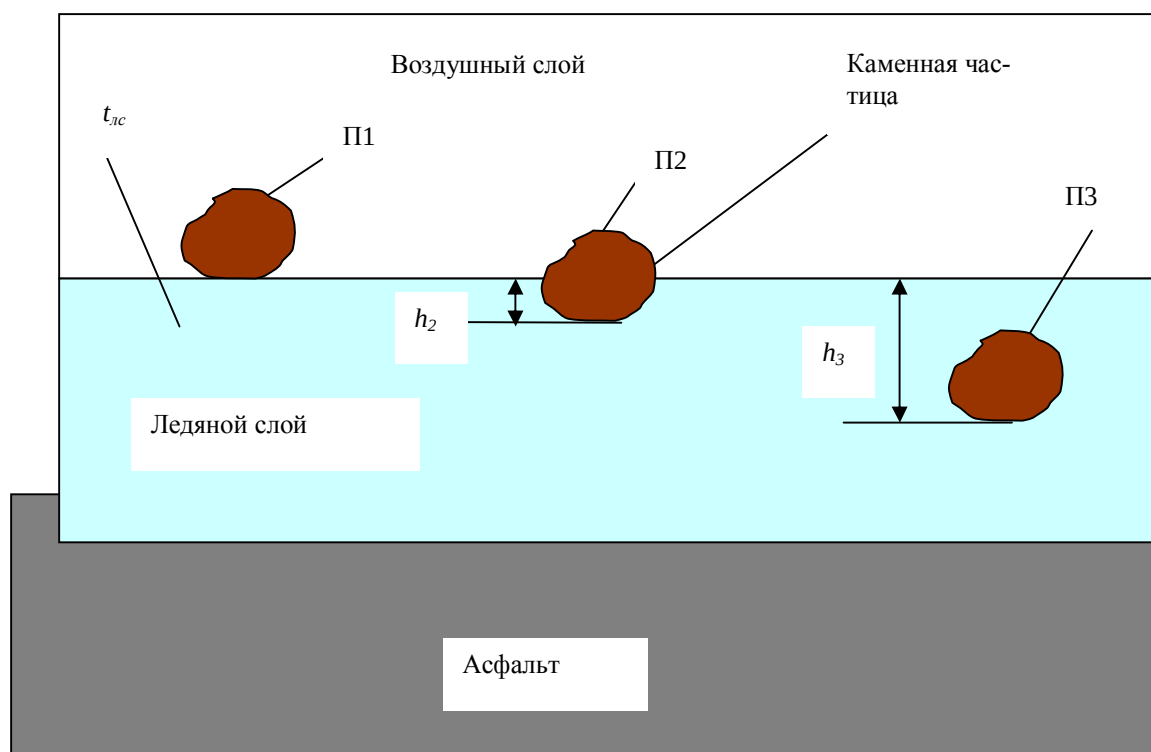


Рис. 1. Схема погружения в ледяной слой дорожного покрытия нагретых каменных частиц: П1, П2, П3 – позиции нагретых каменных частиц в отношении ледяного слоя; $t_{лс}$ – температура ледяного слоя; h_2 , h_3 – глубина погружения каменных частиц в ледяной слой

Нагретые до определенной температуры каменные частицы высыпались на ледяную поверхность определенной температуры в соответствии с матрицей планирования экспериментов. Глубина погружения каменных частиц в лед зависит от вышеуказанных параметров. В зависимости от температуры каменных частиц они погружались в

лед на разные глубины. Глубина погружения замерялись штангенциркулем.

В качестве плана эксперимента принят центральный композиционный рототабельный план с тремя факторами. Температура каменных частиц t_k (X_1), температура ледяного слоя t_l (X_2), диаметр каменных частиц d_k (X_3). Параметром отклика является глубина погружения нагретых каменных частиц в ледяной слой h (таблица).

Таблица 1.

Факторы	Размерность	Уровни варьирования				
		-1,682	-1	0	+1	+1,682
1. Температура каменных частиц t_k	градус, С	0	30	50	80	100
2. Температура ледяного слоя t_l	градус, С	-6	-8,4	-12	-15,6	-18
3. Диаметр каменных частиц d_k	мм	6,5	8,3	11	13,7	15,5

Действующие факторы и уровни их варьирования

Математическое описание процесса разрушения грунтов под гидростатическим давлением для рототабельного центрально-

композиционного плана может быть дано в виде следующего уравнения регрессии [4]:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + b_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + b_{11} \cdot X_1^2 + b_{22} \cdot X_2^2 + b_{33} \cdot X_3^2.$$

Коэффициенты модели определяются по следующим формулам:

$$b_o = P \sum_{n=1}^N Y_n - Q \sum_{i=1}^n \sum_{n=1}^N X_{in}^2 \cdot Y_n ;$$

$$b_i = R \sum_{n=1}^N X_{in} \cdot Y_n ;$$

$$b_{ik} = W \sum_{n=1}^N Y_n \cdot X_{in} \cdot X_{kn} ;$$

$$b_{ii} = S \sum_{n=1}^N X_{in} \cdot Y_n + T \sum_{i=1}^n \sum_{n=1}^N X_{in}^2 \cdot Y_n - V \sum_{n=1}^N Y_n ,$$

где b_o - свободный член уравнения регрессии; b_{ii} - коэффициент регрессии при квадратичном члене i -того фактора; b_i - коэффициент линейной регрессии для i -того фактора; b_{ik} - коэффициент парного взаимодействия i -того и k -того факторов; n - число факторов; N - число вариантов в матрице планирования с учетом повторов центральной точки; $\sum_{n=1}^N Y_n$ - сумма значений выходов для всех вариантов матрицы планирования;

$\sum_{i=1}^n \sum_{n=1}^N X_{in}^2 \cdot Y_n$ - сумма произведений квадрата уровня каждого фактора в n -ном варианте матрицы на выход Y_n ; $\sum_{n=1}^N Y_n \cdot X_{in}$ -

алгебраическая сумма произведений выхода каждого варианта на уровень i -го фактора в этом варианте для всех вариантов плана;

$\sum_{n=1}^N Y_n \cdot X_{in} \cdot X_{kn}$ - алгебраическая сумма произведений выходов каждого варианта на уровень i -го и k -го факторов в этом варианте для всех N вариантов плана; $\sum_{n=1}^N X_{in}^2 \cdot Y_n$ -

сумма произведений квадрата уровня в каждом n -ном варианте матрицы планирования на выход Y_n в этом варианте для всех N вариантов; P, Q, R, T, W, V - постоянные величины для каждого плана.

где S_{na}^2 - дисперсия неадекватности,

$$S_{na}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - Y_o)^2 - \sum_{i=1}^n \left(Y_i - \bar{Y}_i \right)^2}{(N - d) - (n - 1)} ;$$

S_y^2 - дисперсия воспроизводимости,

Значимость коэффициентов регрессионной модели определялась по критерию Стьюдента [4]:

$$t_i = \frac{|b_i|}{S(b_i)} \geq t_{cr} ,$$

где t_{cr} - критическое значение t при уровне значимости α и f .

Однородность дисперсии воспроизводимости проверялась по критерию Кохрена:

$$G_E = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^n S_i^2} \leq G_{cr} ,$$

где G_{cr} - критическое значение однородности дисперсии $S_{\max}^2$ - максимальное значение дис-

персии воспроизводимости; $\sum_{i=1}^n S_i^2$ - суммарное значение дисперсии воспроизводимости.

Проверка полученной регрессионной модели на адекватность проводилась по критерию Фишера:

$$F_E = \frac{S_{na}^2}{S_v^2} \leq F_t ,$$

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_c - \bar{Y}_c)^2}{n-1},$$

где Y_c - значение параметра отклика, вычисленное по регрессионной модели; $\bar{Y}_c$ - среднее значение выхода в центральной точке плана; N - количество экспериментальных точек; d - количество значимых факторов модели; n - количество повторных (параллельных) опытов в центральной точке.

$$Y = 5,8 + 2,02X_1 + 1,91X_2 + 1,63X_3 + 0,34X_1X_2 - 0,27X_2X_3 - 0,81X_1^2 - 0,64X_2^2 - 0,57X_3^2,$$

где Y - глубина погружения каменной частицы в ледяной массив, мм; X_1 - температура каменных частиц, градус, С; X_2 - температура ледяного слоя, градус, С; X_3 - диаметр каменных частиц, мм.

Как видно из уравнения наиболее значимым фактором, влияющим на данный процесс, является температура каменных частиц, а диаметр каменных частиц оказывал наименьшее влияние.

1. Получены уравнения регрессии процесса погружения нагретых каменных частиц в ледяной покров горной дороги при действии факторов: температуры каменных частиц; температуры окружающей среды (льда); диаметра каменных частиц.

2. Предлагаемая технология содержания горной дороги в зимнее время обеспечивает высокий уровень безопасности транспортных средств за счет обеспечения надлежащего сцепления горной дороги с колесами транспортных средств.

Модель адекватна, если опытное значение критерия Фишера меньше или равно табличному значению F распределения.

После обработки экспериментальных данных в соответствии с вышеуказанной методике проведения экспериментов получено следующее уравнение регрессии процесса погружения нагретых каменных частиц в ледяной покров горной дороги:

Литература

1. Тургумбаев Ж.Ж., Гапарова Ж.Т. Разработка теплосохраниющих текстильных изделий для транспортного комплекса – актуальная задача. Известия ОшТУ, 2002. № 1. – С. 78-82.
2. Тургумбаев Ж.Ж., Камчыбеков А. Новая технология улучшения сцепления колес мобильных машин с ледяной поверхностью дороги // Известия ОшТУ, 2002, № 1. – С. 22-25.
3. Тургумбаев Ж.Ж., Гапарова Ж.Т., Ниязов Т. Технология и оборудование для повышения сцепных свойств автодороги в зимнее время // Материалы международной научно-практической конференции «Автомобильные дороги и транспортные машины: проблемы и перспективы развития». Алматы, Эверо, 2004. С. 133-137.
4. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. М.: Мир, 1992. - 381 с.

УДК 621.01.622.23

СИНТЕЗ ПЯТИЗВЕННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ МЕХАНИЗМОВ И ИХ АНАЛОГОВ

Садиева А.Э.

КГТУ им.И.Раззакова

Универсальная структурная система для плоских кинематических цепей с кинематическими

парами четвертого и пятого классов имеет следующий вид [1]

$$\begin{cases} p_5 + p_4 = \tau \cdot n_\tau + (\tau - 1)n_{\tau-1} + \dots + in_i + \dots + 2n_2 + n_1, \\ n = n_\tau + n_{\tau-2} + \dots + n_i + \dots + n_2 + n_1, \\ W = 3n - 2p_5 - p_4, \end{cases} \quad (1)$$

где τ – наиболее сложное базисное звено цепи или τ – угольник, n – число подвижных звеньев, n_i – число звеньев, добав-

ляющих в цепь по i кинематических пар, W – подвижность кинематической цепи.

При $n_\tau = 1$, т.е. в кинематической цепи используется один τ - угольник.

$$n_1 = n - 1 - n_{\tau-1} - \dots - n_i - \dots - n_2, \quad (2)$$

$$p_5 = \frac{3n - W - p_4}{2}. \quad (3)$$

Из второго и третьего уравнений системы (1) выразим n_1 и p_5

Подставим значения n_1 и p_5 из уравнений (2), (3) в первое уравнение системы (1)

$$\frac{3n - W - p_4}{2} + p_4 = \tau + (\tau - 1)n_{\tau-1} + \dots + in_i + \dots + 2n_2 + n - 1 - n_{\tau-1} - \dots - n_i - \dots - n_2.$$

После преобразования получим

$$\frac{3n - W - p_4}{2} + p_4 - n = (\tau - 1) + (\tau - 2)n_{\tau-1} + \dots + (i - 1)n_i + \dots + 2n_2 - \dots - n_2,$$

$$\text{и далее } \frac{n - W}{2} + \frac{p_4}{2} - (\tau - 1) = (\tau - 2)n_{\tau-1} + \dots + (i - 1)n_i + \dots + n_2. \quad (4)$$

Из уравнения (4) определим p_4

$$p_4 = 2(\tau - 1) - (n - W) + 2(\tau - 2)n_{\tau-1} + \dots + 2(i - 1)n_i + \dots + 2n_2. \quad (5)$$

Подставим полученное значение p_4 в уравнение (4) и определим, что

$$p_5 = (2n - W) - (\tau - 1) - (\tau - 2)n_{\tau-1} - \dots - (i - 1)n_i - \dots - n_2. \quad (6)$$

Сведем уравнения (2), (5) и (6) в систему

$$\begin{cases} n_1 = n - 1 - n_{\tau-1} - \dots - n_i - \dots - n_2, \\ p_4 = 2(\tau - 1) - (n - W) + 2(\tau - 2)n_{\tau-1} + \dots + 2(i - 1)n_i + \dots + 2n_2, \\ p_5 = (2n - W) - (\tau - 1) - (\tau - 2)n_{\tau-1} - \dots - (i - 1)n_i - \dots - n_2. \end{cases} \quad (7)$$

Рассмотрим кинематические цепи, имеющие треугольный базисный τ - угольник, т.е. $\tau = 3$.

При $\tau = 3$ уравнение (7) будет иметь следующий вид

$$\begin{cases} n_1 = n - 1 - n_2, \\ p_4 = 4 - (n - W) + 2n_2, \\ p_5 = 2n - W - 2 - n_2. \end{cases} \quad (8)$$

Из первого уравнения системы (8) следует, что n_2 может измениться от 0 до $n-1$

$$0 \leq n_2 \leq n - 1.$$

Сначала рассмотрим группы Ассура при $n_2 = 0$, и получим

$$\begin{cases} n_1 = n - 1, \\ p_4 = 4 - n, \\ p_5 = 2n - 2. \end{cases} \quad (9)$$

Решениями (9) будут следующие четыре

$$\begin{aligned} & 1. n = 1, n_1 = 0, p_4 = 3, p_5 = 0, \\ & 2. n = 2, n_1 = 1, p_4 = 2, p_5 = 2, \\ & 3. n = 3, n_1 = 2, p_4 = 1, p_5 = 4, \\ & 4. n = 4, n_1 = 3, p_4 = 0, p_5 = 6. \end{aligned} \quad (10)$$

Для образования механизмов из указанных четырех решений можем выбрать

решение под номером №2, т.к. при присое-

динении этой группы к ведущему звену выполняется условие [2]

$$p_5 = n.$$

Тогда параметры получаемых механизмов будут иметь следующие значения:

$$n = 3, n_1 = 2, p_4 = 2, p_5 = 3$$

Удовлетворяющие этим требованиям схемы механизмов приведены на рис.2а, б, с, д в стержневом и зубчатом исполнениях.

Звенья 1 и 3 механизмов, приведенных на рисунке 2 а,б, соединяются со стойкой кинематической парой p_5 . Зубчатый вариант, представляет собой коническую передачу. Базисное звено стержневого механизма, приведенного на рис.2с, кинематической парой p_4 соединяется с неподвижным звеном. Идентифицируя данный механизм можно получить схему планетарного механизма, приведенного на рисунке 2д.

Теперь рассмотрим кинематические цепи при $n_2 = 1$, тогда система (8) имеет вид

$$\left\{ \begin{array}{l} n_1 = n - 2, \\ p_4 = 4 - (n - W) + 2, \\ p_5 = 2n - W - 3. \end{array} \right. \quad (12)$$

а)

б)

с)

д)

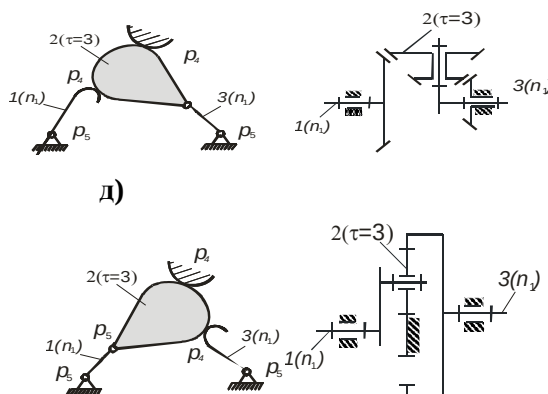


Рис 2. Четырехзвенные механизмы при $\tau = 3$ и $n_2 = 0$ Для группы Ассура примем

$W = 0$, и получим

$$\left\{ \begin{array}{l} n_1 = n - 2, \\ p_4 = 6 - n, \\ p_5 = 2n - 3. \end{array} \right. \quad (13)$$

Из (13) следует, что n может измениться от двух до шести. Тогда решения будут иметь следующие значения

1. $n = 2, p_4 = 4, p_5 = 1, n_1 = 0, n_2 = 1,$
2. $n = 3, p_4 = 3, p_5 = 3, n_1 = 1, n_2 = 1,$
3. $n = 4, p_4 = 2, p_5 = 5, n_1 = 2, n_2 = 1,$
4. $n = 5, p_4 = 1, p_5 = 7, n_1 = 3, n_2 = 1,$
5. $n = 6, p_4 = 0, p_5 = 9, n_1 = 4, n_2 = 1.$

(14)

В данном случае число звеньев n изменяется от двух до шести. Условию (11) удовле-

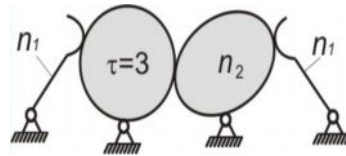
творяют механизмы, образованные из групп Ассура, имеющие решения под номером №2.

Тогда, полученные механизмы будут иметь следующие параметры:

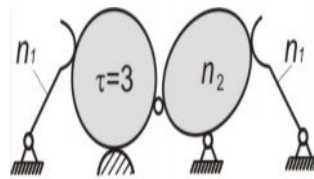
$$n = 3, p_4 = 3, p_5 = 3, n_1 = 1, n_2 = 1.$$

На рис.3 построены схемы механизмов, имеющие указанные параметры. Схемы, при-

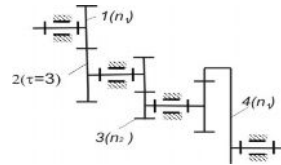
а)



с)



б)



д)

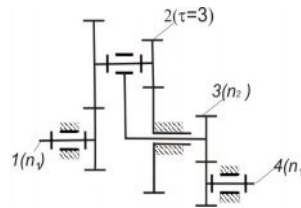


Рис 3. Пятизвенные механизмы при $\tau = 3$ и $n_2 = 1$ в стержневому в зубчатом вариантах

Аналогично рассуждая, можно продолжить синтез и для более сложных систем, т.е. в

Литература

1. Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов. Учебное пособие, г. Новокузнецк, 1994 г. 102 с.
2. Дворников Л.Т. Новые подходы к решению задач структурного синтеза

УДК 621.878.25

ПЫЛЕВАТЫЕ И ГЛИНИСТЫЕ ГРУНТЫ С КРУПНООБЛОМОЧНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

Тургунбаев Ж.Ж., Тургунбаев М.С.

КГТУ им. И.Раззакова

На основе изучения паспортов грунтов рассчитаны статистические характеристики гранулометрического состава грунтов с обломочными включениями. Установлены вероятностные диапазоны изменения физических и механических свойств обломочно-пылевато-глинистых грунтов

On the basis of passports grounds calculated statistical characteristics granulometric structure grounds with fragmently inclusions. Likelihood ranges of change of physical and mechanical properties fragmently-dustly-clay grounds are established.

В зависимости от петрографического состава исходной скальной породы, степени её выветрелости и генетического типа грунта обломки скальных пород, содержащиеся в грунтах, могут иметь различную прочность и окатанность.

Крупнообломочные грунты с пылеватым и глинистым заполнителем и глинистые грунты с крупнообломочными включениями

веденные на рис.3а и с, представляют собой стержневые варианты механизмов. Зубчатый механизм, схема которого приведена на рис.2б, является простой ступенчатой передачей, а схема 3 д- планетарным механизмом.

составе кинематических цепей могут присутствовать звенья n_2, n_3 и т.д.

зубчатых механизмов. В кн. «Материалы десятой Научно-практической конференции по проблеме машиностроения и горных машин». Издательство Сиб ГИУ, г. Новокузнецк, 2000 г., с. 3-17.

далее обломочно-пылевато-глинистые грунты согласно /1/ относятся к двум различным подгруппам: подгруппе крупнообломочных и подгруппе пылеватых и глинистых.

Отдельно взятые обломки скальных пород (частицы более 2 мм) и пылеватый и глинистый заполнитель (частицы менее 2 мм) принципиально различны как по размеру фракций, так и по механическим свойствам. С

этой точки зрения обломочно-пылевато-глинистые грунты можно рассматривать как естественную смесь крупнообломочных и пылевато-глинистых грунтов.

С другой стороны, с позиций закономерностей изменения механических свойств обломочно-пылевато-глинистые грунты с содержанием 20-90 % обломков должны рассматриваться как грунты одного типа [2].

Для установления фракционного состава и физических характеристик обломочно-пылевато-глинистых грунтов проведем статисти-

стические исследования. Изучаются свыше 150 паспортов обломочно-пылевато-глинистых грунтов. Были рассчитаны статистические характеристики выборки по паспортам грунтов такие как: среднее значение - $\bar{X}$, среднеквадратическое отклонение - σ , коэффициент вариации - v на основе объема выборки - n [3,4]. По результатам исследований установлены статистические характеристики фракционного состава обломочно-пылевато-глинистых грунтов, которые показаны в табл. 1.

Таблица 1.

Наименование грунта	Статистические характеристики	Глина	Пыль	Пески	Гравий	Галечник	Валуны
Суглинки	X_{max}	11	76,2	76,7	42,7	18,6	-
	X_{min}	4	30,8	10,6	0,7	2,1	-
	$\bar{X}$	6,9	41,1	29,4	15,6	9,63	-
	σ	2,1	10,6	16,6	14,4	4,8	-
	v	0,3	0,26	0,56	0,92	0,49	-
	n	26	26	26	25	24	-
Супеси	X_{max}	10,4	84,8	82,8	20,0	14,7	-
	X_{min}	2,2	20,7	12,2	0,3	1,7	-
	$\bar{X}$	5,19	39,13	46,93	7,9	5,8	-
	σ	2,25	24,27	6,19	6,19	2,8	-
	v	0,43	0,62	0,78	0,78	0,48	-
	n	27	27	27	26	24	-
Гравийные грунты	X_{max}	2,1	12,9	48,4	40	30,36	-
	X_{min}	0	3,2	38	24,6	13,8	-
	$\bar{X}$	1,3	6,3	42,5	28,8	22,96	-
	σ	0,72	2,97	2,96	3,83	5,6	-
	v	0,55	0,47	0,07	0,13	0,24	-
	n	19	22	22	22	22	-
Галечниковые грунты	X_{max}	0,7	6,9	32	30	75	30
	X_{min}	0	0	5	10	20,5	2
	$\bar{X}$	0,43	3,8	16,45	18,23	44,15	18,3
	σ	0,21	2,11	8,29	4,98	21,87	8,67
	v	0,48	0,56	0,5	0,27	0,49	0,47
	n	17	19	22	22	22	22
Валунные грунты	X_{max}	0,34	3,2	17	21	25	67
	X_{min}	0	0	2	9,8	10	22,5
	$\bar{X}$	0,18	2,1	10,22	15,6	19,83	49,3
	σ	0,09	0,44	4,88	3,39	4,92	13,65
	v	0,5	0,21	0,48	0,22	0,25	0,28
	n	11	11	14	14	14	14

Статистические характеристики гранулометрического состава грунтов с обломочными включениями

Данные таблицы показывают, что валуны – каменные включения размерами свыше 200 мм, появляются в составе галечниковых и валунных грунтов со следующими статистическими характеристиками:

1. Галечниковые грунты: минимальное содержание – 2 %; максимальное со-

держание – 30 %; среднее содержание 18,3 %; среднеквадратическое отклонение - 8,67 %; коэффициент вариации – 0,47 при объеме выборки равной 22. Количественное содержание валунов в галечниковом грунте достаточно ощутимое (в пределах 20 %) для работы

землеройной техники. Разброс содержаний валунов от среднего значения также является высоким, о чем свидетельствует значение коэффициента вариации.

2. Валунные грунты: минимальное содержание – 22,5 %; максимальное содержание – 67 %; среднее содержание 49,3 %; среднеквадратическое отклонение – 13,65 %; коэффициент вариации – 0,28 при объеме выборки равной 14. Содержание валунов в валунном грунте в пределах 50 %. Разброс содержаний валунов от среднего значения стабилизируется, о чем свидетельствует значение коэффициента вариации – 0,28.

Дальнейший анализ гранулометрического состава обломочно-пылевато-глинистых грунтов показывает, что среднее содержание валунных включений (более 200 мм) в галечниковом грунте составляет 18,3 %, а в составе валунного грунта – 49,3 %. А максимальная вероятность появления галечниковых и валунных грунтов по территории Кыргызской Рес-

публике соответственно равна 0,098 и 0,136 /5/. Вероятностные условия работы землеройной техники на грунтах, имеющие каменистые включения размерами выше 200 мм составляет в сумме 0,234.

Данные грунтовые условия являются достаточно трудными для работы землеройной техники, с точки зрения: появления динамических нагрузок режимов нагружения металлоконструкций землеройных машин; преждевременных абразивных износов и усталостных нагрузок; повышения себестоимости разработки грунтов с твердыми включениями; снижения производительности и эксплуатационной эффективности машин, разрабатывающих грунты.

Далее проведена работа по изучению физических и механических характеристик, а также по составлению классификации валунных включений.

Установлены вероятностные диапазоны изменения физических и механических свойств обломочно-пылевато-глинистых грунтов (табл.1.2).

Вероятностные диапазоны изменения физико-механических свойств обломочных грунтов

Таблица 1.2.

Физические и механические характеристики	Наименование грунта согласно ГОСТу 25100-95			
	Суглинки	Супеси	Песчаные	Гравийные
Влажность, %	$\frac{15...30}{0,924}$	$\frac{15...25}{0,832}$	$\frac{14...18}{0,724}$	-
Число пластичности	$\frac{7...17}{0,903}$	$\frac{1...7}{0,904}$	-	-
Коэффициент пористости	$\frac{0,646...0,995}{0,876}$	$\frac{0,696...0,993}{0,724}$	$\frac{0,4...0,8}{0,74}$	$\frac{0,8...1,5}{0,895}$
Плотность грунта, $г/см^3$	$\frac{1,57...2,01}{0,896}$	$\frac{1,61...2,02}{0,724}$	$\frac{1,7...2,3}{0,791}$	$\frac{1,6...2,0}{0,763}$
Плотность частиц грунта, $г/см^3$	$\frac{2,68...2,71}{0,95}$	$\frac{2,68...2,72}{0,895}$	$\frac{2,7...2,72}{0,856}$	$\frac{2,68...2,72}{0,929}$
Показатель консистенции	$\frac{0,05...0,52}{0,701}$	$\frac{0,05...0,43}{0,764}$	-	-
Сцепления, МПа	$\frac{0,002...0,04}{0,789}$	$\frac{0,02...0,04}{0,782}$	$\frac{0,01...0,04}{0,798}$	$\frac{0,01...0,04}{0,805}$
Угол внутреннего трения, град	$\frac{10...25}{0,808}$	$\frac{15...25}{0,904}$	$\frac{16...22}{0,87}$	$\frac{16...24}{0,7234}$

Числитель: пределы изменения; знаменатель: вероятность появления.

Далее установлены вероятностные диапазоны изменения физико-механических харак-

теристик галечниковых и валунных грунтов (табл.1.3).

Вероятностные диапазоны изменения физико-механических характеристик галечниковых и валунных грунтов

Таблица 1.3.

Физические и механические характеристики	Наименование грунта согласно ГОСТу 25100-95	
	Галечниковые	Валунные
Коэффициент неоднородности	$\frac{6,07...32}{0,912}$	$\frac{25...63}{0,845}$
Условное расчетное сопротивление, МПа	$\frac{0,5...0,6}{0,956}$	$\frac{0,5...0,6}{0,869}$
Угол внутреннего трения, градус	$\frac{36...39}{0,896}$	$\frac{38...40}{0,95}$
Плотность грунта, $г/см^3$	$\frac{1,92...2,35}{0,952}$	$\frac{2,0...2,4}{0,955}$
Коэффициент пористости	$\frac{0,25...1,1}{0,956}$	$\frac{0,5...1,2}{0,96}$
Коэффициент фильтрации, м/сут	$\frac{2,8...18}{0,901}$	$\frac{5,6...18}{0,84}$
Модуль деформации, МПа	$\frac{40...50}{0,789}$	$\frac{40...60}{0,95}$

Числитель: пределы изменения; знаменатель: вероятность появления.

Установленные вероятностные фракционный состав и физико-механические характеристики крупнообломочно-пылевато-глинистых грунтов будут применяться при теоретическом и экспериментальном исследовании процессов резания и копания грунтов с крупными каменистыми включениями, а также для оптимального формирования состава парка землеройных машин.

Литература

1. ГОСТ 25100-95. Межгосударственный стандарт. Грунты. Классификация. Москва: Минстрой России, 1995. 31 с.
2. ДальНИИС Госстроя СССР. Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями. Москва: Стройиздат, 1989. 24 с.
3. И.В.Коротких. Оценка строительных свойств грунтов. Киев: Будивельник, 1979. 56 с.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей. Москва: Наука, 1973. 364 с.
5. Тургунбаев М.С. Нагруженность и усталостная долговечность рабочего оборудования экскаваторов при разработке каменистых грунтов с изношенными зубьями ковша. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Бишкек, 2002. 2002 с.

УДК 621.771 (075.8)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ПОЛОС НА ОТВОДЯЩЕМ РОЛЬГАНГЕ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Абсадыков Б.Н.

Казахстанско-Британский технический университет, Алма-Ата

В данной работе приводится методика расчета температурных режимов охлаждения горячекатаных полос на отводящем рольганге широкополосных прокатных станов.

It is resulted the design procedure of temperature modes of cooling hot-rolled sheets on allocating roller conveyer of broadband rolling mills in this work

Структура получаемого катаного металла и его механические свойства зависят от его химического состава, температурных ре-

жимов прокатки и смотки, а также от режимов охлаждения полосы на отводящем рольганге /1/. В зависимости от скорости охлаж-

дения получают различную микроструктуру и механические свойства прокатанной полосы.

В целях повышения качества получаемых полос, снижения материальных затрат на транспортировку и охлаждение полос предлагается новая конструкция отводящего рольганга прокатного стана /2/.

Данная конструкция, благодаря насосной установке, получает воду под большим давлением, которая, проходя через радиальные сопла роликов и Г-образные сопла, создает усилие и крутящий момент на поверхности ролика, что приводит к вращению ролика в направлении транспортировки горячекатаной полосы. В свою очередь, вода, вытекающая под давлением из сопла, попадает в водоотражательный экран, и своими струйными брызгами охлаждает горячекатаную полосу. Определенная часть воды под давлением проходит через радиальные сопла. Это приводит к подъему листового проката в вертикальном направлении и, соответственно, к снижению трения между полосой и роликами.

Отражение воды от водоотражательного экрана и попадание ее на поверхность горячекатаного металла позволит охладить полосу без использования специальных установок по принудительному охлаждению. Охлаждению также будет способствовать подача воды через сопла. Все это дополнительно снижает материальные и энергетические затраты на транспортировку и охлаждение полос.

На отводящем рольганге полоса теряет тепло за счет излучения и конвекции в основном на участках, предшествующих и следующих за установками принудительного охлаждения, а также за счет теплопередачи воде, подаваемой на поверхность полосы.

Процесс распространения тепла в твердых телах в общем случае описывается

$$0,5 \cdot C(T) \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right), \text{ при } \tau_k \leq \tau \leq \tau_{k+0,5}; \quad (3)$$

$$0,5 \cdot C(T) \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial y} \right), \text{ при } \tau_{k+0,5} \leq \tau \leq \tau_{k+1}; \quad (4)$$

Записывая (3) и (4) в конечных разностях и производя несложные преобразования, можно получить систему линейных алгеб-

$$\begin{aligned} & 1/h_1^2 \cdot \lambda_{i+0,5j}^{k+0,5} \cdot T_{i+1j}^{k+0,5} - (C_{ij}^{k+0,5} \cdot 1/h_3 + 1/h_1^2 \cdot x \\ & x(\lambda_{i+0,5j}^{k+0,5} + \lambda_{i-0,5j}^{k+0,5})) \cdot T_{ij}^{k+0,5} + \lambda_{i-0,5j}^{k+0,5} \cdot 1/h_1^2 \cdot x \\ & x T_{i-0,5j}^{k+0,5} = -C_{ij}^{k+0,5} \cdot 1/h^3 \cdot T_{ij}^k; \end{aligned} \quad (5)$$

дифференциальным уравнением в частных производных параболического типа

$$c(T) \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right], \quad (1)$$

где $c(T)$ – удельная теплоемкость; ρ – плотность; τ – время; x, y – координаты точек тела; $\lambda(T)$ – коэффициент теплопроводности; T – температура.

Для решения уравнения теплопроводности (1) его необходимо дополнить начальным и граничным условиями. В качестве начального условия задано распределение температуры тела в начальный момент времени: $T(x, y, 0) = T(x, y)$. Граничные условия, связанные со сложным теплообменом на поверхности полосы, в данном случае принимают вид:

$$\pm \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\text{пов}} = \varepsilon_{\text{пр}} \cdot \sigma_{\text{в}} (T_{\text{ср}}^4 - T_{\text{пов}}^4) + \alpha_{\text{к}} (T_{\text{ср}} - T_{\text{пов}}), \quad (2)$$

что соответствует передаче тепла конвекцией и излучением (где $\alpha_{\text{к}}$ – коэффициент конвективной теплопередачи; $\sigma_{\text{в}}$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела; $\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведенная степень черноты поверхности тела).

Задача решается численно локально-одномерным методом /3/. В сечение полосы вводится пространственно-временная сетка: $\omega_{\text{ит}} = (ih_1; ih_2; kh_3)$; ($i = -1, 0, 1, \dots, N_1 + 1$; $j = -1, 0, 1, \dots, N_2 + 1$; $k = 0, 1, 2, \dots, N_3$) и промежуточные (дробные) временные шаги $\tau_{k+0,5} = \tau_k + 0,5 \Delta \tau$, где $\Delta \tau = \tau_{k+1} - \tau_k$. Последовательно решаются одномерные уравнения теплопроводности:

раических уравнений с трехдиагональной матрицей

$$\begin{aligned} & 1/h_2^2 \cdot \lambda_{1j+0,5}^{k+1} \cdot T_{1j+1}^{k+1} - (C_{1j}^{k+1} \cdot 1/h_3 + 1/h_2^2 \cdot x \\ & x(\lambda_{1j+0,5}^{k+1} + \lambda_{1j-0,5}^{k+1})) \cdot T_{1j}^{k+1} + \lambda_{1j-0,5}^{k+1} \cdot 1/h_2^2 \cdot x \\ & x T_{1j-1}^{k+1} = -C_{1j}^{k+1} \cdot 1/h^3 \cdot T_{1j}^{k+0,5} \end{aligned} \quad (6)$$

Разностные уравнения (5) и (6) последовательно решаются вдоль строк $j = \text{const}$ и $i = \text{const}$ методом прогонки. Так, например, для (5) решение определяется в виде:

$$T_i = \alpha_{i+1} \cdot T_{i+1} + \beta_{i+1} \quad (7)$$

$$\alpha_{i+1} = \frac{1/h_1^2 \cdot \lambda_{i+0,5,j}^{k+0,5}}{\left(C_{i,j}^{k+0,5} \cdot 1/h_3 + 1/h_1^2 (\lambda_{i+0,5,j}^{k+0,5} + \lambda_{i-0,5,j}^{k+0,5}) \right) - \lambda_{i-0,5,j}^{k+0,5} \cdot 1/h_1^2 \cdot \alpha_i}; \quad (8)$$

$$\beta_{i+1} = \frac{\lambda_{i-0,5,j}^{k+0,5} \cdot 1/h_1^2 \cdot \beta_i + 1/h_3 \cdot C_{i,j}^{k+0,5} \cdot T_{i,j}^k}{\left(C_{i,j}^{k+0,5} \cdot 1/h_3 + 1/h_1^2 (\lambda_{i+0,5,j}^{k+0,5} + \lambda_{i-0,5,j}^{k+0,5}) \right) - \lambda_{i-0,5,j}^{k+0,5} \cdot 1/h_1^2 \cdot \alpha_i}. \quad (9)$$

Начальные значения прогоночных коэффициентов α_0 , β_0 и значение $T_{N_1+1,j}^{k+0,5}$, необходимые для начала отсчета по (7), были определены из граничных условий (2) и (3).

Полагая, что $j = 0, 1, 2, \dots, N_2$, по начальным условиям и формулам (8) и (9) определяли значения прогоночных коэффициентов $\alpha_{i+1}, \beta_{i+1}$ при $i = 0, 1, 2, \dots, N_1+1$ (прямая прогонка). Затем по формуле (7) последовательно определяли $T_{N_1,j}^{k+0,5}$, $T_{N_1-1,j}^{k+0,5}$, $T_{1,j}^{k+0,5}$ (обратная прогонка). В результате получаем распределение температур в узловых точках сечения полосы в момент времени

Исключив из (5) с помощью (7) последовательно $T_{i-1,j}^{k+0,5}$ и $T_{ij}^{k+0,5}$, можно получить формулы для определения прогоночных коэффициентов и α_i и β_i :

$\tau = \tau + 0,5\Delta\tau$, используя начальное распределение температур по сечению полосы или предыдущее решение в качестве начального условия.

Используя вычисленные значения $T_{i,j}^{k+0,5}$, определяем аналогичным образом сечеточную функцию $T_{i,j}^{k+0,5}$ для момента времени $\Delta\tau = \tau + \Delta\tau$.

Изменение температуры полосы на участке принудительного водяного охлаждения можно определить по формулам /1/:

$$\Delta T^B = T_{н.д.} - T_{к.д.} = Q / (c \cdot p \cdot v_n \cdot B) = (Q_{с\sum}^B + Q_{сл} + Q_{ик}) / (c \cdot p \cdot v_n \cdot B); \quad (10)$$

$$\Delta T^H = T_{н.д.} - T_{к.д.} = Q / (c \cdot p \cdot v_n \cdot B) = (Q_{с\sum}^H + Q_{сл} + Q'_{ик}) / (c \cdot p \cdot v_n \cdot B); \quad (11)$$

где $Q_{с\sum}^B$ ($Q_{с\sum}^H$) – суммарные тепловые потери от верхнего (нижнего) струйного охлаждения; $Q_{сл}$ – тепловые потери от слоя воды в полосе; $Q_{ик}$, $Q'_{ик}$ – потери тепла верхней и нижней поверхности излучением и конвекцией на участке душирования; v_n – скорость полосы, м/с; c – теплоемкость стали на уча-

стке душирования; $T_{н.д.}$ – температура полосы в начале душирования; $T_{к.д.}$ – температура полосы в конце душирования.

Потери тепла полосой за счет контакта со струями верхнего охлаждения определяют как

$$Q_{с\sum}^B = n \cdot Q_c = n \cdot 67,7 \cdot D_c^B \cdot \Delta T_a \cdot \lambda_a \sqrt{P_e} = n \cdot 67,7 \cdot \Delta T_a \sqrt{(D_c^B)^3 \cdot \omega_c^B \cdot c_a \cdot p_a \cdot \lambda_a},$$

где Q_c – тепловой поток, отводимый одной струей; n – число струй; $\Delta T_a = T_s - T_\phi$ – недогрев воды до температуры насыщения T_s ; индекс «а» – параметры и свойства охлаждающей воды; $P_e = \omega_c D_0 c_a p_a \lambda_a$ – критерий Пекле; α_a – температуропроводность воды.

Способ подачи воды определяет особенности теплообмена, заключающиеся в том, что при подаче воды в виде струй область теплового контакта в основном сконцентрирована внутри пятна диаметром D_c (D_c – диаметр струи в момент контакта с полосой) $D_c = D_0 \sqrt{\omega_0 / \omega_c}$, где ω_c – скорость струи в момент контакта с полосой

$\omega_c = \sqrt{\omega_0^2 + 2gS}$; g – ускорение свободного падения; $\omega_c = 4V_0 / (\pi D_0)^2$ – скорость истечения воды через сопло при расходе воды на одну струю V_0 . Если известен перепад давлений, то скорость истечения воды через сопло можно определить по формуле: $\omega_0 = \varphi \sqrt{2(P - P_e)} / \rho$, где P и P_e – давление в коллекторе и атмосфере; $\varphi = 0,82$ – коэффициент скорости для сопла.

Потери тепла полосой за счет контакта со струями нижнего охлаждения определяют как

$Q_{c\Sigma}^B = 1,08 \cdot 10^5 \cdot n^H \cdot \Delta T_a \sqrt{(D_c^H)^3 \omega_c^H}$. Тепловые потери, обусловленные наличием на полосе слоя воды, будут иметь вид: $Q_{cl} = q_{cl} \cdot (B \cdot L - F_c)$, где F_c – суммарная площадь пятен

$$q_{cl} = 1,2 \cdot 10^{-3} \rho_a c_a \omega_a \Delta T_a P_r^{-0,6} [1 + 1,22 \exp(0,019 l_{cl} / h_{cl})],$$

где $P_r = v_{ao} / \alpha_{ao}$ – критерий Прандтля; v_{ao} и α_{ao} – кинематическая вязкость и теплопроводность воды при ее начальной температуре T_a ; l_{cl} – путь, проходимый водой при стекании с полосы ($1 \div 2$ м); h_{cl} – средняя толщина слоя воды на полосе ($20 \div 30$ мм); ω_{cl} – суммарная скорость течения в слое, усредненная по поверхности пятна на участке душирования ($1 \div 2$ м/с).

В интервале температур $T_a = 20 \div 50^\circ\text{C}$ с погрешностью $\pm 2\%$ можно принять $q_{cl} = 1,25 \cdot 10^5 v_{cl} [1 + 1,22 \exp(-0,019 l_{cl} / h_{cl})]$, где $h_{cl} = 2 (h_{кр} + h_0) / 3$ – толщина слоя воды у края (середины) полосы $h_{кр} = (B^2 \cdot \omega_{ор} / 4g)^{1/3}$; $h_0 = 1,5 (B^2 \cdot \omega_{ор} / 4g)^{1/3}$; $\omega_{ор}$ – скорость орошения (м/с), величина, равная удельному расходу воды.

Потери тепла верхней и нижней поверхности излучением и конвекцией определяются уравнением

$$Q_{ИК}^3 = (\alpha_{И} + \alpha_{К}) F_{охл} (T - T_a), \text{ где } T - \text{средняя температура на участке душирования; } F_{охл} = B l_{охл} n^H \pi R^2.$$

Определив температуры поверхности полосы на участке принудительного водяно-

растекания струй $F_c = n_a \cdot \pi \cdot R_1^2$; R_1 – радиус пятна растекания; B, L – ширина и длина участка охлаждения; q_{cl} – плотность теплового потока от листа к слою воды толщиной h_{cl} , определяются по формуле

го охлаждения и используя их как начальные данные, определили локально-одномерным методом температуру полосы по всему сечению при принудительном охлаждении водой.

На базе вышеприведенных уравнений получены номограммы для определения температуры полосы на рольганге при воздушном и принудительном охлаждении.

Литература

1. Коновалов Ю.В., Остапенко А.Л., Пономарев В.И. Расчет параметров листовой прокатки. Справочник. - М.: Металлургия, 1986. 486 с.

2. Байгунчиков Ж.Ж., Машеков С.А., Абсадыков Б.Н. и др. Отводящий рольганг широкополосного стана. Решение о выдаче предварительного патента на изобретение по заявке № 2005/0529.1 от 28.06. 2006 г.

3. Самарский А.А. Введение в численные методы: Учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1987. 288 с.

УДК 621.01

ӨЗГӨРҮЛМӨ СТРУКТУРАЛУУ МЕХАНИЗМДЕРДИН КИНЕМАТИКАЛЫК СӨЛӨКӨТТӨРҮН ТАЛДОО

Илиязов О.И., Чылпакбаева Д.Б.

ТТИ И.Раззаков атындагы КМТУ

Бул макалада өзгөрүлмө структуралуу механизмдердин кинематикалык сөлөкөттөрүнө талдоо жүргүзүлгөн.

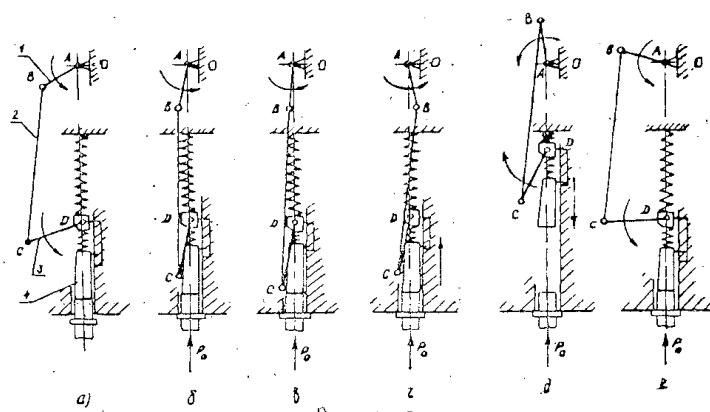
В этой статье произведен анализ кинематических схем механизмов переменной структуры.

In this article is told about the survey and analysis of cinematics schemes for the mechanism of the transference structure.

Өзгөрүлмө структуралуу механизмдердин кинематикалык сөлөкөттөрүн талдоо

Биринчилерден болуп өзгөрмө структуралуу механизмдер сымал – урма аракеттеги машинелердин пружиналарын дошполуу ишке киргизүүчү механизмдерди иштеп чыгышкандар техникалык илимдердин доктору, профессор Алабужев П.М. жана анын окуучулары болушкан [1].

Алимов О.Д., Манжосов В.К., Филиповский В.П. иштеринде [2] өзгөрмө структуралуу механизм-бургулоочу агрегаттарда колдонулуучу дошполуу-калтектүү чапчыгыч түзүлүшү менен механикалык импульстук генератор иштелип чыккан.



1 сүрөт

Дошполуу калтектүү чапчыгыч түзүлүшү бар импульстук генератордун иштөө принциби 1 сүрөттөгү сөлөкөт менен түшүндүрүлөт. Мында механизмдин тогоолорунун абалы жумушчу мерчимдин ар кандай фазаларында чагылдырылган.

Изилдөө усулу: Ийримуунактын айлануу кыймылын соккучтун илгери адымдаган кыймылына айландырган ABCD механизми – беш тогоолуу механизм болуп эсептелет: тиктурмадан 0, ийримуунактан 1, тээктен 2, апкичтен

3, илгери адымдап кыймылдоочу тогоодон 4 турат.

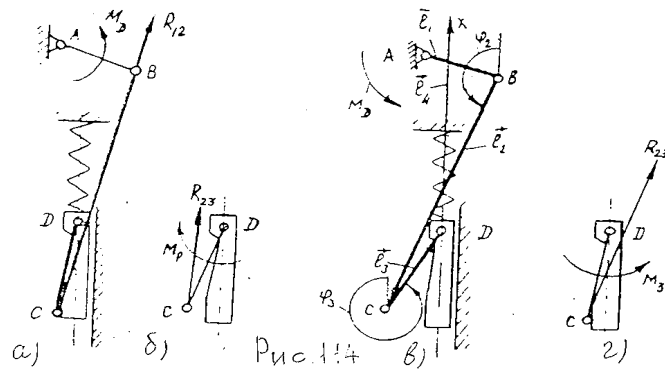
Тогоолордун эркин кыймылында (соккуч менен аспап бири-бири менен урунгандан кийин) 4-тогоонун термелүүсү токтотулат. Бул термелүүлөрдүн токтотулушунун керектиги соккучтун ээлеп алуусун камсыз кылуу менен байланышкан, эмне дегенде ээлеп алуу сойлоочунун аныкталган абалында гана ишке ашат. (Д-чекити)

Соккучтун чыйралтуучу механизми кандайдыр бир октук күчтүн таасири астында аракетке келтирилет. Бул мезгилде аспаптын куйрук учу соккучка, ал аркылуу кандайдыр бир октук күч P_0 менен сойлоочуга таасир этет (1 б сүрөттү кара). Апкичтин 3 таянычы «Д» ордуна жылат, анын аркасында термелүүчү апкичтүү, төрт тогоолуу дошполуу механизмди камсыз кылган, тогоолордун геометриялык катнашы бузулат. Механизмдин айлануу шарты бузулат, жана апкич кыпчылып калат (2 а сүрөт). Белгилеп коюшубуз керек, эгерде Д тирөөчү термелүү кыймылын жасай турган болсо,

бул, же апкичтин артын көздөй кыймылына же апкичтин сойлоочуга эрте эле кыпчылып калуусуна алып келүүсү мүмкүн, бул болсо алардын бири-бирин ургулоосу менен уланышы мүмкүн. (Д тирөөчү кармап калуу, кыпчылып калуу, ээлеп алуу абалынан: ылдый (2 б сүрөт), өйдө (2 в сүрөт) жылышкан. Андан сырткары тогоолордун геометриялык катнашы Д тирөөчүнүн нормалдуу абалында деле соккучтун кармалып, кыпчылып калуусу болбой турган катнашта болушу мүмкүн. Себеби апкич сойлоочуга урулса, апкичти артын көздөй кыймыл жасоого мажбурлаган күч импульсу пайда болот (2 г сүрөт).

Талдоонун натыйжалары: Биз, дошполуу – калтектүү кармап калуучу түзүлүшү бар механизмдин, тогоолордун эркин жүрүү жана соккучтун кармап калуу моментиндеги иштөө принцибинин өзгөчөлөктөрүнө көңүлүнүздөрдү бурабыз. Буга окшош жагдай бөлөк абалда деле пайда болушу мүмкүн. Эгерде механизмди жараткан учурда, соккучтун кармап калуу амалынын динамикасын так элестете албасак, анда механизм ишке жөндөмдүү болбой калышы мүмкүн.

Кийинки мерчим – бул апкич кыпчылып калгандан кийинки ийримуунактын айлануусу. Качан апкич кыпчылып калганда, ийримуунактын айлануусу серпилгич байланыштын эсебинен сойлоочу менен соккучтун бири-бирине карата кандайдыр бир жыла ала турган мүмкүнчүлүгү (1 в сүрөт).



2 сүрөт

Механиздин структурасы өзгөрөт: төрт тогоолуу дошполуу механизмден ал

ийримуунактуу-сойлоочу механизмге айланат. (Соккуч кыймылсыз, сойлоочу соккучка карата серпилгич байланыштын эсебинен жылат) жана апкичтин кармалып калуусу менен ийримуунактын айлануусун камсыз кылган түзүлүштүн милдетин аткарат. Ийримуунактын андан аркы кыймылы (1 г сүрөт) тээктин СВ жээгине багытталган (2 а сүрөт) кандайдыр бир тартуу күчүн R_{12} жаратат. Бул күч апкичтин тирөөчүнө Д, карата моменттин М пайда болушун шарттайт. Анын үстүнө момент М, же апкичти кыпчылып калуудан бошотууга (эгерде l_3 жана l_2 векторлорунун ортосундагы бурч $\varphi_3 - \varphi_2 < \pi$ болсо) же тескерисинче аны кыпчытып соккучтун апкичтин андан аркы кыймылында кыпчылып калуусуна (эгерде $\varphi_3 - \varphi_2 \geq \pi$ болсо) (2 г сүрөт) аракет кылат.

Качан гана сойлоочу алгачкы абалына кайтып келгенден кийин (ийримуунактын айлануу кыймылында) апкич кыпчылышы керек.

Ийримуунактуу сойлоочу механизм ABCD (1 г сүрөт) бул мезгилде жумушчу пружинаны чыйралтуучу механизмдин милдетин аткарат.

Соккучтун чыйралуусун камсыз кылуу менен, чыйралтуучу түзүлүш: пружинанын кысылуу, сойлоочунун багытоочуларындагы жана механизмдин дошполорундагы сүрүлүү күчтөрүнүн каршылыктарын жеңет. Ийримуунакка келтирилген, каршылык күчтөрүнүн мо-

менти, көбөйгөндөн көбөйөт. Анын максималдык мааниси тогоолордун геометриялык катнашы серпилгич элементтин (жумушчу пружинанын) катуулугу, сүрүлүү күчтөрүнүн чоңдугу менен аныкталат. Сойлоочунун эң четки жогорку абалында апкичти кыпчыткан күч моменти болбойт. Кысылган пружинанын күчү, С дошпосуна карата, апкичтин сааттын жебесинин багытындай кыймылын камсыз кылууга аракеттенген моментин жаратат. (1 д сүрөт).

Апкич бошонот жана механизмдин структурасы өзгөрөт: бир кыймылдуу ийримуунактуу механизмден эки эркиндик даражалуу механизмге айланат. [2] иште импулстук генератордун, соккучтун чыйралуу жана жүгүрүү мезгилинде, тогоолордун кыймылын изилдөө амалдарынын жыйынтыгы жазылган. Механизмдин кыймылына, кыймылга келтирүүчү күчтөрдүн жана жумушчу пружинанын серпилгич күчтөрүнүн таасири аныкталган. Бургулоочу автоматтар үчүн, дирилдеп ургулоочу механизм катары, дошполуу-калтектүү кармоочу түзүлүштүн, геометриялык чен-өлчөмдөрүн эсептөөгө боло турган, көз карандылыктар аныкталды.

Өзгөрмө структуралуу механизмдерди (ӨСМ) изилдөөнүн кийинки өнүгүү этабында С. Абдраимов тарабынан буларды устаканалык жабдыктар тармагында, тактап айтканда кысоор курууда пайдалануу сунуш кылынат. Сунуш кылынган дошполуу-калтектүү, кысоорлор үчүн механизм колдонулуп жүргөн кысоорлордун сөлөкөтүнө салыштырмалуу келечектүү болуп эсептелет.

Кошкучсуз кысоордун аткаруучу механизмдин кыймылын төрт этапка бөлүүгө болот: жумушчу амал - ийримуунактуу сойлоочу механизм; куру бекер иштөө тартибинде – дошполуну төрт тогоолуу механизм; ийримуунактуу сойлоочу механизмден дошполуну төрт тогоолуу механизмге өтүү тартибинде – эки эркиндик даражалуу беш тогоолуу механизм жана төрт тогоолуу дошполуну механизмден – ийримуунактуу сойлоочу механизмге өткөндө да ошондой эле эки эркиндик даражалуу беш тогоолуу механизм.

Өзгөрмө структуралуу механизмдерди (ӨСМ) иштеп чыгууда жана жаратууда О.Д.Алимовдун жана С.Абдраимовдун эмгектери [3] өзгөчө мааниге ээ болду. Анда авторлор тарабынан мындай гипотеза айтылган: «...кээ бир түзүлүштөр, чен-өлчөмдөрүнүн аныкталган катнашында өзгөрмө структуралуу механизм болуп калышат, башкача айтканда, эгерде системдин кандайдыр бир чен-өлчөмү болсо, ал өзгөргөндө жетелөөнүчү тогоонун кыймыл мыйзамы өзгөрсө, анда берилген систем кайсы бир тогоосунун кыймылына чектөө коюлса, башка структурага өтө алат...» [3]. Ушундай механизмдердин кээ бирлери жана алардын бар болуу шарты сунушталган [4].

Академик Алимов О.Д. жана С.Абдраимовдун жетекчилиги менен жана алардын окуучулары тарабынан күчү 100 дөн 1250 кН го чейинки кысоор-автоматтардын конструкциялары иштелип чыккан.

Иштелип чыккан кысоор-автоматтардын конструкцияларында аткаруучу мүчө катары өзгөрмө структура-

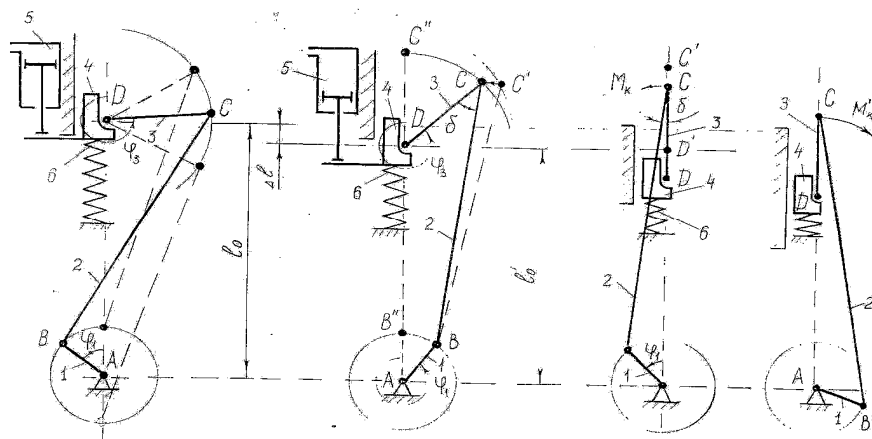
луу механизм пайдаланылган (ӨСМ). Анын кинематикалык сөлөкөтү жалпыланган түрдө 3 сүрөттө көрсөтүлгөн.

ӨСМ ийримуунактан 1, тээктен 2, апкичтен 3, сойлоочудан 4, негизден 5, серпилгич элементтен 6, аракетке келтирүүчү аба цилиндринен 7 турат [3, 5].

ӨСМдин куру бекер иштөө тартиби 3 а сүрөттө көрсөтүлгөн сөлөкөт менен түшүндүрүлөт. Куру бекер иштөө тартибинде серпилгич элемент сойлоочуну жогорку абалда кармап турат. Ийримуунактын айлануу кыймылы тээк аркылуу апкичтин термелүү кыймылына айланат. Соилоочу тынч абалда турат.

Жумуш иштөө тартибине өтүү керек болсо, аракетке келтирүүчү аба цилиндрине кысылган аба берилет, натыйжада анын сабы сойлоочуну төмөн көздөй $\Delta l \leq l_1$ аралыгына жылдырат. (3 б сүрөт).

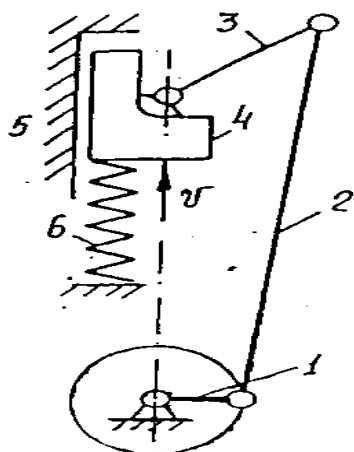
Апкичтин термелүү бурчу өзгөрөт, башкача айтканда а АВ траекториясынан СД траекториясына өтөт жана тик абалга келгенге чейин термелет. Апкичтин тик абалында анын андан ары бурулушуна сойлоочудагы такооч жолтоо болот, ошондуктан апкич сойлоочуга такалып токтоп калат. Ийримуунактын андан ары айлануусунда, тээк сойлоочуну жылдырып баштайт, б.а. механизм термелүүчү апкичтүү төрт тогоолуу дошполуну механизмден ийримуунактуу сойлоочу механизмге айланат (3 в сүрөт). Соилоочунун ылдый жылган учурунда серпилгич элементтин каршылык күчү жана тестик күч апкичте апкичти сойлоочуга жабыштырган момент М жаратат.



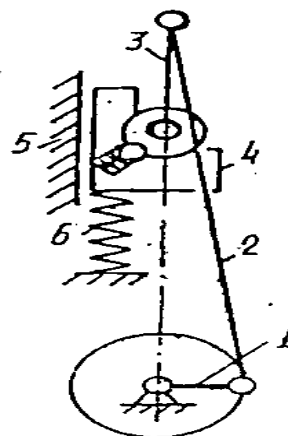
3 сүрөт

Сойлоочунун артка жүрүшүндө б.а. качан ал өйдө жылганда серпилгич элементтин каршылык күчү, апкичти сойлоочудан ажыратканга аракет кылган момент M_2 жаратат. (3 г сүрөт). Апкич өз алдынча ажырап кеткен учурда сойлоочу серпилгич элементтин кысылуу күчүнүн аракети менен ылдам өйдө жылат жана негиздин 1 жогорку чектөөчүсүнө барып

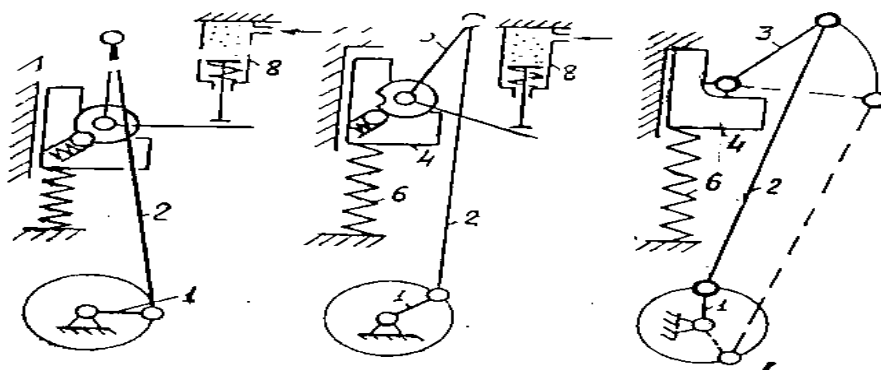
тиет. (4 а сүрөт). Ошондуктан, апкичти сойлоочуга ишенимдүү туташтыруу максатында апкичтин огунда нуктуу урчукча орнотулган. (5 сүрөт). Сойлоочуда, пружиналанган роликтүү бекиткич орнотулган. Ал апкич тигинен жайгашканда урчукчанын нугунда бекийт. Мындай бекиткич, апкичтин өзүнөн-өзү кыпчылуу-дан чыгып кетүүсүн жок кылат.



4 сүрөт



5 сүрөт



6 сүрөт

Куру бекер иштөө тартибине өткөрүү керек болсо токтотуучу аба цилиндрине кысылган аба берилет, анын сабы апкичтин калтегине аракет кылуу менен, апкичти өз огунда буруп айлантат жана ошону менен бирге аны сойлоочуга туташуудан бошотот.

Серпилгич элемент сойлоочуну алгачкы абалына чейин көтөрөт жана механизм кайрадан куру бекер иштөө тартибине өтүп иштеп баштайт. (6 сүрөт)

Адабияттар

1. Алабужев П.М., Зуев А.К., Каргин В.А., Липовицкий М., Хан В.Б., Ярунов А.М.

О механизме шарнирного взвода пружины машин ударного действия. Ст. «Электрические машины ударного действия». Новосибирск, Наука, 1969. 257-268с. 2. Алимов О.Д., Манжосов В.К., Филипповский В.П. «Механические импульсные генераторы с шарнирно-рычажным захватывающим устройством». Фрунзе.: Илим, 1975, 150с.

3. Абдраимов С., Алимов О.Д. «Основы теории прессов с механизмами переменной структуры», Фрунзе.: Илим, 1988, 294 с.
4. Абдраимов С., Невенчанная Т.О. «Построение механизмов переменной структуры, исследование их динамики». Фрунзе.: Илим, 1990, 175 с.

УДК 621.01

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СХЕМ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ С НАИБОЛЬШИМ ОСНОВАНИЕМ.

Бакиров Б.Б., Аликеев С.С.

Инженерная Академия Кыргызской Республики

В работе рассматривается принцип действия шарнирно – рычажных механизмов с особыми положениями, с различными соотношениями длин звеньев, а также их влияние на кинематические и динамические параметры механизма.

In work is considered principle of the action joint - a hook mechanism with person by positions, with different correlations of the lengths section, as well as their influence upon кинематические and dynamic parameters of the mechanism.

В начале 80-х годов в Институте машиноведения НАН КР возникло и начало интенсивно развиваться новое направление в создании электромеханических ударных машин, основанное на использовании механизмов с особыми положениями, в которых возникает неопределенность движения звеньев. До настоящего времени научным коллективом института разрабатывалось и предлагалось много конструкции механических ударных машин.

Вследствие новизны ударных механизмов с особыми положениями звеньев их теория и методы расчета только начинают развиваться и в этом направлении существуют еще много нерешенных проблем.

В последнее время в Инженерной Академии КР был создан и успешно прошел испытания на работоспособность экспериментальный образец ударной машины высокой мощности ГУИМ на основе механизмов переменной структуры, обладающей энергией единичного удара до 30000 Дж.

Именно новый вид рычажных механизмов переменной структуры был разработан под руководством академиков Алимова

О. Д. и Абдраимова С. Впервые на основе этих механизмов были созданы исполнительные механизмы кузнечно – прессовых и ручных машин отличающиеся простотой конструкции. На их основе можно создать ударные машины различных типов и мощностей, способных работать от любых источников вращательного движение.

Впервые механизмы переменной структуры, как отдельный вид механизмов были выделены в первой половине 20-го века в работах В. В. Добровольского, Н. В. Еремеева и С. Н. Кожевникова. В дальнейшем, необходимые научно-теоретические основы ударных механизмов переменной структуры освещены в трудах профессора Абдраимова С., Джуматаева М.С., Невенчанной Т.О. и др.

На основе исследований кыргызских ученых открылся новый раздел в теории механизмов и машин - механизмы переменной структуры.

Во всех разработанных до настоящего времени ударных механизмах переменной структуры были использованы кинематические схемы с наибольшим шатуном и наибольшим коромыслом.

Поэтому исследование и разработка ударных машин и механизмов переменной структуры с наибольшим основанием является актуальным, где в конструкциях требуется большое межопорные расстояния.

Как известно, механические ударные машины имеют ограничения по мощности, обусловленные в прочности деталей этих машин, проблемами их охлаждения. Здесь одним из основных параметров является величина энергии удара. В зависимости от требований предъявляемых к создаваемой ударной машине сначала выбираются та или иная схема механизма, а также размеры их звеньев.

$$1. L_1 < L_2 < L_3 < L_0 \quad (1)$$

$$2. L_1 < L_3 < L_2 < L_0 \quad (2)$$

$$3. L_1 < L_3 = L_2 < L_0 \quad (3)$$

нами были проведены следующие исследования.

Известно, что условия существования особого положения (когда все звенья выстраиваются в одну линию) для механизма с наибольшим основанием (рис 1) выполняется при равенствах $L_0 + L_1 = L_2 + L_3$ (4), которые

Известно, что каждый вид шарнирно - четырехзвенного механизма имеет определенное соотношение длин звеньев.

В настоящее время из всех шарнирно - четырехзвенных механизмов с особыми положениями наиболее широкое применение получили механизмы, способные работать в режиме удара.

Причем в этих механизмах удар совершается в особом положении звеньев, когда передаточные отношение U_{31} и U_{21} достигают максимальных значений.

Для этой цели на основе кинематического анализа рассмотрим несколько схем механизмов переменной структуры с различными соотношениями длин звеньев удовлетворяющих условиям:

могут быть записаны в относительных единицах.

$$\lambda_0 + 1 = \lambda_2 + \lambda_3$$

$$\text{где } \lambda_1 = L_1 / L_1;$$

$$\lambda_2 = L_2 / L_1;$$

$$\lambda_3 = L_3 / L_1;$$

$$\lambda_0 = L_0 / L_1.$$

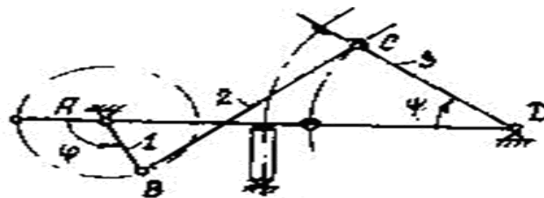


Рис.1 Схема кривошипно-коромыслового механизма с наибольшим основанием

При кинематическом анализе используем аналитический метод исследования, в соответствии с которым по заданной структурной и кинематической схеме определяются функции положения выходного звена, т.е. в зависимости координаты выходного звена от обобщенных координат механизма. Используя общепринятую методику вывода функции положения на основе рассмотрения треугольника образованного звеньями механизма с линией, соединяющей точки B и D, получим следующие выражения:

$$\varphi_3 = -\arctg[A] + \arccos [B] \quad (5)$$

1.	$L_1 < L_2 < L_3 < L_0$	$a = 2$	$\mu = 0.5$	$\lambda_1 = 1;$	$\lambda_2 = 1.48;$	$\lambda_3 = 1.52;$	$\lambda_0 = 2$
2.	$L_1 < L_3 < L_2 < L_0$	$a = 2$	$\mu = 0.5$	$\lambda_1 = 1;$	$\lambda_2 = 1.58;$	$\lambda_3 = 1.48;$	$\lambda_0 = 2$
3.	$L_1 < L_2 = L_3 < L_0$	$a = 2$	$\mu = 0.5$	$\lambda_1 = 1;$	$\lambda_2 = 1.5;$	$\lambda_3 = 1.5;$	$\lambda_0 = 2$

По результатом вычислений построим графики изменения функции положения (рис.2)

$$\text{где } A = L_1 \sin \varphi / (L_0 + L_1 \cos \varphi_1);$$

$$B = (L_3^2 - L_2^2 + d) / 2L_3 \sqrt{d};$$

$$d = L_1^2 + L_0^2 + 2L_1 L_0 \cos \varphi_1$$

Уравнение (5) является функцией зависимости угла поворота коромысла φ_3 от угла поворота кривошипа φ_1 .

Используя формулу (5), решаем данное уравнение.

Построим графики изменения функций положения. Она выглядит следующим образом (рис2).

Используя формулу (5), исследуем несколько вариантов соотношений длин звеньев. Рассмотрим варианты когда:

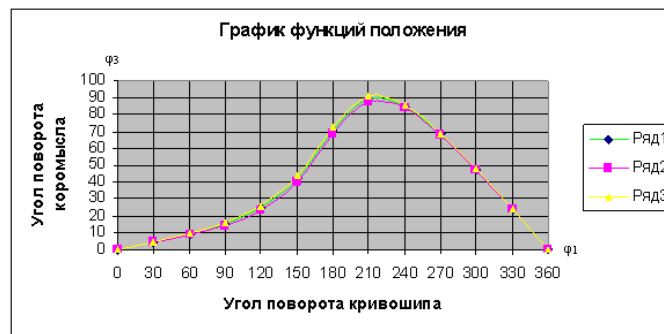


Рис.2. График функций положения механизма

Далее дифференцируя функцию $\varphi_3(\varphi_1)$ по углу поворота φ_1 получим передаточную функцию механизма первого порядка (рис3).

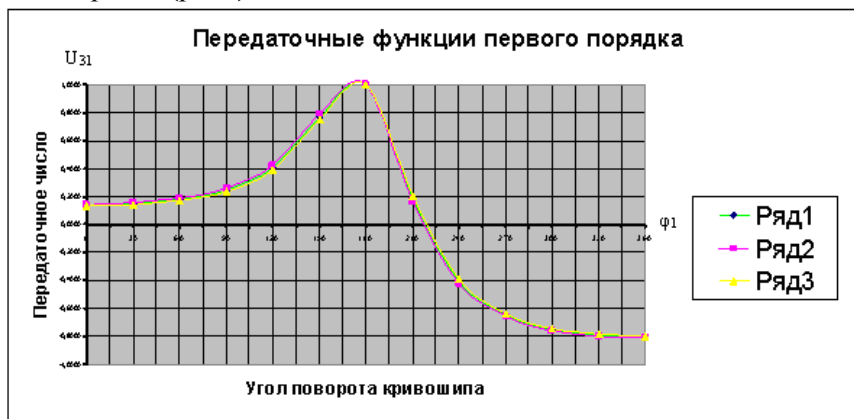


Рис.3. Графики передаточных функций первого порядка кривошипно-коромысловых механизмов

$$U_{31} = \frac{1}{d} \left[-(1 + \lambda_0) + 2\lambda_0 \sin^2\left(\frac{\varphi_1}{2}\right) + \frac{\left[\lambda_2(\lambda_0 + 1) - 2\lambda_0 \sin^2\left(\frac{\varphi_1}{2}\right) \right] \cos\left(\frac{\varphi_1}{2}\right)}{\left[\left(\frac{\lambda_2 \lambda_3}{\lambda_0} \right) - \sin^2\left(\frac{\varphi_1}{2}\right) \right]^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (6)$$

Где $d = (1 + \lambda_0)^2 - 4\lambda_0 \sin^2(\varphi_1/2)$.

$$U'_{31} = \frac{\sin\left(\frac{\varphi_1}{2}\right)}{4(a + y^2)^2} \left[2y(b - a) + \frac{[2(c - a) - g]y^4 + g(c - 3a)y^2 - acg}{(g + y^2)^{\frac{3}{2}}} \right] \quad (7)$$

Где $y = \cos(\varphi_1/2)$;

$$a = \frac{(1 - \lambda_0)^2}{4\lambda_0};$$

$$b = \frac{(\lambda_0 - 1)}{2\lambda_0};$$

$$c = \left[\frac{\lambda_2(\lambda_0 + 1)}{2\lambda_0} \right] - 1;$$

$$g = \frac{(\lambda_2 \lambda_3)}{\lambda_0} - 1;$$

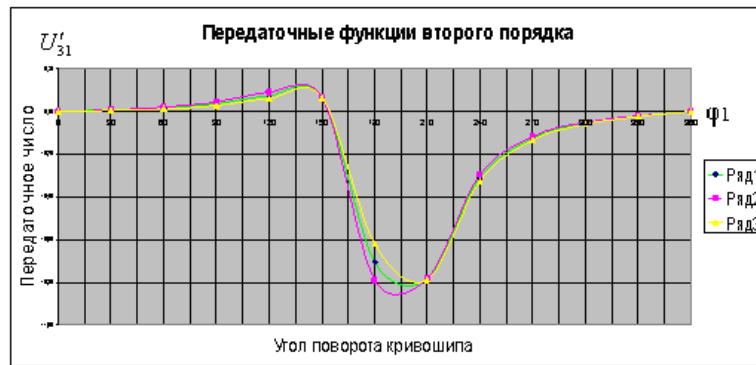


Рис. 4. Графики передаточных функций второго порядка кривошипно-коромысловых механизмов

Передаточная функция первого порядка связана с угловой скоростью звеньев механизма и второго порядка с ускорениями звеньев.

Из полученных графиков можно сделать вывод, что угол качания коромысла для первого составляет 89° , для второго и третьего соответственно 88° и 91° . Во всех трех вариантах отклонение коромысла достигает максимального значения при $\varphi_1=210^\circ$. Если сравнить угол качания коромысла по графику, то видно, что они незначительны.

Из графика изменения передаточных функций первого порядка (рис 3) видно, что функция дважды достигает экстремальных значений за период вращения кривошипа: первый экстремум -175° , а второй – в момент удара коромысла по инструменту ($\varphi_1-2\pi$).

Во всех трех вариантах передаточное отношение одинаково. Из рис 4. видно, что передаточная функция второго порядка U_{31} имеет два экстремальных значения: при изменении угла $\varphi_1=175^\circ$ - первый экстремум, второй - от 185° до 270° . В первом случае значения передаточной функции варианта 3 меньше соответствующих максимальных значений передаточной функции варианта 1.

По изменению функции U'_{31} можно судить об угловом ускорение коромысла, так

как касательная составляющая силы инерции и момент сил пропорциональна угловому ускорению, то по сравнению с первыми двумя вариантами в третьем варианте значение сил инерции и моментов сил меньше практически на время всего цикла движения механизма.

Из результатов кинематического анализа следует, что третий вариант длин звеньев отличаются от остальных. Поэтому этот вариант можно использовать для дальнейшей реализации при проектировании и создании ударных машин на основе механизмов переменной структуры.

Литература

1. Абдраимов С., Джуматаев М.С. Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. - Бишкек: Илим-1993, 177 с.
2. Еремьянц В.Э. Кинематический и динамический анализ шарнирно-рычажных механизмов. - Бишкек: КРСУ 1997, 35с
3. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. - Бишкек: Илим. 2005, 195с.

УДК 621.01.622.23

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМЫХ И ДОСТАТОЧНЫХ УСЛОВИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ИДЕНТИЧНОСТЬ РЕШЕНИЙ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СТРУКТУРНОЙ СИСТЕМЫ

Садиева А.Э.

КГТУ им. И.Раззакова

В работе рассматриваются вопросы синтеза структур сложных кинематических цепей с кинематическими парами четвертого и пятого классов

С учетом того, что $p_5 = n$ [1] развернутая формула П.Л.Чебышева запишется, как

$$p_4 = n - W. \quad (1)$$

Учитывая это первое уравнение универсальной структурной системы [2] получит вид

$$p_5 + p_4 = 2n - W = \tau \cdot n_\tau + (\tau - 1)n_{\tau-1} + \dots + in_i + \dots + 2n_2 + n_1. \quad (2)$$

Подставляя вместо n из второго уравнения универсальной структурной системы, получим

$$2 + 2n_{\tau-1} + \dots + 2n_i + \dots + 2n_1 - W = \tau + (\tau - 1)n_{\tau-1} + \dots + in_i + \dots + 2n_2 + n_1,$$

или, после преобразований

$$2 - W - \tau = (\tau - 3)n_{\tau-1} + \dots + (i - 2)n_i + \dots + n_3 - n_1.$$

Отсюда определяем значение n_1

$$n_1 = (\tau + W - 2) + (\tau - 3)n_{\tau-1} + \dots + (i - 2)n_i + \dots + n_3. \quad (3)$$

Обозначим значение после первой скобки уравнения (3) через Q , тогда

$$Q = (\tau - 3)n_{\tau-1} + \dots + (i - 2)n_i + \dots + n_3, \quad (4)$$

тогда зависимость (3) примет вид

$$n_1 = \tau + W - 2 + Q, \quad (5)$$

Q – целое положительное число, включая ноль. Оно может принимать значения $Q=1,2,3,4$

и т.д.

Для зубчатых механизмов при $W=1$ зависимость (5) упростится до вида

$$n_1 = (\tau - 1) + Q. \quad (6)$$

Значение n_2 определим из второго уравнения универсальной структурной системы

$$n_2 = n - 1 - n_{\tau-1} - \dots - n_i - \dots - n_3 - n_1. \quad (7)$$

1 В зависимости (5) независимым задаваемым
2 параметром является τ . Начнем со структур,
3 когда τ принимает значение равное 2. Для
4 этого случая согласно (5) Q может
5 принимать единственное значение $Q=0$.

6 По зависимости (5) найдем, что $n_1 = 1$, а по
7 зависимости (6) с учетом того, что в цепи с
8 $\tau = 2$ не могут быть использованы звенья
9 n_2 , получим $n = 2$. Тогда, согласно

10 условия $p_5 = n$ и (1) $p_5 = 2, p_4 = 1$. И,
11 при $\tau = 2$ найдем единственное решение, а
12 именно $n = 2, n_1 = 1, p_5 = 2, p_4 = 1$.

13 Примем теперь за наиболее сложное
14 базисное – треугольное звено, т.е. зададим

15 $\tau = 3$. И в этом случае, согласно (4) Q не
16 может иметь иных значений, кроме нуля.

17 По зависимости (5) найдем, что
18 значение $n_1 = 2$, а по зависимости (7)
19 получим

$$n_2 = n - 1 - n_1 = n - 3. \quad (8)$$

21 Из (8) следует, что для зубчатых
22 механизмов с $\tau = 3$ необходимо
23 рассматривать значения n , начиная с
24 $n = 3$.

25 Ограничимся значениями n до
26 шести включительно. Для каждого n по
27 (6),(8),(1) определяем значения n_1, n_2, p_5 .

28 p_4 и все полученные решения сведем в
29 таблицу 1.

Таблица 1.

Номер решения	Число звеньев, n	Число звеньев, n_1	Число звеньев, n_2	Число кинематических пар, p_5	Число кинематических пар, p_4
1	3	2	0	3	2
2	4	2	1	4	3
3	5	2	2	5	4
4	6	2	3	6	5

Рассмотрим решение под номером 1, т.е. $n=3$, $n_1=2$, $n_2=0$, $p_4=2$, $p_5=3$. Отсюда следует, что цепь должна содержать три пары p_5 и две пары p_4 , то базисное звено может быть использован в 1.

трех вариантах, а именно с тремя парами p_5 , с двумя парами p_5 и одной парой p_4 , с одной парой p_5 и двумя парами p_4 , схемы которых приведены на рис.

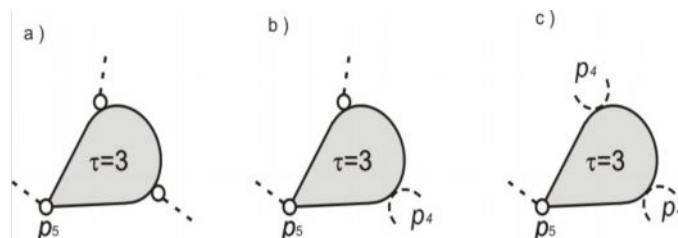


Рис. 1. Треугольное базисное звено с различными кинематическими парами

Помимо τ – угольника в цепь должны входить по два звена n_1 . Они могут быть представлены тремя видами, а именно с

двумя парами p_5 , парами p_5 и p_4 , с двумя парами p_4 . Они приведены на рис. 2.

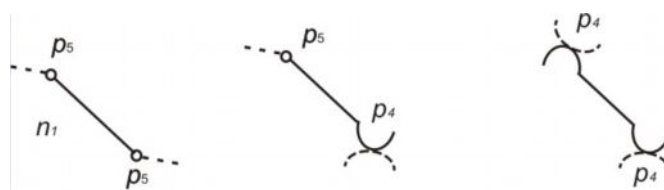


Рис. 2. Звено, добавляющее одну кинематическую пару с различными кинематическими парами

С учетом звеньев приведенных на рисунках 1 и 2 составим ряд механизмов. На рис. 3 приведена схема механизма, имеющего шесть подвижных звеньев.

Указанный механизм включает два звена n_1 .

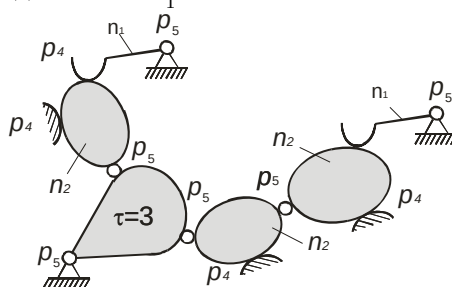


Рис. 3. Семизвенный механизм с $n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_4 = 6, p_5 = 5$

При $n = 5$ число звеньев n_1 равняется двум, и число звеньев n_2 равняется двум.

$$p_5 = n = 5.$$

Как видно из условия число одноподвижных кинематических пар равняется

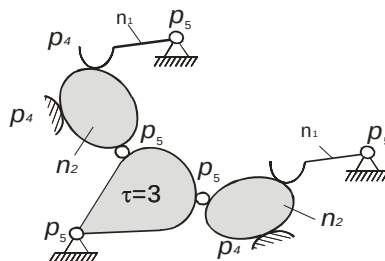


Рис. 4. Механизм при $n = 6, n_1 = 2, n_2 = 2, p_4 = 5, p_5 = 4$

Механизм, имеющий параметры $n=4, n_1=2, n_2=1, p_4=4, p_5=3$ приведен на рис.5.

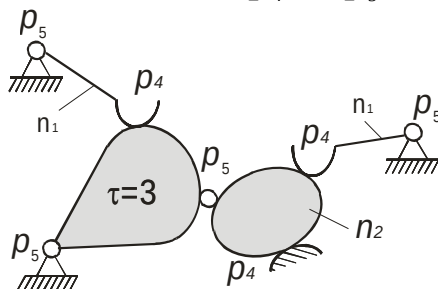


Рис. 5. Механизм при $n = 4, n_1 = 2, n_2 = 1, p_4 = 4, p_5 = 3$

Механизм под номером 1, с параметрами $n=3, n_1=2, n_2=0, p_4=3, p_5=2$ приведен на рис.6.

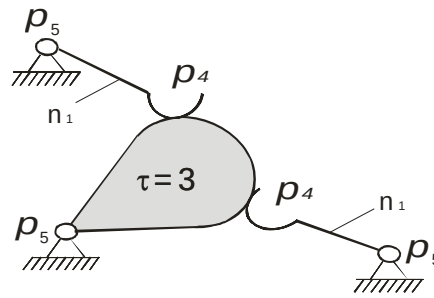


Рис. 6. Механизм при $n=3$, $n_1=2$, $n_2=0$, $p_4=3$, $p_5=2$

Таким образом, можно заметить, что задаваясь условием $p_5 = n$ можно найти решения, определяющие идентичность решений плоских и зубчатых механизмов.

Литература

1. Дворников Л.Т., Садиева А.Э. Поиск многообразия стержневых механизмов, удовлетворяющих условиям идентичности зубчатым механизмам //

Известия КГТУ им. И.Раззакова. – Б.: ИЦ «Техник» КГТУ им. И.Раззакова, 2008. – С. 106-111.

2. Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов. Учебное пособие. – Новокузнецк, 1994. – С.102.

НАПЛАВКА НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКОЙ В СРЕДЕ ЗАЩИТНОГО ГАЗА И ЧЕРЕЗ СМТ ПРОЦЕСС

Talant Ryspaev, Volker Wesling

Clausthal University of Technology (Germany)

Проведены сравнительные исследования по наплавлению поверхности полно-аустенитной нержавеющей стали X1NiCrMoCuN25 20 5 (1.4539) двумя способами электродуговой сварки в среде защитного газа, а именно, обычном способом - MAG процесс и новейшим методом сварки так называемым СМТ процессом. Использование инновационного СМТ процесса для наплавки позволяет избежать разбрызгивания и сводит к минимуму образование оксидных пленок, сопровождаемых MAG процесс. Благодаря низкому количеству тепла, вносимого при СМТ процессе, площадь проплавления становится намного меньше, а перемешивание элементов оказывается почти в 5 раз ниже, чем в случае MAG процесса.

Известно, что основным легирующим элементом нержавеющей стали является хром, который образует на поверхности металла тонкий слой своего оксида. Присутствие оксидного защитного слоя на поверхности металла обеспечивает антикоррозионные свойства нержавеющей стали. Для увеличения стойкости против разных видов коррозии нержавеющую сталь легируют кроме хрома другими элементами, такими как молибден, никель, кобальт, титан, ниобий, алюминий и др. [1,2].

Основным потребителем аустенитных нержавеющей сталей является химическая промышленность, где из них изготавливаются почти всё оборудование (реакторы, емкости, трубы). Также эти стали широко используются в пищевой промышленности (оборудование для производства, хранения и транспортировки пищевых продуктов) и в других отраслях индустрии и транспорта.

В изготовлении деталей и оборудования из нержавеющей стали часто приходится применять электродуговую сварку и наплавку.

Данные процессы сильно изменяют структуру и свойства свариваемых сплавов. При этом выделяются частицы фаз с изменением микроструктуры, повышается внутреннее напряжение и образуются оксидные слои (цвета побежалости), которые негативно влияют на коррозионные свойства. Даже использование защитных инертных или активных газов не может полностью исключить образование тонкого слоя оксидов разных металлов на поверхности вокруг сварочного шва. Такие оксиды и участки, разбрызганные расплавленной проволокой, являются местами, откуда берут начало разные виды коррозии [3].

Возрастающие требования к процессу сварки и наплавки нержавеющей сталей способом электродуговой сварки в среде защитного газа обуславливают большую заинтересованность промышленности в изыскании способов сварки, приводящие меньше тепла в сварную зону. В данное время наиболее подходящим способом для решения этой задачи является процесс холодного переноса металла- СМТ процесс, рис.1.

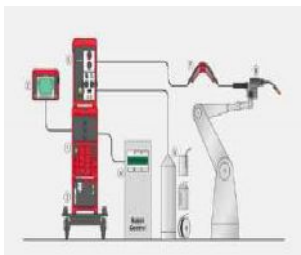


Рис. 1. Конфигурация системы CMT процесса: 1. Источник питания TPS 3200 / 4000 / 5000 CMT, 2. Пульт управления RCU 5000i, 3. Устройство охлаждения, 4. Интерфейс робота, 5. Механизм подачи проволоки VR 7000 CMT, 6. Сварочный робот Robacta Drive CMT, 7. Провод буфера оборотов проволоки, 8. Барабан для проволоки, [4].

Способ электродуговой сварки процессом CMT (Cold Metal Transfer), разработанный фирмой Fronius в 2004 [5], применяется в промышленности с 2005 г. [6,7]. Первоначально он был предназначен для сварки и пайки тонких стальных и алюминиевых листов для деталей автомобилей с целью исключения разбрызгивания [8,9].

CMT процесс основывается на принципе короткой электрической дуги и является разновидностью MIG/MAG процесса (Дуговая сварка в среде инертного газа/ в среде активного газа). CMT процесс, в отличие от других способов сварки с применением проволоки, позволяет обратное движение проволоки при сварке до 70 раз в секунду через цифровую автоматику; таким образом система немедленно реагирует на короткое замыкание быстрым отводом проволоки и запускает заново процесс сварки. Таким образом возникает чередование фаз «жарко-холодно» и снижается время подвода тепла в сварной шов; при этом средняя температура процесса значительно ниже, чем при MIG/MAG процессе. В случае обычной короткой электрической дуги проволока деформируется

при соприкосновении со свариваемым металлом и молниеносно расплавляется при высоком значении тока короткой электрической дуги. В противоположность этому при CMT сварке происходят контролируемые процессы короткого замыкания с отделением порций металла сварочной проволоки в ванну сварного шва. В результате наблюдается процесс расплавления и переноса сварочной проволоки каплями, в котором отсутствует разбрызгивание и наблюдается стабильное горение дуги.

Целью данной работы является сравнение результатов наплавки нержавеющей аустенитных сталей между процессами MAG и CMT.

2. Материал и методика экспериментов

Наплавочные работы были выполнены на установке Института сварки и разделительных технологий металлов (ISAF TU Clausthal, Germany) с использованием сварочной техники VR 7000 CMT фирмы Fronius (рис. 2), которая позволяет провести сварку/наплавку металлических материалов как в режиме MIG/MAG, так и в режиме CMT процесса



Рис. 2. Сварочная установка ISAF с техникой VR 7000 CMT

В качестве подложки (основного) материала были использованы листы с толщиной 4 мм из полно-аустенитной нержавеющей стали 1.4539 (X1NiCrMoCuN25-20-5 по DIN*), 904L по стандарту ASTM International**. Наплавочным материалом служила проволока SG-X2CrNiMo18-16-5, 1.4440, 18/17 E диаметром 1,2 мм. Химические составы стали и сварочной

проволоки приведены в табл. 1. Структуры образцов были изучены с помощью светового микроскопа и сканирующего электронного микроскопа.

*- Deutsches Institut fuer Normung (Немецкий институт по стандартизации)

** - American Society for Testing and Materials

Химические составы основного металла и проволоки (масс. %), Эквивалент Сопротивления питтинговой коррозии (PRE Pitting Resistance Equivalent), а также Эквиваленты Хрома и Никеля [6]. Таблица 1

	C	Cr	Ni	N	Mo	Cu	Crэкв	№экв	PRE
XlNiCrMoCuN25-20-5 1.4539	0,014	20,70	24,10	0,13	4,36	1,40	25,28	29,2	39
SG-X2CrNiMo 18-16-5 1.4440, 18/17 E	0,025	18	17,5	—	4,5				

В качестве защитного газа был применен Ar+2,5%CO₂ с объемом потребления 10 л/мин. Скорость подачи проволоки составляла 3 м/мин. на основании предварительных работ.

Параметры процесса наплавки приведены в табл. 2. Таблица 2. Параметры сварки и технологии для наплавочных работ

Способ сварки	№ валика	Напряжение [V]	Сила тока [A]	Скорость сварки [м/мин.]
Стандартный MAG процесс	01	18,8	91	1,5
	02	19	91	1,33
	03	18,9	92	1,02
	04	19,2	88	0,53
СМТ процесс	05	10,9	71	1,5
	06	10,8	71	1,33
	07	11,2	70	1,02
	08	11,2	70	0,53

3. Результаты и их обсуждение

На рис. 3 показаны наплавочные валики, полученные в соответствии со сварочно-технологическими параметрами из табл. 2. Как видно из данного рисунка, наплавление стандартным способом MAG процесса приводит к появлению на обеих сторонах свариваемой пластины четко видимых цветов побежалости (рис.3 б), что ухудшает

коррозионную стойкость материала, тогда как после СМТ процесса оксидные пленки практически отсутствуют. Такое различие между двумя процессами при одинаковых скоростях подачи проволоки и потреблении защитного газа объясняется разными погонными энергиями, т.е. разным количеством тепла, введенного на единицу длины валика.

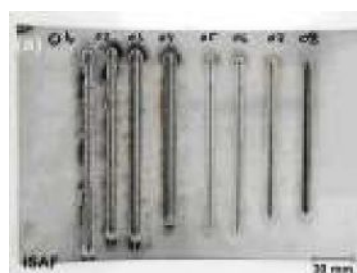
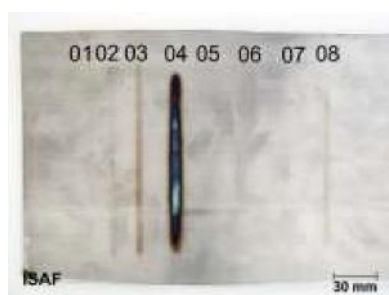


Рис. 3. Наплавленные валики на поверхности пластины: а) № 01-04 через MAG процесс, № 05-08 через СМТ процесс; б) Следы оксидных пленок на обратной стороне пластины. Параметры наплавки прив. в табл. 2

Снимки валиков, полученные при идентичных сварочно-технологических параметрах приведены на рис. 4, свидетельствуют об отсутствии разбрызгивания на поверхности пластин при СМТ процессе. Кроме того из исследований макроструктуры наплавленных валиков

(рис. 5 и табл. 3) следует, что перемешивание проволоочного материала и основного металла при наплавлении СМТ процессом составляет всего 6,7 %, что почти в пять раз меньше, чем при MAG процессе (25-35%).

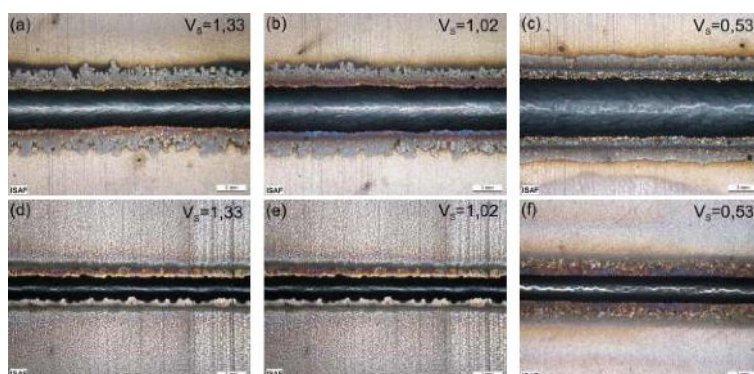


Рис. 4. Образование валиков наплавки в зависимости от скорости сварки (v_s , м/мин): а, b, с - MAG процесс; d, e, f - CMT процесс

Показатели перемешивания при наплавке процессами MAG и CMT

Таблица 3.

Способ сварки	№ валика	Проплавленная площадь [mm ²]	Общая площадь [mm ²]	Перемешивание [%]
Стандартный MAG процесс	01	0,85	3,28	25,91
	02	1,11	3,96	28,03
	03	1,54	5,58	27,60
	04	4,13	11,9	34,71
CMT процесс	05	0,03	1,79	1,68
	06	0,02	1,83	1,09
	07	0,08	2,48	3,23
	08	0,31	4,63	6,70

Как видно из рис. 5, с увеличением скорости сварки при наплавке уменьшается объем наплавленной зоны; одновременно снижается погонная энергия для наплавки, что сопровождается снижением проплавления и,

соответственно, уменьшением перемешивания. Полученные данные были подтверждены также через исследования, проведенные с помощью сканирующего микроскопа с использованием энергодисперсионного анализа EDX (Energy dispersive X-ray spectroscopy).

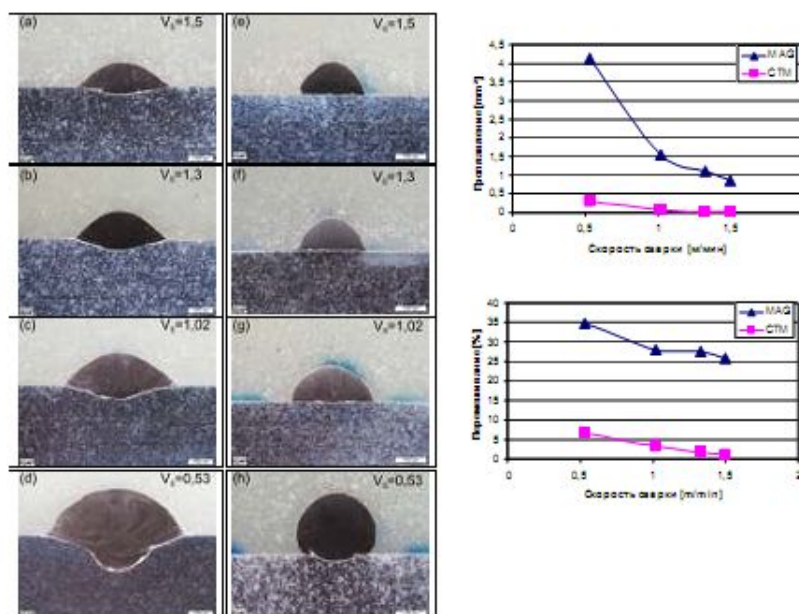


Рис. 5. Влияние скорости сварки при наплавке на проплавление и перемешивание; MAG процесс-левый столбец (a-d), CMT процесс-правый столбец (e-h)

Единичное сравнение валиков (№4 MAG процесс, №8 CMT процесс) в обоих процессах в случае минимальной скорости сварки, т.е. максимального перемешивания материалов,

показывает значительную разницу в смешивании сварочной проволоки с подложкой. Это особенно проявляется через повышения концентрации никеля и уменьшения содержания железа, рис. 6

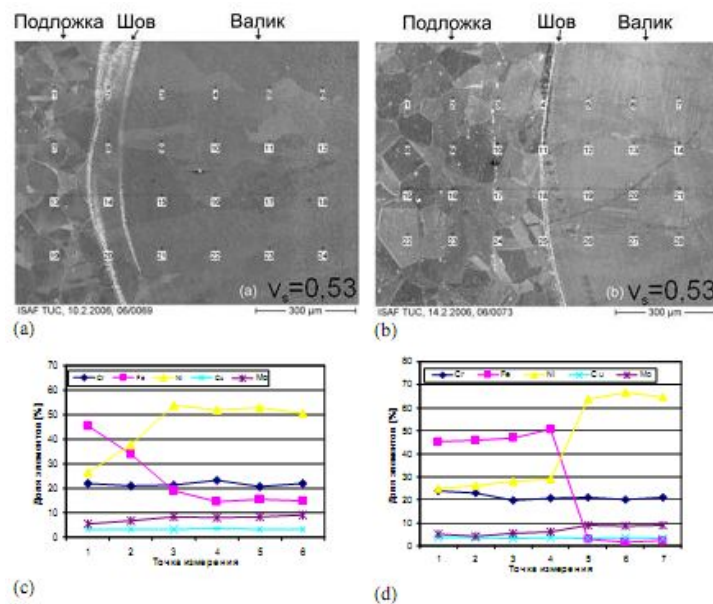


Рис. 6. РЭМ (растровый электронный микроскоп) фотографии по проведению EDX анализа и распределение элементов в направлении от подложки к валику: (а), (с)-MAG процесс, пластина №4; б), (д)-CMT процесс, пластина №8

1 Результаты исследования наплавленных поверхностей аустенитной стали однозначно показывают преимущество инновационного CMT процесса вследствие отсутствия разбрызгивания и значительного уменьшения толщины оксидной пленки по сравнению с обычным MAG процессом.

2 Благодаря меньшей энергии, приводимой в поверхность металла во время наплавления при CMT процесса, перемешивание легирующих элементов в данном способе сварки в несколько раз ниже, чем при MAG процессе.

3 При наплавке способом CMT толщина сварного шва значительно уже и, соответственно, зона термического влияния меньше по сравнению с MAG процессом

4. Установлено, что концентрация никеля в наплавленном валике с применением CMT процесса выше, а железа ниже, чем при MAG процессе.

Литература

1. D. Peckner, I.M Bernstein. „Handbook of stainless steels“, New York, NY,1977
2. P. Guempel. “Rostfreie Staehle”, Renningen-Malmsheim, expert-Verl.,

2001

3. K. Schilling, J. Gollner, T. Ryspaev, R. Reiter, V. Wesling. “Optimization of the welding process of high alloyed steels and improvement of corrosion behaviour of welded joints”, Materials and Corrosion 2005, 56, No. 3, pp. 174-184.
4. Интернет страница фирмы Fronius International GmbH: http://www3.fronius.com/new/new_developments.pdf
5. US Patent 6909067 – “Method and apparatus for welding with CV control”
6. http://www.fronius.com/cps/rde/xbcr/SID-B8C67167-1D8A76B2/fronius_international/22_cmt_the_new_revolution_in_digital_gma_welding_gb.pdf
7. http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-D5212655-D37861E7/fronius_international/hs.xsl/79_9399_ENG_HTML.htm
8. [N.N.04] “Neue Horizonte beim Aluminium-Schweißen mit CMT”. Z. Aluminium 80(2004) H.10. S. 1108-1110.
9. G. Trommer. “CMT-Schweißprozess in der Praxis”. VDI-Z. Integrierte Produktion. 148 (2006) H.4. S. 75-77.

GPRS-BASED REMOTE CONTROL - TWO YEARS OF OPERATION AT A WASTEWATER TREATMENT PLANT AT THE ISSYK-KUL-LAKE AREA

P. Kern, M. Bongards

Remote Control, WWTP, Issyk-Kul-Lake Area

After two years of operation of a remote control system for monitoring of a wastewater treatment plant (WWTP) at the Issyk-Kul-Lake reliable statements about the suitability of this technology for Kyrgyzstan can be made. This paper gives a short survey about the installed system, the basic functionalities and discusses the recorded data as well as the occurred problems in detail. Finally the operation of the monitored plant is analyzed in reference to the achieved improvements by the new system.

Introduction

Mostly manually operated, many waste water treatment plants (WWTPs) in Kyrgyzstan suffer from operational problems caused by inefficient monitoring and maintenance procedures which in worst case can result in a total breakdown of the plant. Problems often can not be solved in time as they are discovered too late, especially if they occur during off-time. This might further lead to higher costs and an unnecessary pollution of attractive and popular tourist areas as the Issyk-Kul-Lake. Modern remote control systems based on mobile internet technologies can help to solve these problems.

Efficient online-monitoring and remote control systems for waste water treatment plants can be installed at relatively small prices and low operating costs. Online-monitoring at any time enable the quick detection of occurring problems and they allow to inform the staff and to take reasonable precautions. Thus, reliability and plant efficiency can be substantially improved. In line with the VIP research project, a waste water treatment plant responsible for the dewatering of a hotel at the Issyk-Kul-Lake has been equipped with such an online-monitoring and control system. This work was done by a team of engineers of the Cologne University of Applied Sciences and the Alfred Kuhse GmbH

in close cooperation with Bior and the Faculty of Computer Science and Automation at the KSTU in 2007

Meanwhile the remote control system at the Issyk-Kul-Lake is working in the third year. The necessary network coverage as well as the compatibility to the Kyrgyz mobile network is given. To make a reliable statement about the suitability of this technology for Kyrgyzstan the long term operation has to be analyzed in reference to stability as well as the achieved improvements on the wastewater treatment plant at the Issyk-Kul-Lake.

Principle Functioning of the Kuhse-Telecontrol-System

The installed Kuhse Telecontrol-System corresponds to the typical construction of modern remote control systems, consisting of main server, substations as well as clients for plant visualisation and control (Figure 1). While clients are always connected via internet, the substation can also be connected via telephone line. During normal operation, data are sent in regular intervals from substations to central server, where the data are filed. Data security is provided using encrypted proprietary protocols [1].

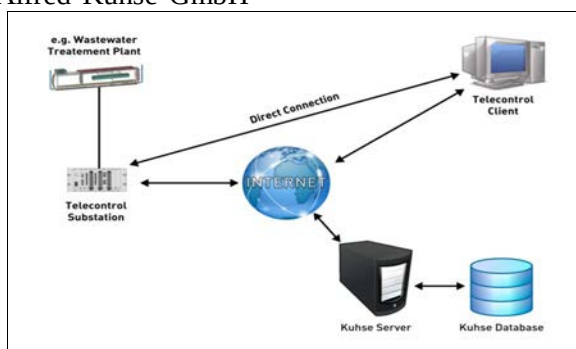


Figure 1: Kuhse Telecontrol-System [1]

The data keeping is done by the Kuhse main server. Clients can access latest process data as well as historic data. In addition, system alerts, in case of critical process states, are detected and displayed.

Application at the Issyk-Kul-Lake

For the installation of the remote control system within the VIP research project, a compact waste

water treatment plant for 500 population equivalents at the Issyk-Kul-Lake was chosen. It was built by BIOR in 2005 to treat wastewater of a hotel in Tolkun.

Due to the fact that Tolkun is about 250km away from Bishkek, it was the aim of Bior, to:

- monitor correct plant operation,
- record operating data automatically and

- support employees in case of malfunction and
- alert service personal in case of critical process states.

For this purpose, the remote control system is connected to the PLC (Programmable Logic Controller) of the plant and records all relevant data like fill level, oxygen concentration and the activity of frequency converters. In addition to that, all events, like beginning of the nitrification

phase and the switching of relevant valves, are stored in a log file.

Figure 2 is a screenshot of the Kuhse-Telecontrol-client [2] showing exemplary recorded measurements and logged events of the WWTP in Tolkun.

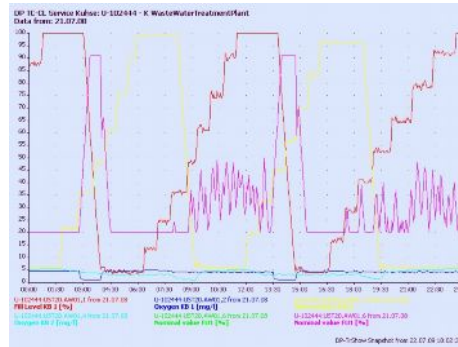


Figure 2: Screenshots of the Kuhse Telecontrol-Client used for Tolkun plant monitoring [2]

Mobile Communication based on Internet Technologies

Today packet switched data connections like GPRS and UMTS are state of the art for wireless data transfer over the internet. Circuit switched data connections as used several years ago are meanwhile out of date and for reasons of pricing rarely used. Furthermore, new mobile communication networks even don't support this standard [4].

Besides a lot of advantages, packet switched connections also have different disadvantages compared with circuit switched connections. Two major disadvantages are [4]:

- Data transfer is non-deterministic.
- Usable bandwidth and availability of the network depends on number of users.

These two points show that not only network coverage and compatibility to German hardware is a matter of interest for the VIP research project, but also reliability and stability, when looking at long term operation.

Operating behavior of the WWTP in Tolkun
After nearly two years of operation at the Issyk-Kul-Lake, two main aspects have to be evaluated. On the one hand, long term stability of the remote control system and thus suitability for an application in Kyrgyzstan, and on the other hand, plant operation and achieved improvements using the installed remote control system.

Both aspects can be evaluated analyzing the recorded data of the plant. Due to the fact, that the WWTP at Tolkun is operated merely during the summer time when the hotel is opened, the operating period from June 11 to September 27 2008 is chosen for a thorough data analysis. This operating period is of major interest, because the system worked without intervention.

To evaluate system stability the most relevant indicators are data gaps in the recorded data. The system is able to store data over a period of 24h without connection to a mobile network, which is why gaps occurring during this 24h period have to be caused by disturbances in form of measurement errors, power loss or operation errors. Experience gained during the project suggests that the most common reason for data loss is an electrical power outage. Due to the high dynamic in oxygen levels of sequencing batch reactors and in order to improve the clear view the month are individually considered.

Figure 3 shows the O_2 concentrations in July 2008. Data gaps can be identified always, when the O_2 concentrations fall down to zero. The diagram shows that data gaps happen relatively often, but they are always gaps without major relevance for safe plant operation. Due to the earlier mentioned ability to store data, it can be assumed that these gaps are caused by short power outages or maintenance work of the local operator

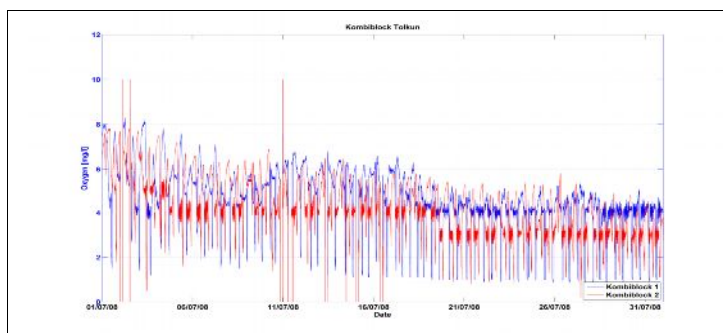


Figure 3: O₂ Concentrations - July 2008

To give proof of this assumption the gap on July 11 (

Figure 4) is analyzed in detail. In particular the fill levels at this point in time are of interest.

Figure 4 shows that the data recording stopped at 7am and started again at 11am. After this time both reactors started with a fill level of 10% respectively 20%. This means, that the complete

plant restarted the operation at 11am, which means that this problem was not caused by the remote control system.

O₂ concentrations in August 2008 are shown in Figure 5. The operation in August was even better than in July. During August only two short data gaps can be identified, which means that the plant practically operated without interruptions.

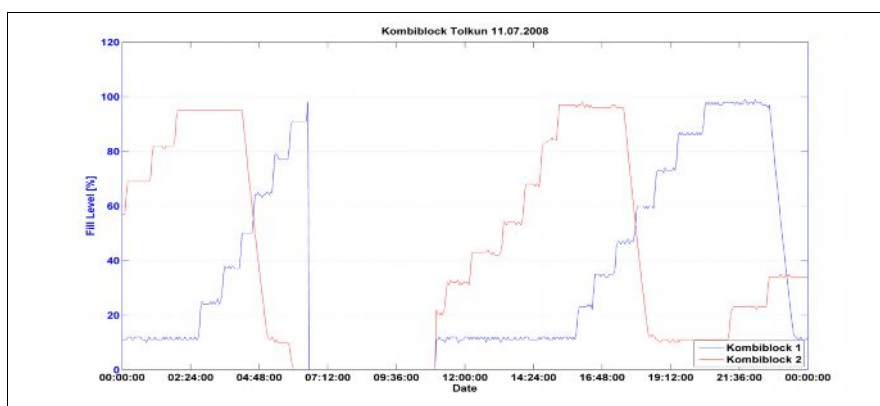


Figure 4: Fill Levels - July 11, 2008

Looking at the values of the O₂ concentrations it is eye-catching, that the levels rose at the end of the month. In particular, concentrations in bioreactor one rose up to 10 mg/l O₂. The fact

that bioreactor two shows the same tendency, leads to the assumption, that this is a real effect rather than a drift of the measurement probe.

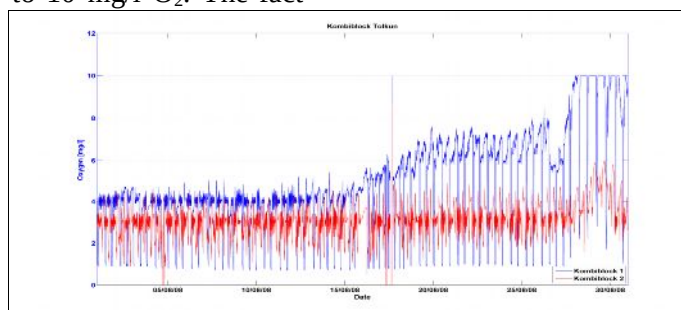


Figure 5: O₂ Concentrations - August 2008

The recorded data in September show that the effect is even worse. The oxygen concentration of bioreactor two reaches mostly the upper bound of the measurement probe (Figure 6).

The reason for the rise in oxygen levels can be explained by looking on the oscillations in measurement values. Every oscillation represents a filling cycle of the bioreactor. This means a high oscillating frequency represents a

high number of filling cycles and therefore a high load in the reactors. In September, the number of cycles is apparently lower than in August. This indicates a substantial reduction in the amount of wastewater and also in the biological load. So the increase of oxygen levels is caused by the technical characteristics of the

compressors which can only operate in a fixed range of frequency without being damaged. Is the biological load of the wastewater below a certain level the compressors work at minimum speed and it is possible that still too much air is pumped into the reactors, which leads to the observed high oxygen-concentrations.

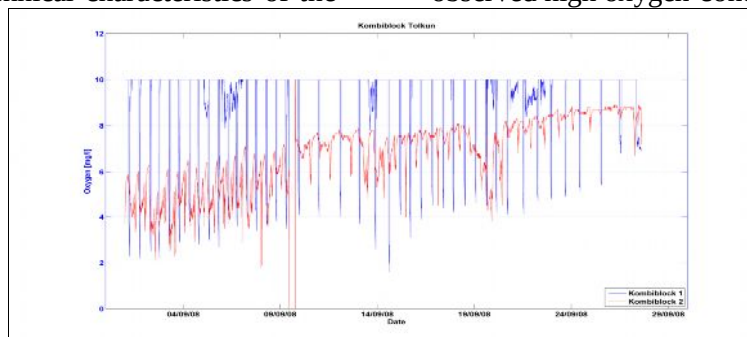


Figure 6: O₂ Concentrations - September 2008

Results

During the last two years it could be shown that the remote control system of the WWTP at the Issyk-Kul-Lake worked very satisfying. During the whole operation time data were collected. The occurring data gaps were very short and were always caused by external events, mostly interruption in power supply. It can be stated that this technology is absolutely suited for the operation in Kyrgyzstan. The apprehension that the substation could suffer from unstable electrical supply or electrical peaks was without cause.

The plant itself worked quite well. After start of operation the plant worked continuously till the end of operating period in September. Problems with the stability of the PLC, which occurred formerly, could effectively be avoided by modification in the system's configuration. The staple operation was documented clearly by the remote control system.

Optimization Potential

The collected data shows optimization potential for the plant. Especially in times, when the plant has low wastewater loads, the oxygen levels rise to unnecessary high levels resulting in higher consumption of electrical power. To avoid this effect it would be possible to exchange the compressors or to change the control strategy e.g. select intermittent operation during nitrification.

Authors

Prof. Dr. Michael Bongards is leading the GECO-C Research Group (Gummersbach Environmental Computing Center) at the Cologne University of Applied Sciences.

Address:

Steinmuellerallee 1; 51864 Gummersbach; Germany

bongards@gm.fh-koeln.de

Peter Kern is member of the GECO-C Research Group (Gummersbach Environmental Computing Center) at the Cologne University of Applied Sciences.

Address:

Steinmuellerallee 1; 51864 Gummersbach; Germany

peter.kern@fh-koeln.de

References

- [1] M. Bongards, P. Kern; „GPRS-based remote control-an application report about installation and operation on a plant at the Issyk-Kul lake area“, Proceedings of the International Conference for Telecommunications and Information Technology. Actual situation and and perspectives in research and development, pp. 183-188, Bishkek, Kyrgyzstan 2008
- [2] Kuhse GmbH (2009). *Fernüberwachungssystem Data Publisher Telecontrol*. Abgerufen am 10.06.2009 von <http://www.kuhse.de/Telecontrol.148.0.html>
- [3] GTZ, *Investment-Handbuch Tourismus - Investitionsvorschläge für eine nachhaltige Tourismusentwicklung in der Issyk-Kul Region (Kirgistan)*, Eschborn: Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 2001.
- [4] M. Sauter, *Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme*, Wiesbaden: Vieweg, 2004.

ONLINE MONITORING OF ENVIRONMENTAL PROCESS DATA BASED ON OPEN STANDARDS OF THE OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC)

M. Bongards, P. Kern

GIS, Sensor Web Enablement, Remote Monitoring

New open standards based on GIS technologies enable the survey and usage of spatially distributed measurements in real time. This paper focuses on the newly developed standards of the Sensor Web Enablement. It gives a short overview of the functionality of the main components and describes a test application at the Issyk-Kul-Lake. Furthermore it gives a short summary of possible applications and their advantages and disadvantages.

Introduction

Most systems or software packages used for commercial remote control and data transfer are closed solutions which use proprietary protocols and standards. The main disadvantage using these systems is the fact that an extension with hardware or software from other companies is very limited, complex or even impossible. As a matter of fact, the choice of a certain product or system binds the client closely to the manufacturer. Furthermore large systems consisting of many substations cause high maintenance and operating costs.

Systems based on free standards as the OGCs Sensor Web Enablement (SWE) are a feasible and thus efficient alternative. These standards are developed by the Open Geospatial Consortium which is a nonprofit organization dealing with the development of open standards for geographical data. Due to their general applicability and feasibility these standards are a very interesting option for developing countries. In line with the VIP research project a Server-Client System supporting the OGC SWE standards was installed and tested in practice at a wastewater treatment plant next to the Issykkul lake [6].

This paper gives a short introduction to the OGC standards describing advantages and disadvantages as well as giving a practical example of their application illustrating possibilities and limitations.

Sensor Web Enablement (SWE)

The Sensor Web Enablement is a set of standard protocols and interfaces developed by the OGC with the aim to locate and use sensors as well as sensor systems in real time over the internet. To achieve this aim, different services and protocols have been specified allowing the

This means, that besides the intrinsic value a set of additional information is available to the user. Spatial information of the measurement's location as well as a description of this location and the sensor itself is available to the user for every value during the

modeling of a wide range of different data, filters, sensors and sensor systems.

As the transmission medium is the Internet, modern standard internet technologies are consequently chosen by the OGC workgroup for the development of protocols and interfaces. For this reason all protocols are XML-based and all interfaces are web service interfaces. The most important interfaces and protocols are described in detail in the following sections.

Observation and Measurements

Protocol (O&M)

The SWEs *Observation and Measurements* (O&M) protocol, an extension of the Geography Markup Language (GML), is used for data modeling. This protocol, allowing modeling of all different kinds of data based on a general approach, is used to model so called observations [1].

The central point of the model is the observation which can be described as "*an action with result which has a value describing some phenomenon.*" [1]. For a scalar measurement value e.g. the oxygen concentration, the observation would be the execution of a measurement itself. A major advantage in contrast to conventional databases is that a observation is always associated to three different pieces of meta information:

Feature of Interest (FOI)

A georeferencible object on which the observation is executed. E.g. a WWTP at the Issyk-Kul-Lake.

Phenomenon

The measured parameter with the according unit. E.g. the oxygen concentration.

Procedure

The procedure is a XML-description of the sensor which provides information about how the measurement value has been generated.

measurement period. This additional information

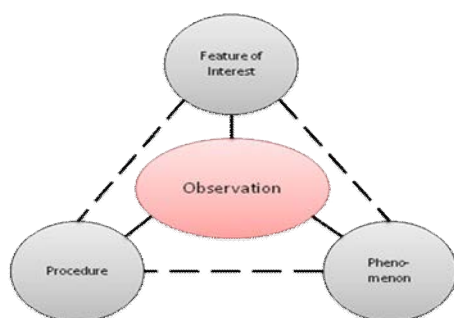


Figure 7: Principle Model of an Observation

allows a much better interpretation of measurement values.

Sensor Markup Language (SensorML)

SensorML is the XML-protocol for sensor, sensor system and filter modeling. The aim of SensorML is not to give a perfect description of every electric circuit of a sensor,

but rather the possibility to describe sensor behavior in form of processes. To do so, the different sensor functionalities are broken down to so called atomic processes, where every atomic process is modeled in a way that it has clearly defined inputs and outputs. This makes it possible to build up process chains out of single processes.

An example for the application of SensorML documents could be the description of an ion-selective ammonium sensor. The process chain would describe step by step the conversion of an electric potential at the membrane to an intrinsic ammonium value.

Additional process chain parameters could be calibration values and calibration times. This additional information provided by SensorML documents offers the user the possibility to evaluate measurement data in a very detailed way. E.G. values of a sensor with a six month old calibration have little significance.

Figure 8 is showing the abstract picture of a process chain in SensorML.

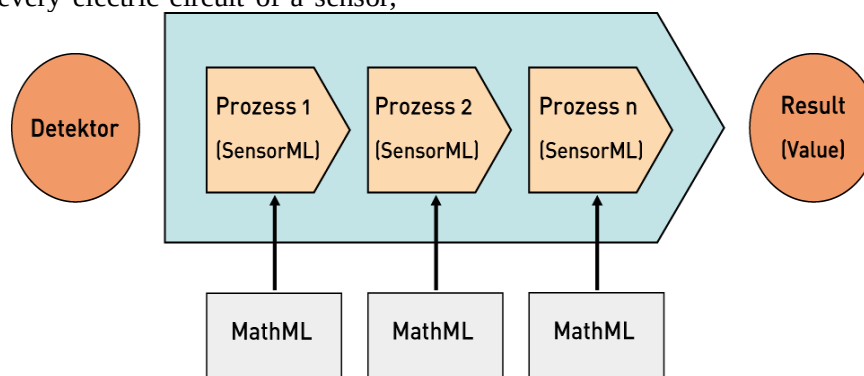


Figure 8: Process Chain coded in SensorML

Sensor Observation Service (SOS)

The SOS is the service of the SWE which provides the different measurements and sensor descriptions in O&M protocol respectively in SensorML over a standardized web service interface to the user. To do so, different standard requests are offered by the service. The core-operations are as follows:

- *GetCapabilities*

This operation is the most general. It provides information about the service itself (the offered operations), as well as information about the available measurement data.

- *DescribeSensor*

This operation provides a description of the sensor coded in SensorML.

- *GetObservation*

This is the most important operation. The answer to a *GetObservation* request consists of the desired measurement values coded in an O&M protocol.

The specification of the SOS offers four different configuration levels, so called profiles. The above mentioned operations are all operations of the core profile. E.G. the transactional profile offers the possibility to register new sensors at a SOS and the insertion of new observations.

Realization of a Client-Server-System in Kyrgyzstan

For the test of the SWE in Kyrgyzstan data from the wastewater treatment plant at the Issyk-kul-lake is used. This is feasible because different measurement values are already gathered and directly transferred by mobile internet technologies to a main server.

Sensor Observation Server (SOS)

To build up the SOS, an implementation of the 52°North is used [2]. The 52°North developed a SOS-Server as a java-servlet which is executed on an apache tomcat application server which already includes a web server to handle the web service interfaces. For the data management a Postgre-SQL Server [3] as well as the GIS extension PostGIS has to be installed on the host computer.

Every request of a client e.g. a GetCapabilities request is addressed to the web server. The web server identifies the request by means of its URL to be destined for the application server, which redirects the request to the SOS. The SOS processes the request, reads the according data from the PostgreSQL database and replies the request with the corresponding XML-document coded in O&M-protocol.

Figure 9 shows the principle structure of a SOS.

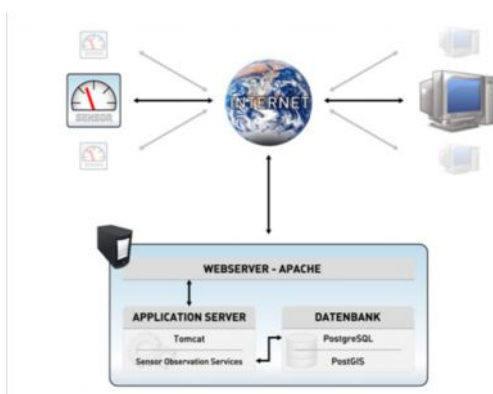


Figure 9: System Structure of a Sensor Observation Server

The Sensor Observation Server is provided by the 52°North as a set of java classes in java source code. If a SOS is to be built up, the necessary software, like the database, java application server etc. has to be installed in advance. The next step is the customization and execution of different configuration scripts that are attached to the source code. Then the necessary data structure on the SQL database has to be built up. The last step is the compilation of the java classes and the deployment to the application server.

Although the configuration and installation effort is quite high, it is one of the quickest ways to get a working Sensor Observation Server.

For the test the data were taken from the main server of the Kuhse GmbH (project partner in the VIP research project), and directly written in the SQL database. A larger system would require a special client software, which writes the data via the SOS in the database.

Development of a SOS-Client

In addition to the SOS-Server, the client has to perfectly match its application. This means the design of the client is strongly bound to its application. In general, different kinds of software can serve as a SOS-client, when the software is equipped with an SOS web service interface. The simplest case would be a visualization of the data.

For this reason the 52°North offers a development framework for different SWE services, the so called OX-Framework. This framework includes all necessary classes to develop proprietary software or to extend already existing software with a SWE interface.

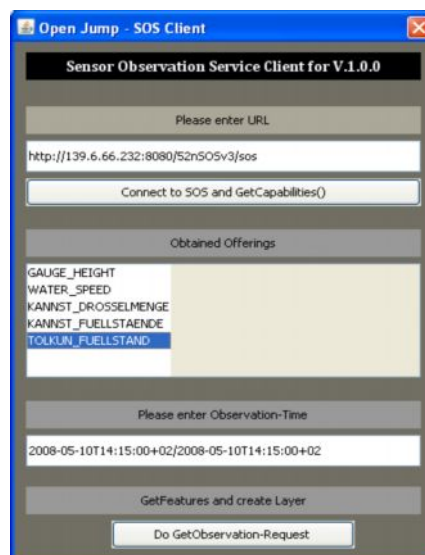


Figure 10: Open Jump SWE Plug-in

for the application at the Issyk-kul-lake a plug-in for the free GIS software open jump was developed, serving as client prototype for the SOS (Figure 10). Open Jump is open source GIS software, completely written in Java, which is perfectly suited to be combined with the OX-

Framework and to be extended with an SWE-interface.

The SWE-plugin offers a user of open jump the possibility to read data online from the plant in one layer. When the data is read, all standard GIS tools can be applied to them.

To do this, the client offers all of the already described standard functionalities of a SOS client:

- Execution of a GetCapabilities request and listing of the obtained Offerings.
- After choosing an Offering and specifying the designated time, the Feature of Interest (FOI) of

the particular Offering are fetched from the SOS.

- To display FOIs in open jump, FOIs are converted to open jump GIS features. During this process measurement values are converted to non-spatial attributes.
- Creation of a new layer with the name of the chosen Offering.
- Positioning of the new open jump features on the new layer.

Figure 11 shows the result of the different steps: The FOI - Wastewater treatment plant Tolkun at the Issyk-Kul-Lake. For better visibility a buffer is applied to the feature. In case of the WWTP, non-spatial attributes of the feature are oxygen concentration and fill-level of the two

bioreactors. A feasible extension would be weather data, like temperature and precipitation

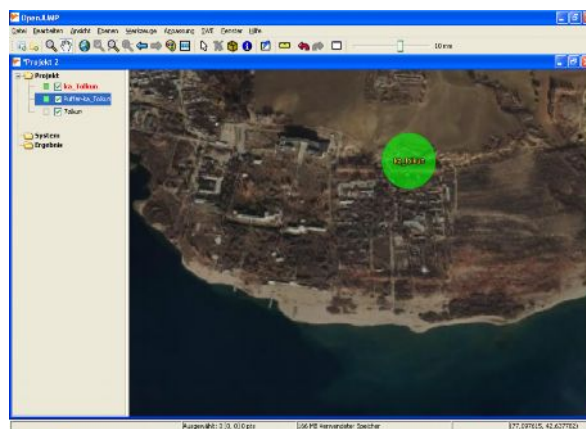


Figure 11: Open Jump Screenshot

Results, Experiences and Conclusions

Buildup of an open, easy expandable system

The implementation of a client-prototype as well as the buildup of a server system can be managed and achieved in a relatively short time. Especially the usage of the 52°North framework helps to save time. The OX-framework decouples the developer from the complete communication as well as from the creation of XML documents. So it is possible to focus on the data during the development process. Nowadays, different software systems and development frameworks already exist and are well available in the internet, most of them for free. The business of the providing companies usually exists in support and buildup of turn-key-systems for clients, not in selling the software-system itself.

Some expert knowledge is necessary to understand the SWE, a typical problem of open-source-software. In particular the understanding

of SWE standards is the most time consuming part.

Capabilities

The application of a system based on SWE standards is only useful, if a larger quantity of substations should be monitored. For smaller numbers of substations a SWE system is not the optimal solution due to the high development effort. Further SWE is primarily designed for monitoring purposes. Remote control applications are also possible but are not in focus of the SWE.

A SWE monitoring system is of interest in applications where a greater number of substations like transformer-stations have to be monitored. Besides the services and protocols for data modeling and transfer, the SWE supports special services for alerting in case of failure [4, 5].

A perfect application for a SWE system would be the monitoring of environmental parameters of the Issyk-Kul-Lake. Due to the fact, that the lake is quite large a relatively large

number of substations would be necessary. Even mobile sensors e.g. mounted on a boat can be integrated in a SWE system. The fact that SWE Table 1 summarizes the most relevant characteristics of the SWE.

Table 1: Main characteristics of the SWE

Costs	In the beginning high, because of development costs.
Standardization	Very good. All interfaces and protocols are open standards and described very precisely.
Flexibility	Very good. The SWE is designed to cope with a wide range of data, from scalar values up to satellite images.
Expandability	Very good. The SWE services can be distributed to more than one server.
Necessary Know-how	High. For the implementation of a system expert knowledge and a deep understanding of the SWE is necessary.
Necessary Time	Relatively high, in particular during development of own clients.
Guaranteed Future	Good. The standards of the OGC are open and independent from specific implementations. OGC standards are widely used and accepted.
Security	Depends on implementation. In general the known security mechanisms used for data transfer over the internet can be used.
Dependency on particular manufacturers	Very low due to open standards. Every hard- and software which implements SWE standards should be compatible.
Licenses and rights	Depends on the used software. In general most frameworks or software packages are open source and without royalties.

Outlook

In the future standardized protocols, like the standards of the OGC, will play a major role for remote control applications. At the same time remote monitoring systems will gain increasing importance. The steadily decreasing prices for data traffic and the increasing quality of the network coverage will abet this development. The SWE could be a suitable solution to monitor spatial distributed entities like environmental measurement stations, transformer stations or small wastewater treatment plants. Especially for developing countries the SWE is an interesting technology because of its independence from particular manufacturers and the large number of free available open source implementations.

Authors

Prof. Dr. Michael Bongards is leading the GECO-Research Group (Gummersbach Environmental Computing Center) at the Cologne University of Applied Sciences.

Address:

Steinmuellerallee 1; 51864 Gummersbach; Germany

Michael.bongards@fh-koeln.de

Peter Kern is member of the GECO-Research Group (Gummersbach Environmental Computing Center) at the Cologne University of Applied Sciences.

is a GIS standard makes it relatively easy to implement the interfaces in available commercial software like ArcGIS.

Address:

Steinmuellerallee 1; 51864 Gummersbach; Germany

Peter.kern@fh-koeln.de

References

- [1] OGC Inc., "Observation and Measurements, OGC 07-022r1," 2007.
(OGC Spezifikationen zugänglich unter: <http://www.opengeospatial.org/standards>)
- [2] 52°North. "52°North Initiative for Geospatial Open Source Software GmbH," 2008-12-10; <http://52north.org/>.
- [3] C. Boenigk. "PostgreSQL," <http://www.postgres.de/>.
- [4] OGC Inc., "Sensor Alert Service, OGC 06-028r3," 2006.
- [5] OGC Inc., "Web Notification Service, OGC 06-095," 2006.
- [6] „GPRS-based remote control-an application report about installation and operation on a plant at the Issyk-Kul lake area“, Proceedings of the International Conference for Telecommunications and Information Technology. Actual situation and perspectives in research and development, pp. 183-188, Bishkek, Kyrgyzstan 2008

Mechanical damping in magnesium prepared by ball milling in medium temperature region

Z. Trojanová¹, P. Lukáč^{1*}, B. Weidenfeller², W. Riehemann³

¹*Department of Physics of Materials, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, Ke Karlovu 5, CZ-121 16 Prague 2, Czech Republic*

²*Institute of Metallurgy, Clausthal University of Technology, Robert Kochstr. 42, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany*

³*Institute of Materials Engineering and Technology, Clausthal University of Technology, Agricolastr. 6, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany*

Received 26 May 2008, received in revised form 31 July 2008, accepted 31 July 2008

Abstract

Internal friction in ultrafine-grained Mg was measured by forced vibration method over a wide temperature interval from room temperature up to 750 K and at several frequencies. The specimens were prepared by milling procedure in an inert atmosphere and subsequent compaction and hot extrusion. The linear grain size of specimens used was estimated by X-ray line profile analysis to be about 100–150 nm. Two peaks were obtained in the internal friction spectrum, one at a temperature of ≈ 375 K and one at ≈ 631 K (at the frequency of 1 Hz). The influence of prestraining and subsequent annealing was observed on the low temperature peak. The activation energy of the two peaks was estimated to be 1.16 eV and 1.77 eV, respectively. The activation volume has been estimated for low temperature peak. The low temperature peak has dislocation origin, while the high temperature peak is conditioned by the grain boundary sliding.

Key words: ultrafine-grained material, internal friction, dislocation motion, grain boundary sliding

1. Introduction

Internal friction spectrum is the temperature or frequency dependence of damping. Internal friction in a material is the result of internal processes, which occur during alternating stress cycles imposed on it and these processes originate in the interactions between the structural components in the material. The presence of point, line, and planar defects within a stressed material often causes internal friction to occur because of the atomic movement, rearrangement, or realignment of the defects under application of the stress. These techniques can be used to characterise types of structure defects. Nanocrystalline materials are characterised by a small grain size, typically in the range 1–100 nm; materials with the grain size between 100 nm and 1 μ are usually called as the ultrafine-grained. Both have prominent properties owing to their high volume fraction of grain boundaries. There was a pos-

sibility to study the role of dislocations and grain boundaries in a material with the small grain size and to contribute to explanation processes occurring during plastic deformation of nanocrystalline magnesium. Internal friction of nanocrystalline materials was reported only in few papers [1–10]. Internal friction in microcrystalline magnesium reinforced by alumina and zirconia nanoparticles has been investigated in [11]. In the internal friction spectrum of high purity magnesium (99.9999 %) polycrystal, investigated in a medium temperature range, three peaks were observed at 1 Hz: P_0 (~ 260 K), P_D (~ 340 K) and P_1 (~ 430 K) [12, 13]. Seyed Reihani et al. [14] estimated in high purity magnesium a stable peak at 350 K (at a frequency of 1–2 Hz). Similarly Fantozzi et al. [15] found a pronounced relaxation peak at 420 K. A high temperature peak in 99.9 % Mg was found by Kê [16] at ≈ 470 K at 0.5 Hz.

The present paper reports the two internal fric-

tion peaks observed in ultrafine-grained Mg (hereafter UFG-Mg) in the medium temperature interval. Based on the experimental results, the mechanisms related to both the peaks are discussed. Preliminary results of experiments were presented in [17].

2. Experimental procedure

UFG-Mg samples were prepared by milling procedure in an inert atmosphere and subsequently compacted and hot extruded. The grain size of specimens used was estimated by X-ray line profile analysis to be about 100–150 nm. Internal friction spectra were measured in a DMA 2980 (TA Instruments) apparatus in a single heating and cooling process. Measurements were performed at various frequencies from 0.1 up to 2 Hz. Throughout the measurements the strain amplitude was 1.2×10^{-4} . The heating as well as cooling rate was 1 K min^{-1} . No grain growth during heating up to 750 K was observed. In our previous paper [17], we measured the internal friction spectrum from room temperature up to 720 K for three frequencies 0.5 Hz, 5 Hz and 50 Hz. Two developed peaks in the internal friction spectrum were obtained for 0.5 Hz at temperatures of $\approx 370 \text{ K}$ and $\approx 620 \text{ K}$. The peaks shifted to higher temperatures with increasing frequency. The high temperature peak was shifted at 5 and 50 Hz to the temperatures out of the measured interval. Therefore, in this study, the temperature interval measured was extended to 750 K. Because the peaks described in the literature have their fixed denomination, we depicted in this study the low temperature peak for the relaxation maximum obtained in the interval 350–383 K and the high temperature maximum for the relaxation maximum found in the interval 586–640 K.

3. Results and discussion

Figure 1 shows the temperature dependence of the internal friction $\tan \varphi$ measured at 0.1 Hz during heating (heating rate 1 K min^{-1}). Two peaks showing different intensities have been found: the weak low temperature peak and the more intense high temperature peak. Figure 2 shows the internal friction of nanocrystalline Mg at different frequencies during the first heating cycle measured in multi-frequency mode. It can be seen that both peaks shift to a higher temperature with increasing frequency, indicating that they may be relaxations peaks. The internal friction peaks are assumed to be imposed on top of a background IF_b expressed by

$$IF_b = A + B \exp(-C_b/kT), \quad (1)$$

where k is the Boltzmann constant and T is the ab-

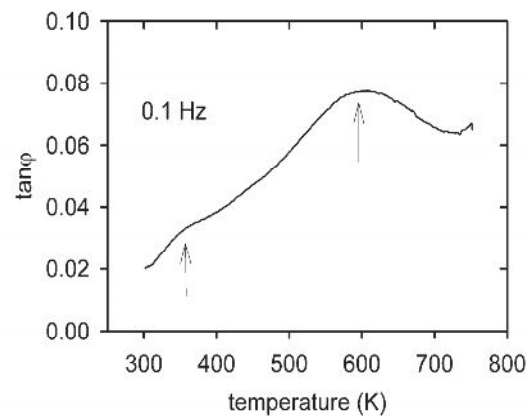


Fig. 1. Internal friction spectrum measured at 0.1 Hz with two peaks.

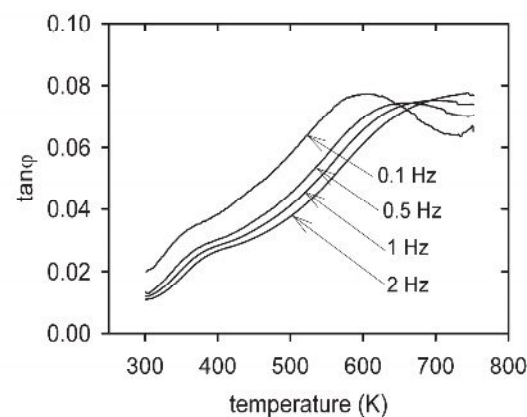


Fig. 2. Internal friction spectrum measured for various frequencies.

Table 1. Temperatures of the relaxation peaks estimated for various frequencies

Frequency (Hz)	T_{peak} (K)	T_{peak} (K)
0.1	352.8	586.4
0.5	367.9	617.7
1	375.2	631.1
2	382.7	640.3

solute temperature, A , B and C_b are constants. After subtracting the background by using a fitting program PeakFit, the maximum temperature T_p was estimated for the two relaxation peaks. Exact temperatures of both peaks estimated for various frequencies are introduced in Table 1. The peak widths are broader than those for a Debye peak, characterised by single relaxation time. The internal friction peak appears at the condition $\omega\tau = 1$ [18], with

$$\omega\tau = \omega\tau_0 \exp(\Delta H/kT), \quad (2)$$

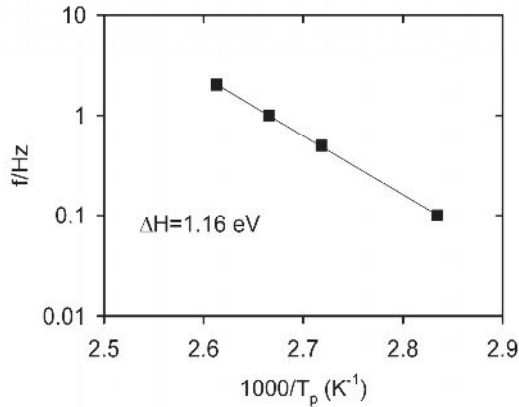


Fig. 3. Arrhenius plot and activation enthalpy obtained for the low temperature peak.

where ω is the angular frequency ($= 2\pi f$, f is the measuring frequency), τ is the mean relaxation time, τ_0 is the pre-exponential factor, and ΔH is the mean activation enthalpy. Figure 3 shows the semilogarithmic plot of the frequency versus the reciprocal value of the peak temperature T_p – so called Arrhenius plot.

3.1. Low temperature peak

From the slope of the straight line in Fig. 3, the mean activation enthalpy ΔH for the low temperature peak has been obtained and its value is 1.16 ± 0.05 eV. Internal friction in a high purity magnesium (99.9999 %) has been studied in [12] at a frequency of 1 Hz using torsion pendulum. The performed experiments showed in the temperature interval above the room temperature an internal friction peak depicted by authors P_D placed at ≈ 340 K and peak P_1 at ≈ 430 K. The position of the P_D peak is very close to our low temperature peak. Authors of [12, 13] described this peak to dislocation effects.

As far as our low temperature peak may have a dislocation nature, pre-straining of the sample at low temperature should influence the height of the peak. Deformation by rolling at room temperature ($\varepsilon \approx 2.55$ %) increases the strength of the low temperature peak, as it is obvious from Fig. 4 (the peak was extracted from the internal friction spectrum subtracting the background damping). The peak is stronger only in the first run after pre-straining, in the second and third run the height of the peak is approximately the same as in the as-prepared state. This result is different from an estimation presented in the paper [12], where probably the identical peak P_D vanished after annealing at 570 K. In our previous study, the amplitude dependence of decrement in nanocrystalline magnesium has been measured [19]. An existence of the amplitude dependent component of the logarithmic decrement indicated free dislocation loops in

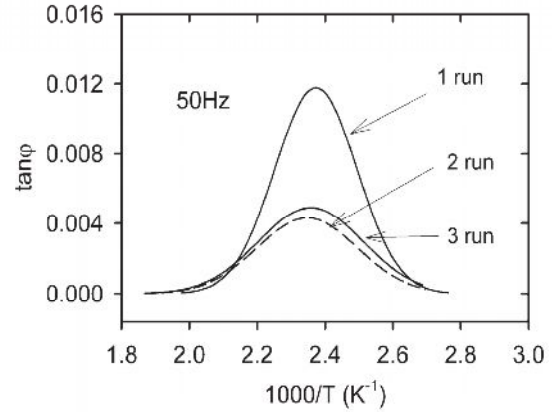


Fig. 4. Subtracted low temperature peak after pre-straining of 2.55 %.

the material. The population of dislocations in the as-received sample is very stable. It is not influenced by any annealing up to 750 K. Beside this original dislocation population, the pre-straining of the sample produced new dislocations which were practically completely recovered in the measuring heating course.

In the case of relaxation processes linked to dislocation motion, the activation area $A = V/b$ (b is the Burgers vector) is the area that a dislocation has to move in order to activate the process, this means to cross over the barrier. Therefore, the product $V \cdot \sigma^*$ represents the work done by the applied stress to promote the motion over the local barrier. Neglecting the entropy term, the activation volume can be expressed as

$$V = -\frac{\partial \Delta H}{\partial \sigma} = -k \ln(\omega \tau_0) \frac{\partial T_p}{\partial \sigma}, \quad (3)$$

using Eq. (2) and the condition $\omega \tau = 1$ for the peak appearance. Figure 5 shows the internal friction spectrum measured at different strain amplitudes ε (maximum strain amplitude between 7.3×10^{-5} and 2×10^{-4}). As the strain amplitude increases the peak shifts towards lower temperatures and its height increases while the background increases moderately.

Using $\ln(\omega \tau_0) = -35.95$ ($\tau_0 = 3.9 \times 10^{-17}$ s, $\omega = 2\pi$ Hz), and for $\partial T_p / \partial \sigma = (1/E) 4.8 \times 10^4$ (linear regression from Fig. 6, $\sigma = E\varepsilon$, E is Young's modulus), we obtain the value for the activation volume $V(\text{exp}) = 5.7 \times 10^{-28} \text{ m}^3 \approx 17b^3$ ($E = 42$ GPa).

Considering geometrical interpretation of the activation volume

$$V = bdl = bA, \quad (4)$$

where the energy barrier has a width of d and ℓ is the length of the dislocation segment between barriers. Parameters of the thermally activated process (activation enthalpy and activation volume) are typical

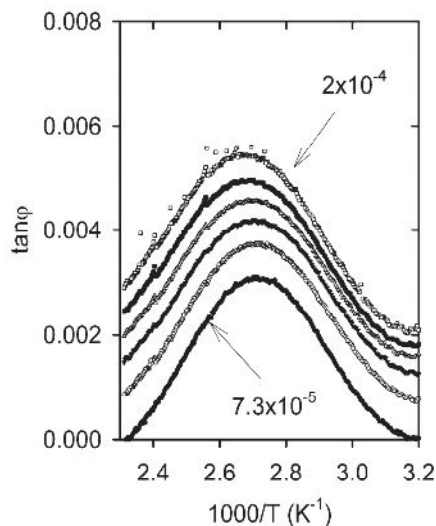


Fig. 5. Background subtracted low temperature peak obtained for various strain amplitudes.

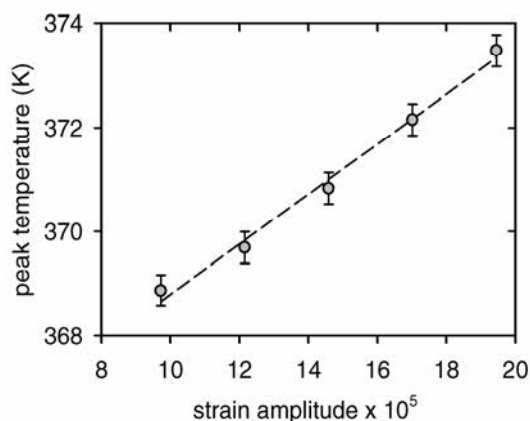


Fig. 6. Dependence of the peak temperature on the strain amplitude obtained for low temperature peak.

for certain barriers and their experimental estimation gives a possibility to identify the main barrier relevant for dislocation motion. Usually the thermally activated process is studied in plastic deformation as, for instance, investigated by Boček [20, 21]. On the other hand, the inelastic behaviour of metallic materials can be considered as the thermally activated dislocation motion. Hexagonal close packed magnesium deforms on many possible glide systems with dislocations of the Burgers vector $\langle a \rangle = 1/3 [11\bar{2}0]$ in basal, prismatic and first-order pyramidal planes and with dislocations of the Burgers vector $\langle c + a \rangle = 1/3 [11\bar{2}3]$ in first and second-order pyramidal planes. The most important dislocation relaxation is observed at temperatures of about $1/3 T_D$ (where T_D is Debye temperature). Dislocation glide due to the kink pair formation may give

rise to a relaxation peak, so called Bordoni peak. Fantozzi et al. [15] found Bordoni peaks B_1 and B_2 at temperatures of 40 K (screw dislocation) and 80 K (edge and mixed dislocations), respectively. The main features of this relaxation were described in the literature several times, for example in [22].

The main deformation mode in magnesium is the basal slip of $\langle a \rangle$ dislocations. The secondary conservative slip may be realised by $\langle a \rangle$ dislocations on prismatic and pyramidal planes of the first-order. Couret and Caillard studied the prismatic glide in magnesium in a wide temperature range by TEM [23, 24]. They showed that the screw dislocations with the Burgers vector of $1/3 [11\bar{2}0]$ are able to glide on prismatic planes and their mobility is much lower than the mobility of edge dislocations. The deformation is controlled by thermally activated glide of those screw dislocation segments. A single controlling mechanism has been identified as the Friedel-Escaig mechanism. This mechanism assumes a dissociated dislocation on a compact plane (0001) that joints together along a critical length L_r producing double kinks on non-compact plane. The activation energy for this process is

$$U = 2U_K + 4U_C + 2U_R, \quad (5)$$

where $2U_K$, $4U_C$ and $2U_R$ are the formation energies of the kink pair, of the four constrictions and of the two recombined segments, respectively. The activation area is proportional to the critical length between two kinks and it should be small:

$$A \propto L_r b. \quad (6)$$

The theoretical prediction leads to a value of $2U_K$ superior to 1.2 eV and to an activation area of about $15 b^2$. This mechanism should give an internal friction peak similar to the Bordoni relaxation. The Friedel-Escaig mechanism is also sometimes called as pseudo-Peierls mechanism. Additionally in this model, the maximum of the internal friction peak must increase with increasing oscillating stress (strain amplitude) from a certain critical value.

As far as the experimental results are concerned, we can observe that:

- (i) the activation energy is $\Delta H = (1.16 \pm 0.05)$ eV;
- (ii) the activation volume is $V(\text{exp}) = \sim 17b^3$;
- (iii) the strength of the peak increases with the oscillation amplitude (Fig. 5).

Thus, the comparison between theoretical predictions and experimental results leads to the conclusions that the observed relaxation is very probably pseudo Bordoni relaxation based on glide of screw dislocations on non-compact planes controlled by the Friedel-Escaig mechanism. Dislocations within very small grains are pinned at the grain boundaries and

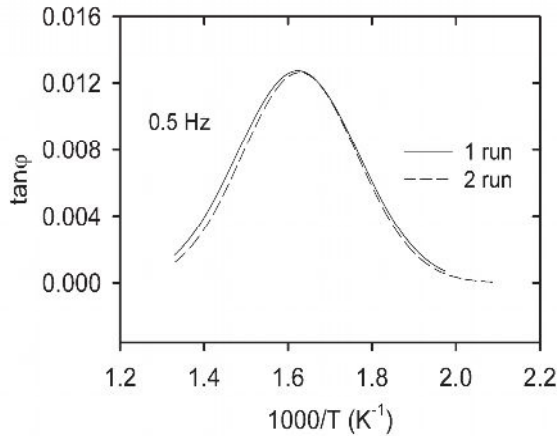


Fig. 7. Background subtracted high temperature peak after pre-straining of 2.55 %.

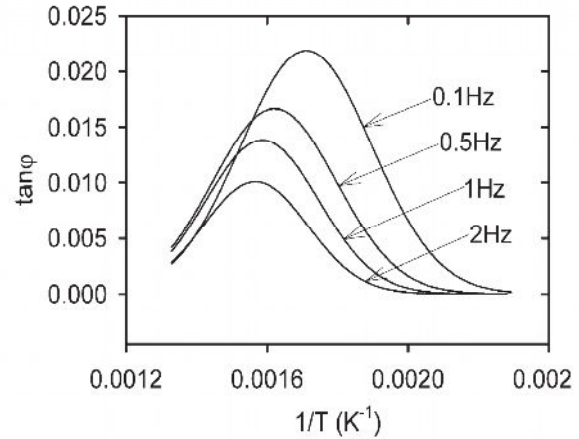


Fig. 9. Background subtracted high temperature peak obtained for various frequencies.

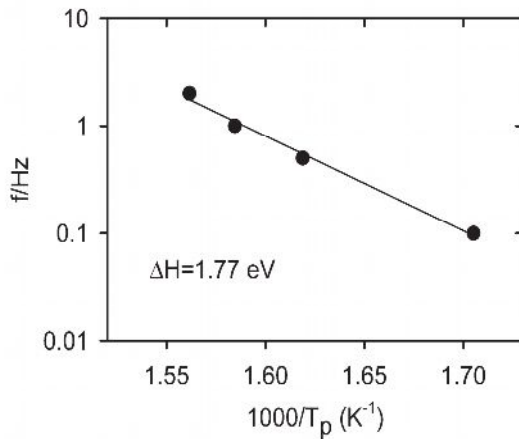


Fig. 8. Arrhenius plot obtained for the high temperature peak.

this is the reason why this dislocation population is so stable. On the other hand, newly created dislocations during cold rolling are only slightly pinned and they are recoverable during heating part of the measurement cycle.

3.2. High temperature peak

The high temperature peak has been observed at a temperature of ~ 618 K (at the frequency 0.5 Hz). The cold pre-straining of the sample did not affect the strength of the high temperature peak, as it is seen from Fig. 7. The position and height of the peak are very stable during heating as well as cooling. The activation energy was obtained from the frequency dependence of the peak temperature (Arrhenius plot) to be 1.77 ± 0.05 eV (Fig. 8).

The existence of the high temperature peak in magnesium has been reported by Kê [16]. He described

this peak as being related to the grain boundary relaxation. Similarly a high temperature peak has been found in Mg-4Li alloy [25].

Grain boundaries in the material with the small grain size contain a dense network of overlapping grain boundary dislocations. Grain boundary sliding is realized by the slip and climb (providing a maintenance of vacancy sources and sinks) of grain boundary dislocations. Since both modes of dislocation motion must occur simultaneously, the slower one will control the grain boundary sliding. The climb mode involves jog formation and grain boundary diffusion and both modes may be affected by the interaction with impurities segregated in grain boundaries. According to [26], grain boundary dislocation segments vibrate under the applied cyclic stress; restoring force K is assumed to be from the elasticity of the limiting grains at triple junctions. According to this theory, the relaxation strength for small grains is not depending on the grain size:

$$(\tan \varphi)_{\max} = \frac{G \rho_s b^2}{C}, \quad (7)$$

where ρ_s is the dislocation grain boundary surface density (total dislocation length per unit of grain boundary area), G is the shear modulus and C is a constant. The peak height depends on frequency (Fig. 9). The relaxation time in this model is

$$\tau = \frac{kT}{b^2 C_j D K} \exp \left(\frac{\Delta H_j + \Delta H_{GB}}{kT} \right) = \tau_0 \exp \left(\frac{\Delta H}{kT} \right), \quad (8)$$

where C_j is the linear density of jogs along the dislocation line, D is the diffusion coefficient, ΔH_j and ΔH_{GB} are the activation enthalpies for the jog formation and the grain boundary diffusion, respectively.

The activation enthalpy for grain boundary diffusion in the coarse grained magnesium is 0.95 eV [27]. Comparing with the estimated activation enthalpy value of 1.77 eV, the possible jog formation energy should be approximately 0.8 eV, which seems to be a reasonable value. The high temperature peak in this study is observed at a higher temperature than that given in [16]. The surface of grains was passivated during the milling by 1 % of oxygen in protective argon atmosphere. MgO particles in the grain boundaries may influence grain boundary diffusion characteristics.

4. Conclusions

Nanocrystalline magnesium specimens were prepared by milling and hot extrusion. The grain size was estimated to be about 100–150 nm. Internal friction was measured as a function of temperature with four frequencies ranging from 0.1 to 2 Hz. Two relaxation peaks were observed: a peak at 375 K (at the frequency of 1 Hz) with activation energy of 1.16 eV, and a peak at 631 K (at the frequency of 1 Hz) with activation energy of 1.77 eV. The estimated small values of the activation volume and the peak sensitivity to the stress amplitude lead us to conclude that the low temperature peak is due to the screw dislocation motion on the prismatic plane controlled by the Friedel-Escaig mechanism. Pre-straining by the cold rolling did not influence the high-temperature peak. The grain boundary sliding is probably the reason for the appearing of this peak. A higher temperature at which the high temperature peak occurs may be caused by the existence of small MgO particles in the grain boundaries.

Acknowledgements

The authors dedicate this paper to Prof. Dr. Michael Boček at the occasion of his 80th birthday. The authors thank the Grant Agency of the Czech Republic for financial support under grant 101/06/0768.

References

- [1] WELLER, M.—DIEHL, J.—SCHAEFER, H. E.: *Phil. Mag. A*, 36, 1991, p. 527.
- [2] BONETTI, E.—PASQUINI, L.—CAMPARI, E. G.: *Nanostructured Mater.*, 10, 1998, p. 457.

- [3] WEINS, W. N.—MAKINSON, J. D.—de ANGELIS, R. J.—AXTELL, S. C.: *Nanostructured Mater.*, 9, 1997, p. 509.
- [4] OKUDA, S.—TANG, F.—TAMIMOTO, H.—IWAMOTO, Y.: *J. Alloys Comp.*, 211/212, 1994, p. 494.
- [5] BONETTI, E.—CAMPARI, E. G.—del BIANCO, L.: *Nanostructured Mater.*, 11, 1999, p. 709.
- [6] WANG, Y. Z.—CUI, P.—WU, X. J.—HUANG, J. B.—CAI, B.: *Phys. Stat. Sol. (a)*, 186, 2001, p. 99.
- [7] CAI, B.—KONG, Q. P.—CUI, P.—CONG, H. T.—SUN, X. K.: *Scripta Mater.*, 44, 2001, p. 1043.
- [8] BONETTI, E.—VALDRE, G.: *Phil. Mag. B*, 68, 1993, p. 967.
- [9] AISADI, A.—BONETTI, E.—MATTIOLI, P.—VALDRE, G.: *J. Alloys Comp.*, 211/212, 1994, p. 489.
- [10] BONETTI, E.—BIANCO, L. D.—PASQUINI, L.—SAMPAOLISI, E.: *Nanostructured Mater.*, 10, 1998, p. 741.
- [11] LUKÁČ, P.—TROJANOVÁ, Z.: *Kovove Mater.*, 44, 2006, p. 243.
- [12] NÓ, M. L.—OLEAGA, A.—ESNOUF, C.—SAN JUAN, J.: *Phys. Stat. Sol. (a)*, 120, 1990, p. 419.
- [13] NÓ, M. L.: In: *Mechanical Spectroscopy Q⁻¹2001*. Eds.: Schaller, R., Fantozzi, G., Gremaud, G. Zuerich, Switzerland, Trans. Tech. Publ. 2001, p. 247.
- [14] SEYED REIHANI, S. M.—FANTOZZI, G.—ESNOUF, C.—REVEL, G.: *Scripta Metall.*, 13, 1984, p. 1011.
- [15] FANTOZZI, G.—ESNOUF, C.—SEYED REIHANI, S. M.—REVEL, G.: *Acta Metall.*, 32, 1984, p. 2175.
- [16] KÉ, T. S.: *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 533.
- [17] TROJANOVÁ, Z.—WEIDENFELLER, B.—LUKÁČ, P.—RIEHMANN, W.—STANĚK, M.: In: *Nanomaterials by Severe Plastic Deformation*. Eds.: Zehetbauer, M., Valiev, R. Z. Weinheim, Germany, J. Wiley-VCH 2004, p. 413.
- [18] NOWICK, A. S.—BERRY, B. S.: *Anelastic Relaxations in Crystalline Solids*. New York, Academic Press 1972.
- [19] TROJANOVÁ, Z.—LUKÁČ, P.—FERKEL, H.—RIEHMANN, W.: *Mater. Sci. Eng. A*, 370, 2004, p. 154.
- [20] BOČEK, M.: *J. Nucl. Mater.*, 80, 1979, p. 364.
- [21] BOČEK, M.: *J. Nucl. Mater.*, 102, 1981, p. 47.
- [22] FANTOZZI, G.—ESNOUF, C.—BENOIT, W.—RICHTIE, I.: *Prog. Mater. Sci.*, 27, 1982, p. 311.
- [23] COURET, A.—CAILLARD, D.: *Acta Metall.*, 33, 1985, p. 1447.
- [24] COURET, A.—CAILLARD, D.: *Acta Metall.*, 33, 1985, p. 1455.
- [25] TROJANOVÁ, Z.—LUKÁČ, P.: *Kovove Mater.*, 45, 2007, p. 75.
- [26] LAKKI, A.—SCHALLER, R.—CARRY, C.—BENOIT, W.: *Acta Mater.*, 46, 1998, p. 689.
- [27] FROST, H. J.—ASHBY, M. F.: *Deformation Mechanisms Maps*. Oxford, Pergamon Press 1982.

Theoretical and experimental approach to characteristic magnetic measurement data of polymer bonded soft magnetic composites

M. Anhalt^{a)} and B. Weidenfeller

Faculty of Natural and Materials Science, Clausthal University of Technology, Robert-Koch-Str. 42, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany

(Received 15 September 2008; accepted 24 April 2009; published online 1 June 2009)

Soft magnetic composites consisting of an organic binder and FeCoV particles have been produced and examined afterward regarding the dependence of magnetic field H at polarization J on filler content C . In general, the applied magnetic field to achieve a certain value of polarization is proportional to the inverse filler content, following $H \sim 1/C$, and the polarization is directly proportional to the filler content, following $J \sim C$. With use of the evaluated material data and the inner demagnetization factor N_i a model for calculating the permeability of soft magnetic composites has been derived. As input values the permeability of the soft magnetic particles μ , the filler content C , and the geometric demagnetization factor of the particles N_p are used. The elaborated approach shows an excellent agreement with experimental permeability data of the FeCoV composites. © 2009 American Institute of Physics. [DOI: 10.1063/1.3137193]

I. INTRODUCTION

Injection molded polymers filled with magnetic particles already are in use for several decades. Nevertheless, most typical applications can be found only for polymers containing hard magnetic particles and so called soft magnetic composites which are manufactured by metal injection molding, powder injection molding, pressing and/or sintering of soft magnetic particles, while injection molded soft magnetic polymers are almost not used. For traditional applications such as chokes or filters the dust cores often are operated at high frequencies. The air gaps in such pressed or sintered cores lead to a lower saturation polarization and lower magnetic permeability compared to a solid core made of the same material. Simultaneously the relative magnetic permeability is kept at a constant level over a wider frequency interval and stabilized by the air gaps.¹ Nevertheless a rise in permeability at high applied magnetic fields can be observed.

One reason for the minor use is the poor predictability of the magnetic properties of the polymer bonded soft magnetic composites (PBSMCs), in particular, the composite's permeability μ_{PBSMC} . In literature a variety of theoretical models exist to predict $\mu_{\text{PBSMC}}(C)$ at a certain filler content C .² Mostly they show only a poor agreement with experimental permeability values or contain empiric factors to adapt the calculated permeability to experimental values.

II. THEORETICAL

A. Coercivity

The calculation of coercivity $H_c(C)$ depending on filler content C was introduced by Néel³ and is described by

$$H_c(C) = H_c(0) \times [1 - C]. \quad (1)$$

The coercivity at a certain filler content C is defined as $H_c(C)$. For an infinite dilution of the composite, which means $C \rightarrow 0$, $H_c(C) = H_c(0)$ is valid.

This simple description has been criticized by Wohlfarth^{4,5} since it assumes a theoretic coercivity $H_c(1) = 0$. The coercivity of a bulk ferromagnetic material may be small but not zero. Furthermore, in a real composite with a filler content $C = 0$, which implies that no ferromagnetic filler but only the pure polymer is present, no coercivity can be measured.

B. Saturation polarization

The saturation polarization $J_s(C)$ of a PBSMC depending on filler content C can be described by

$$J_s(C) = J_s \times C. \quad (2)$$

In this equation J_s is the saturation polarization of the magnetic filler material.

This linear dependence can be explained easily: the polarization is calculated based on the measured induced voltage, windings of the induction coils, and sample's cross section area. For instance, a PBSMC with 10-vol % amount of soft magnetic particles consists only of 1/10 of the total volume of the ferromagnetic material. Thus, if the measurement is related to the complete sample, the saturation polarization of a PBSMC can only reach 1/10 of the saturation polarization of the intrinsic soft magnetic filler material.

C. Inner demagnetization factor

Since a PBSMC is a heterogeneous material with gaps between the particles, an inner demagnetizing field occurs which weakens the applied magnetic field within the sample following $H_i = H - J \times N_i / \mu_0$. Here H_i is the magnetic field within the sample, H is the applied magnetic field, J is the polarization, N_i is the inner demagnetization factor, and μ_0 is

^{a)}Electronic mail: mathias.anhalt@tu-clausthal.de.

the permeability of vacuum. The weakening of the magnetic field by the nonmagnetic gaps causes a shearing of the hysteresis curve and so a decrease in the J/H -ratio and a reduction in permeability. In addition to the inner demagnetization factor N_i a geometric demagnetization factor N_{geo} is present, depending on the sample's shape. The calculation of N_{geo} of simple geometrical shapes (spheres, cylinders, etc.) is given in Ref. 6.

For a composite material with a filler content $C \rightarrow 0$ the demagnetization factor of the compound equals the geometric demagnetization factor of a single particle N_p (for spherical particles $N_p = 1/3$). By raising the filler content of soft magnetic material beginning interactions and cooperative phenomena between the particles arise and reduce the inner demagnetizing field.⁷ The inner demagnetization factor converges to $N_i \approx 0$ for a filler content $C \rightarrow 1$.

To calculate the inner demagnetization factor the effective medium theory, based on the works of Bruggeman and Landauer,⁸ can be used. A detailed elaboration can be found in Refs. 7 and 9. It was found that the composite's permeability μ_{PBSMC} of a nonmagnetic matrix filled with random ellipsoids of identical shapes (with permeability μ and tensorial shape factor $\vec{N}$ with its diagonal components (N_x, N_y, N_z) obeys

$$[1 - N] \times \chi_{PBSMC}^2 + [1 + (N - C) \times \chi_i] \times \chi_{PBSMC} - C \times \chi_{PBSMC} = 0, \quad (3)$$

where

$$N = \frac{2 + 3 \times \delta \times N_z \times [1 - N_z]}{6 + \delta + 3 \times \delta \times N_z} \text{ and } \delta = [\mu_i - 1] / \mu_{PBSMC},$$

with the composite's susceptibility χ_{PBSMC} and particle's intrinsic susceptibility χ_i .

Equation (3) is valid for a dipolar approximation under only slightly restrictive conditions. The shape of the inclusion is assumed to be ellipsoidal and nearly spheroidal, which allows to write $N_x \approx N_y \approx 1 - N_z$. Furthermore the difference in permeability between the used materials must not be too high ($\Delta\mu \leq 15$) for this theory.

A verification of the calculated inner demagnetization factor N_i from Eq. (3) was done by comparing it with experimental data of composites containing spherical particles (Fig. 1)¹⁰. It was also shown that the course of the equation is also valid for high permeability materials in a polymer matrix with $\mu = 1$.

III. EXPERIMENTAL

Spherical FeCoV particles ($\text{Fe}_{49}\text{Co}_{49}\text{V}_2$ by Sanyo Special Steel Co., Ltd., Japan) with mean diameter $\bar{d} = 0.324$ mm and saturation polarization $J_s = 2.35$ T have been compounded with a high viscosity wax (Sasolwax 7583 inaktiv, Sasol Wax GmbH, Germany) at filler contents $0.1 \leq C \leq 0.8$ in a laboratory kneader (Polylab Rheodrive 4 + Rheomix 600 by Thermo Fisher Scientific, Germany). The wax has been chosen instead of a polymer due to a better workability compared to a thermoplastic. The compounded material was pressed into cylindrical rods of diameter

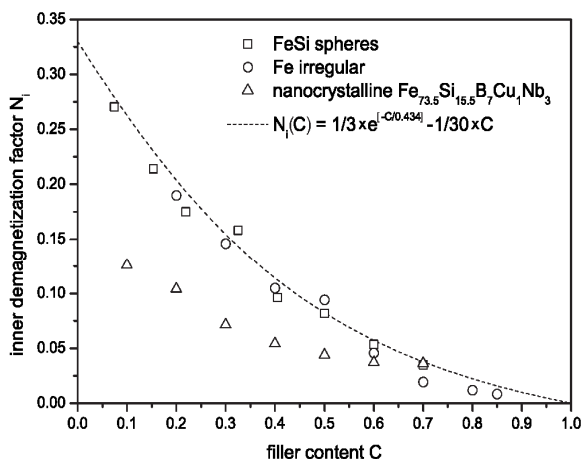


FIG. 1. Inner demagnetization factor N_i of experimental data from Ref. 10 dependent on filler content C . Symbols represent measurement values and the solid line is a fit.

$d = 6.1$ mm and length $l = 100$ mm and examined referring to magnetic properties in an in-house developed open circuit hysteresis measurement system.

A schematic drawing of the hysteresis recorder can be seen in Fig. 2. The specimen is exposed to an alternating magnetic field which is generated by a GPIB controlled wave form generator (Agilent 33120A, Agilent Technologies, Santa Clara, CA), amplified by a power amplifier (DCP 260/60-C, Servowatt Renz Elektronik, Germany), and fed to the field coils. The induced voltage signal is measured by the induction coils which are inside the field coils. To measure polarization J , an identical coil system is connected to the measurement coils compensating the air flux $\mu_0 \times H$ in induction $B = J + \mu_0 \times H$.

The amperage signal of the field coils is tapped via a shunt, and the induced signal of the induction coils is tapped directly by a two channel analog digital converter sampler (Dirkes GmbH, Germany), stored in the internal memory, and read by an European Card Bus-Central Processing Unit

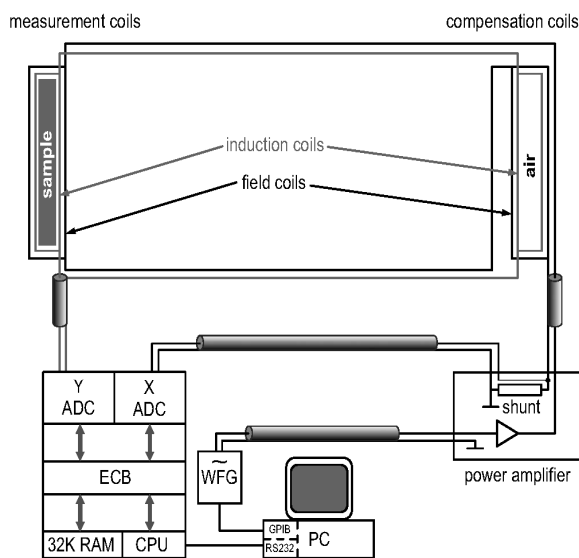


FIG. 2. Schematic drawing of the used hysteresis measurement system.

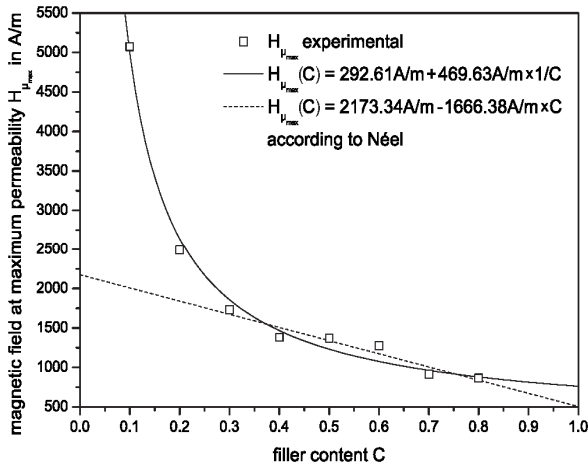


FIG. 3. Magnetic field at maximum permeability $H_{\mu_{max}}$ of FeCoV-wax composites dependent on filler content C . Symbols represent measurement values; lines are fits. The linear dependency of H on filler content between $0.3 \leq C \leq 1$ seems to fulfill Néel's linear equation, while for lower filler contents a dramatical increase and deviation from the linear rule can be found.

(ECB-CPU). The measured and time fitted signals are sent via RS232 to a personal computer and evaluated by an in-house developed software.

Measurements were carried out at a magnetizing frequency $f=1$ Hz. After measurement the hysteresis curve was sheared back mathematically to a slope of infinite at low polarization to compensate the amount of the demagnetizing magnetic field originating from the geometric demagnetization factor N_{geo} and inner demagnetization factor N_i . This procedure was done to evaluate the magnetic properties (field at maximum permeability $J_{\mu_{max}}$, remanence J_r , and polarization at maximum permeability $J_{\mu_{max}}$) only dependent on soft magnetic material's volume and independent of the demagnetization factor.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

A. Basic measurement results

Shown in Fig. 3 is the dependence of the magnetic field at maximum permeability $H_{\mu_{max}}$, which is near coercivity, on filler content C .

For $0.3 \leq C \leq 0.8$ the field at maximum permeability follows a nearly linear course and so it is congruent with Néel's assumptions. Also it was shown in Ref. 2 that for measurements at low polarization the coercivity shows a linear dependence on filler content. At a filler content $C < 0.3$ the magnetic field approximates $H_{\mu_{max}} \rightarrow \infty$ for $C \rightarrow 0$. The overall course of the magnetic field can be described by $H_{\mu_{max}} \sim 1/C$.

It is also noticeable that the fit of the magnetic field $H_{\mu_{max}}$ in Fig. 3 for a filler content $C=1$ shows a relative high value ($H_{\mu_{max}} \approx 762$ A/m). Since the approximation of the magnetic field for $C=1$ is the result of measurements on composites containing a high number of particles, agglomerates and gaps within the fictive bulk material at $C=1$ the material is not an ordinary bulk material, rather a large ag-

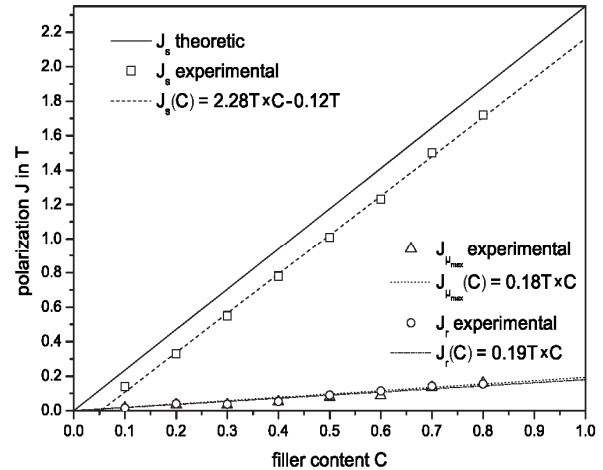


FIG. 4. Saturation polarization J_s , remanence J_r , and polarization at maximum permeability $J_{\mu_{max}}$ of FeCoV-wax composites dependent on filler content C . Symbols represent measurement values, the dashed and dotted lines, respectively, are linear fits of measurement data, and the solid line is the theoretic course of saturation polarization.

glomerate with a high number of grain boundaries, dislocations, or inclusions, which increases the coercivity and magnetic field at maximum permeability.

Figure 4 shows the measured saturation polarization J_s versus filler content C of FeCoV-wax composites. As can be seen, the experimental data show a slight deviation from the course calculated with Eq. (2) (solid line—) to lower values. The accuracy of filler content has been verified by density measurements; thus the deviation is not the result of a faulty filler content.

While the saturation polarization is independent of the inner demagnetization factor, crystal anisotropy, etc., the way to reach saturation is strongly influenced by these factors. A comparatively high magnetic field has to be reached to compensate the inner demagnetizing field and to get close to saturation of a PBSMC, especially for low filler contents. Thus, the calculated saturation polarization from experimental data of composites should be handled as a guideline. The maximum reachable field of $H_{max}=65$ kA/m of the hysteresis measurement system was not high enough to reach saturation polarization of the PBSMCs. Nevertheless, a linear dependence of the measured saturation polarization on filler content C can be observed.

Additionally, the remanence J_r and polarization at maximum permeability $J_{\mu_{max}}$ of FeCoV-wax composites versus filler content C are plotted in Fig. 4. These values are evaluated to analyze changes in polarization depending on filler content C only without influence of the demagnetization factor. Both J_r and $J_{\mu_{max}}$ show a linear dependence on filler content C as already found for saturation polarization J_s . Nevertheless the values of remanence J_r and polarization at maximum permeability $J_{\mu_{max}}$ are quite low.

The reason might be found in a weaker coupling of the magnetic moments between the particles, especially at low filler content C . As it is shown in the Stoner–Wohlfarth model¹¹ the shape of a hysteresis curve of a single-domain particle without any affecting neighbor particles strongly depends on the angle of direction of easy magnetization to the

direction of the applied magnetic field. For an easy direction of magnetization parallel to the applied magnetic field the remanence values are close to saturation polarization while for an easy direction perpendicular to the applied magnetic field the value of the remanence tends to zero. Since the particles in a soft magnetic composite are randomly dispersed and oriented a macroscopic medium direction of magnetization occurs with a lowered remanence J_r . Additionally it is well known that with increasing magnetic field first reversible and second irreversible domain wall motions appear, finally followed by rotation of magnetic moments into field direction. During the magnetization process and with a weak coupling of the magnetic moments between the particles, a part of the particles undergoes the process of domain wall motion, while other particles are already in spin rotation. Thus, in soft magnetic composites the transition from domain wall motion to spin rotation is broader than it is in a bulk material and gets visual in the shape of the hysteresis curve, which shows a softer inflection point [transition from domain wall motion to spin rotation at $J_{\mu_{\max}}$ (Ref. 12)] at a lower polarization compared to a bulk material.

The results from Fig. 4 show that the polarization at every characteristic point of the hysteresis curve shows a linear dependence on filler content C .

B. Derivation of the approach for calculating composite's permeability

With the given formulas and experimentally detected dependencies it is possible to describe the permeability $\mu_{\text{PBSMC}}(C)$ of a PBSMC at a certain filler content C .

The permeability of a soft magnetic material can be calculated with the polarization J at the applied magnetic field H and the permeability of vacuum $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ shown as

$$\mu = \frac{J}{H} \bigg/ \mu_0 + 1. \quad (4)$$

The polarization and magnetic field in a PBSMC are dependent on filler content C . For a composite with inner demagnetization factor $N_i=0$ the permeability μ_{PBSMC} can be calculated by

$$\mu_{\text{PBSMC}}(C) = \frac{J(C)}{H(C)} \bigg/ \mu_0 + 1, \quad (5)$$

with $J(C)=J \times C$ and $H(C)=H/C$ [cf. Eq. (2), Fig. 3].

Since it is known that the applied field is reduced by the inner demagnetization factor N_i , the actual magnetic field has to be calculated by

$$H(C, N_i) = \frac{H}{C} + \frac{J \times C \times N_i}{\mu_0}. \quad (6)$$

Since the inner demagnetization factor N_i is referred to the amount of filler material it has to be referred to the total volume of the composite:

$$N_i = \frac{N_p(C)}{C}. \quad (7)$$

With Eqs. (6) and (7), Eq. (5) is

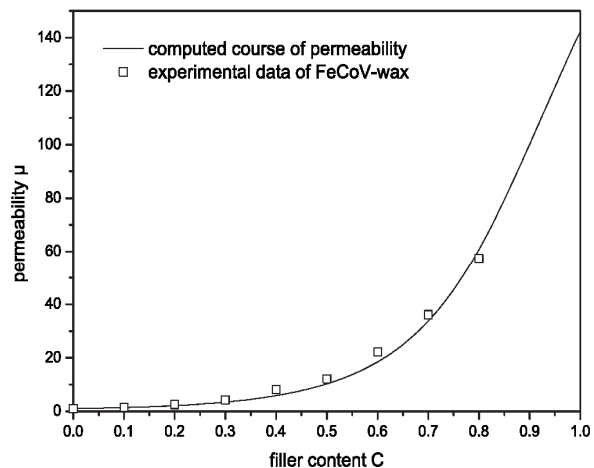


FIG. 5. Comparison of computed composite's maximum permeability with experimental data of FeCoV-wax composites dependent on filler content C .

$$\begin{aligned} \mu_{\text{PBSMC}}(C) &= \frac{\frac{J \times C}{\frac{H}{C} + \frac{J \times C}{\mu_0} \times \frac{N_i(C)}{C}}}{\mu_0 + 1} \\ &= \frac{J \times C^2}{H \times \mu_0 \times \left[1 + \frac{J \times C \times N_i(C)}{H \times \mu_0} \right]} + 1, \quad (8) \end{aligned}$$

and with Eq. (4),

$$\mu_{\text{PBSMC}}(C) = \frac{C^2}{C \times N_i(C) + \frac{1}{\mu - 1}} + 1, \quad (9)$$

with μ , the permeability of the soft magnetic filler material.

The inner demagnetization factor $N_i(C)$ again depends on the filler content C following a nonlinear course for ideal spherical particles from $N_i=1/3$ to $N_i=0$ (Fig. 1).

Since Eq. (3) originates from the permeability of a PBSMC, a fit was computed as

$$N_i(C) = \frac{1}{3} \times e^{[-C/0.434]} - \frac{1}{10} \times C = N_p \times e^{[-C/0.434]} - \frac{N_p}{10} \times C, \quad (10)$$

with N_p , the demagnetization factor of the filler particles.

Figure 5 shows a comparison of the computed course [Eq. (9)] of the maximum permeability $\mu_{\max}$ depending on filler content C with experimental data from FeCoV-wax composites. The permeability of the magnetic filler has been approximated to $\mu_{\max} \approx 142$ by extrapolating polarization and magnetic field at maximum permeability to $C=1$. As can be seen, the computed values of permeability match very well the experimental permeability data of the composites. Slight deviations occur since the real inner demagnetization factor $N_i(C)$ deviates from the ideal one.

The inner demagnetization factor $N_i(C)$ was taken from Mattei's theory [cf. Eq. (3), Fig. 1] for ideal spherical particles. In reality, it does not only depend on filler content and particle's shape but also on particle's size,¹³ a possible alignment of particles,¹⁴ the structure within the soft magnetic

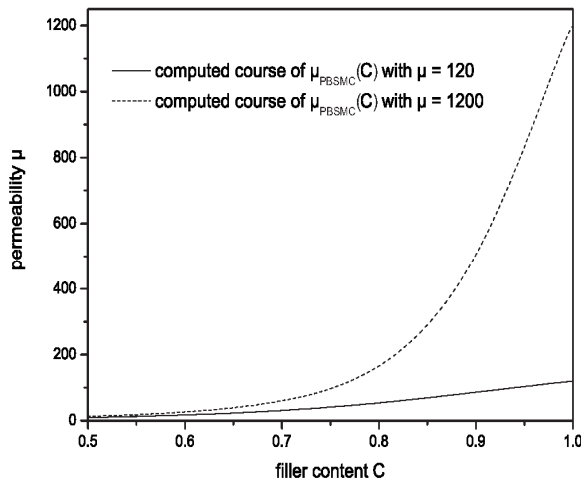


FIG. 6. Comparison of calculated composite permeabilities with filler's permeability $\mu_p=120$ and $\mu_p=1200$ dependent on filler content $C \geq 0.5$.

material itself (e.g., number of grain boundaries and internal stresses),¹⁵ and therefore also on the permeability of the magnetic particles.⁶

Nevertheless, the fit of the inner demagnetization factor also works in the case of irregularly shaped particles with an aspect ratio of 1:1 because the dependence of the inner demagnetization factor on filler content is identical to spherical particles, as it was already shown in Ref. 10. Irregularly shaped particles with a deviating aspect ratio cause an alternative course of the inner demagnetization factor. Experimental data of the inner demagnetization factor of nanocrystalline $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{15.5}\text{B}_7\text{Cu}_1\text{Nb}_3$ with an aspect ratio of about 1:2 and $N_p=0.19$ are shown in Fig. 1.

A comparison of the computed course of the composite's permeability for varying filler material permeabilities can be seen in Fig. 6. For a better overview only the calculated permeability for a filler content $C \geq 0.5$ is plotted. The assumed filler permeabilities are $\mu=120$ and $\mu=1200$.

The plot in Fig. 6 makes clear that a great difference in the permeability of the soft magnetic composites can only be seen at high filler contents. Still at a filler content $C=0.8$ the permeabilities are $\mu_{\text{PBSMC}}(C=0.8; \mu=120)=86.3$ and $\mu_{\text{PBSMC}}(C=0.8; \mu=1200)=123.5$. While for the soft magnetic filler materials the ratio of difference in the permeabilities is 1:10, the ratio of permeabilities of the composites at filler content $C=0.8$ is only 1:1.4. Responsible for this behavior is the inner demagnetization factor N_i , which lowers the permeability enormously.

If one assumes a permeability of the filler material $\mu=12\,000$, then the calculated permeability for a composite

with filler content $C=0.8$ is $\mu_{\text{PBSMC}}(C=0.8; \mu=12\,000)=153.7$, which is only a doubling of the composite's permeability for $C=0.8$, compared to $\mu_{\text{PBSMC}}(C=0.8; \mu=120)=86.3$ while the ratio of difference in the permeabilities of the filler materials is 1:100.

It is obvious that the permeability of the composite can be enhanced by reduction in demagnetization factor. One way to decrease the demagnetization factor is an orientation of particles along their axis of easy magnetization, as it was shown in Ref. 13.

V. CONCLUSIONS

The comparison of Eq. (9) with experimental permeability data shows that the prediction of the permeability of a PBSMC is feasible with knowledge of permeability of the magnetic filler material and the inner demagnetization factor. However, it has to be considered that the model is valid only for micro-sized particles in a nonmagnetic matrix with permeability $\mu=1$.

Regarding that the demagnetization factor for high filled composites ($C > 0.7$) can be considered as independent of the shape of the filler particles (Ref. 10, Fig. 1 $0.025 \leq N_i \leq 0.04$) Eq. (9) can be used successfully to estimate the permeability of soft magnetic composites. Furthermore the results show that with use of a high permeability filler material the permeability of the composite does not necessarily increase strongly due to the strong influence of the inner demagnetization factor which reduces the composite's permeability enormously.

¹C. Goetzl, *Treatise on Powder Metallurgy*, Applied and Physics Powder Metallurgy Vol. II (Interscience, New York, 1950).

²M. Anhalt and B. Weidenfeller, *J. Appl. Phys.* **101**, 023907 (2007).

³L. Néel, *Acad. Sci., Paris, C. R.* **224**, 1550 (1947).

⁴E. P. Wohlfarth, *Proc. R. Soc. London, Ser. A* **232**, 208 (1955).

⁵E. P. Wohlfarth, in *Magnetism*, edited by G. T. Rado and H. Suhl (Academic, New York, 1963), Vol. 3, pp. 351–393.

⁶E. Kneller, *Ferromagnetisms* (Springer, Berlin, 1962).

⁷J.-L. Mattei and M. Le Floch, *J. Magn. Magn. Mater.* **257**, 335 (2003).

⁸R. Landauer, in *Electrical Transport and Optical Properties of Inhomogeneous Media*, edited by J. C. Garland and D. B. Tanner (AIP, New York, 1978), pp. 2–45.

⁹J.-L. Mattei and M. Le Floch, *J. Magn. Magn. Mater.* **264**, 86 (2003).

¹⁰M. Anhalt, B. Weidenfeller, and J.-L. Mattei, *J. Magn. Magn. Mater.* **320**, e844 (2008).

¹¹E. C. Stoner and E. P. Wohlfarth, *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A* **240**, 599 (1949).

¹²F. J. G. Landgraf, J. C. Teixeira, M. Emura, M. F. de Campos, and C. S. Muranaka, *Mater. Sci. Forum* **302–303**, 440445 (1999).

¹³M. Anhalt, *J. Magn. Magn. Mater.* **320**, e366 (2008).

¹⁴B. Weidenfeller, M. Anhalt, and W. Riehemann, *J. Magn. Magn. Mater.* **320**, e362 (2008).

¹⁵T. Kahan, *J. Phys. Radium* **5**, 463 (1934).

Effect of overageing temperature on the superplastic behaviour in magnesium alloys

V. Wesling, T. Ryspaev*, A. Schram

*Institute of Welding Engineering and Cutting Manufacturing Processes (ISAF), Clausthal University of Technology,
Agricolastrasse 2, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany*

Received 30 August 2005; received in revised form 3 March 2006; accepted 8 March 2006

Abstract

An especially fine-grained structure $d < 10 \mu\text{m}$ is necessary for superplastic forming. Conventional magnesium alloys in cast condition show only a very coarse-grained structure with an average grain size of $d > 100 \mu\text{m}$. Yet through overageing and successive warm extrusion moulding a sufficient number of recrystallization nuclei are formed in the magnesium alloys so that during the final recrystallization treatment a very fine microstructure results. It has been shown that the optimal temperature for overageing lies in the range from 300 to 350 °C for the magnesium alloys AE42, AZ91, ZRE1 and QE22. Using this temperature range we obtained an average grain size of 6.2 μm in the AE42 alloy and 6.4 μm in the AZ91 alloy. In the ZRE1 magnesium alloy a grain size of 1.2 μm and in the QE22 a grain size of 0.7 μm were obtained. The heat-treated magnesium alloys QE22 and ZRE1 investigated here elongate up to 750% and have an m value of 0.75 under a constant strain rate of $3 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ and a deformation temperature of 420 °C. Under the same conditions AZ91 and AE42 elongate up to 260% and have m -values of 0.45.

© 2006 Elsevier B.V. All rights reserved.

Keywords: Superplasticity; Magnesium alloys; Extrusion; Grain refinement; Overageing; m -Value

1. Introduction

The increasing demand for high strength light weight products which can easily be produced at low cost with respect to a reduction of energy consumption and material saving has caused a growing interest in superplastic forming in the fields of the automobile and aviation industry.

Magnesium alloys fulfill the requirements of modern light weight construction materials with properties such as low density, good castability and a large recycling potential. The limited forming properties of magnesium alloys can be associated with its hexagonal lattice structure which causes problems during processing.

The utilization of the superplastic deformation behaviour of magnesium materials can give remedy to this limitation because in this way the productivity of the mechanical processing can be increased considerably in comparison to conventional forming processes. Superplastic forming of magnesium is a perfect and cost saving process for near-net-shape forming as an alternative for complicated machining or joining processes.

As of now, there is only limited knowledge about the superplastic behaviour of magnesium alloys which add a further decisive contribution to weight reduction of components due to the fact that their density is 30% less than that of aluminium alloys. The exploitation of the superplastic behaviour is especially reasonable for magnesium alloys because of their restricted cold-working properties.

Superplasticity is the capability of a material to endure strains while applying low flow stresses without constriction and practically no strain-hardening, that exceed the usual limits of "normal-plastic" materials of 10–40% by some 100 to more than 1000%. Another characteristic of superplastic behaviour of materials is the strong strain rate dependence of flow stress. This dependence is described by the strain-rate sensitivity parameter (m) that is part of the flow equation for structural superplasticity [1]:

$$\sigma = k\dot{\epsilon}^m$$

with stress σ , material constant k and strain rate $\dot{\epsilon}$.

A basic condition for superplastic deformation is a fine microstructure. A grain size of $d < 10 \mu\text{m}$ is a suitable value, as the m -value normally increases with a grain size becoming smaller [2–6].

* Corresponding author. Tel.: +49 5323 722679; fax: +49 5323 723198.
E-mail address: talant.ryspae@tu-clausthal.de (T. Ryspaev).

Table 1
Chemical composition of the investigated magnesium alloys (wt.%)

Alloy	Al	Mn	Zn	Si	Cu	Fe	RE	Zr	Ag	Nd
AZ91	9.0	0.4–0.7	0.5–0.9	0.05	0.025	0.004				
AE42	4.0	Minimum 0.1	Maximum 0.2		0.04	0.004	2.0–3.0			
ZRE1		<0.03	2.5	<0.01	0.01	0.003	3.1	0.6		
QE22							2.5	0.6	2.5	2.0

Through extrusion moulding of metal, it is possible to strongly reduce the grain size of materials.

It was shown [7] that the resulting average grain size of the magnesium alloys AZ31 and ZK60 after extrusion moulding were about 5 and 2.8 μm , respectively.

The new grains form during extrusion moulding of magnesium alloys by recrystallization [8]. This process is characterized by temperature and rate of deformation, as well as particles of the second phase. Therefore, it is necessary to investigate the influence of the particles on the grain size in the magnesium alloys. This is possible through heat treatment of the ingots before extrusion moulding.

The objective of the present study was to investigate the effects of the heat treatment on the grain size of extrusion-molded magnesium alloys.

2. Material and experimental procedure

The alloy AZ91, containing 8.5–9.5 wt.% Al and 0.45–0.9 wt.% Zn, is most widely used. The addition of rare earth

metals increases the hot strength and resistance to creep of the alloys. For these reasons the alloys AE42, QE22 and ZRE1 were included in the investigations. Table 1 shows the chemical compositions of the alloys.

Extrusion billets were prepared from cast ingots of the conventional magnesium alloys AE42, AZ91, ZRE1 and QE22. The billets were heat-treated in two stages and deformed by extrusion moulding. The thermomechanical processing consists of the following steps: solution treatment at 470 °C for 10 h and air quenching; overageing at a temperature in the range of 200–380 °C for 10 h; and warm extrusion moulding at 350 °C.

Numerous studies have indicated a pronounced dependence of the attainable elongation and the m -value on the strain rate and deformation temperature during superplastic deformation. For this reason, superplastic tensile tests were performed at a constant strain rate at temperatures from 200 to 450 °C for determining the maximum elongation to failure of the modified magnesium alloys.

The microstructural characterization of the alloys, both before and after heat treatment, was carried out by optical and

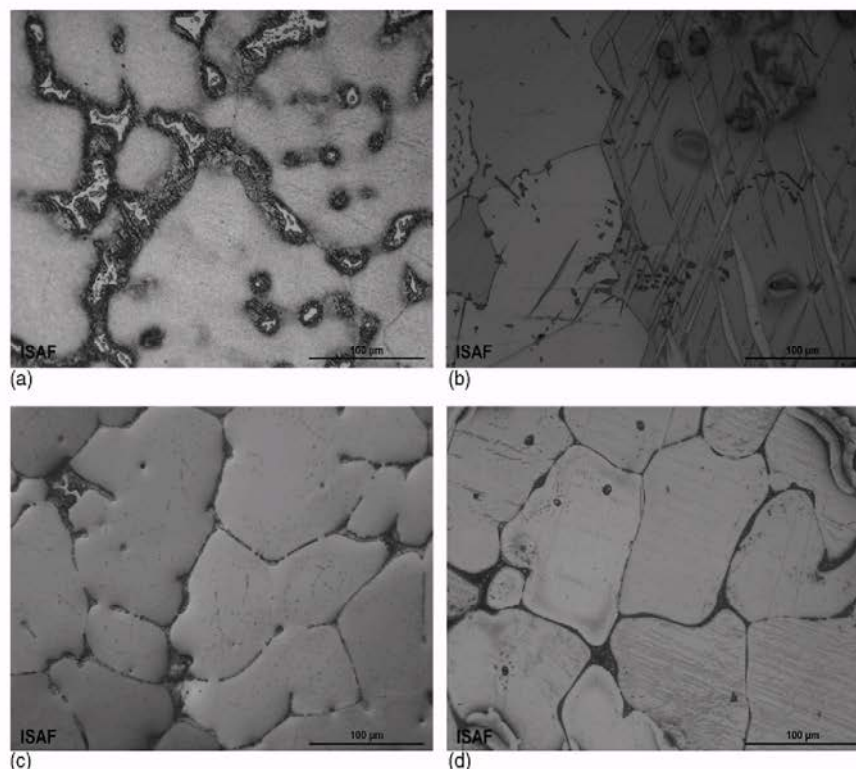


Fig. 1. Cast structure of the magnesium alloys: (a) AE42, (b) AZ91, (c) ZRE1 and (d) QE22.

scanning electron microscopy (OM and SEM). Samples for OM and SEM were etched with picric acid solution.

3. Results and discussion

Fig. 1a–d shows the investigated magnesium alloys AE42, AZ91, ZRE1 and QE22 in cast condition with an average grain size more than 100 μm .

As a result of the subsequent two-stage heat treatment of the cast material, the precipitates at the grain boundaries are dissolved, and a homogeneous structure results. The structure after extrusion moulding is illustrated in Fig. 2a–d. The grain size of the structure after deformation process has decreased to the range of 0.7–6.4 μm ; this condition is highly favourable for good superplastic properties.

The grain refining of the structure depends very strongly on the overageing temperature. For investigated magnesium alloys an optimum overageing temperature of 300–350 $^{\circ}\text{C}$ for 10 h was determined (Fig. 3). The key to the processing route is the introduction of a number of recrystallization nuclei in the alloys through overageing with a successive warm extrusion moulding in order to obtain a very fine microstructure. The finer grain sizes of the magnesium alloys QE22 and ZRE1 are attributed to zirconium and neodymium rich precipitates formed in both materials during overageing. Typical SEM micrographs of the precipitates with the distribution of the determined elements

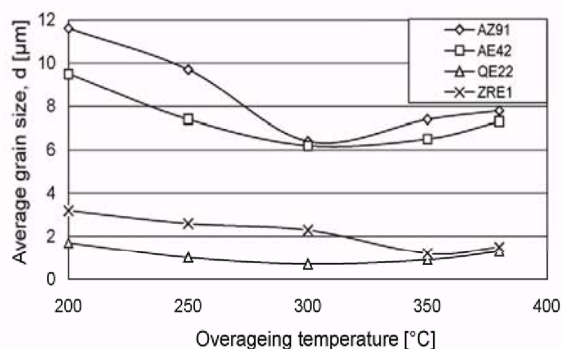


Fig. 3. Influence of the overageing temperature on grain size of heat-treated and extrusion-molded magnesium alloys.

are shown in Fig. 4a–d. Such precipitates were examined in [9]. It was stated that overageing produces a dispersion of the $\text{Mg}_3(\text{Ag}, \text{Nd})$ phase. Two kinds of this phase are observed after the annealing treatment T6. The larger dispersoid particles ($d = 0.2\text{--}0.5\ \mu\text{m}$) lie along the grain boundaries and near a triple point while the smaller dispersoid particles ($d = 50\text{--}100\ \text{nm}$) lie both at the grain boundaries and within the grain interior.

The m -value is a generally recognized assessment basis for the evaluation and comparison of the superplastic potential of a certain material [10]. In order to display superplastic properties, a material must not have an m -value lower than 0.3. Only

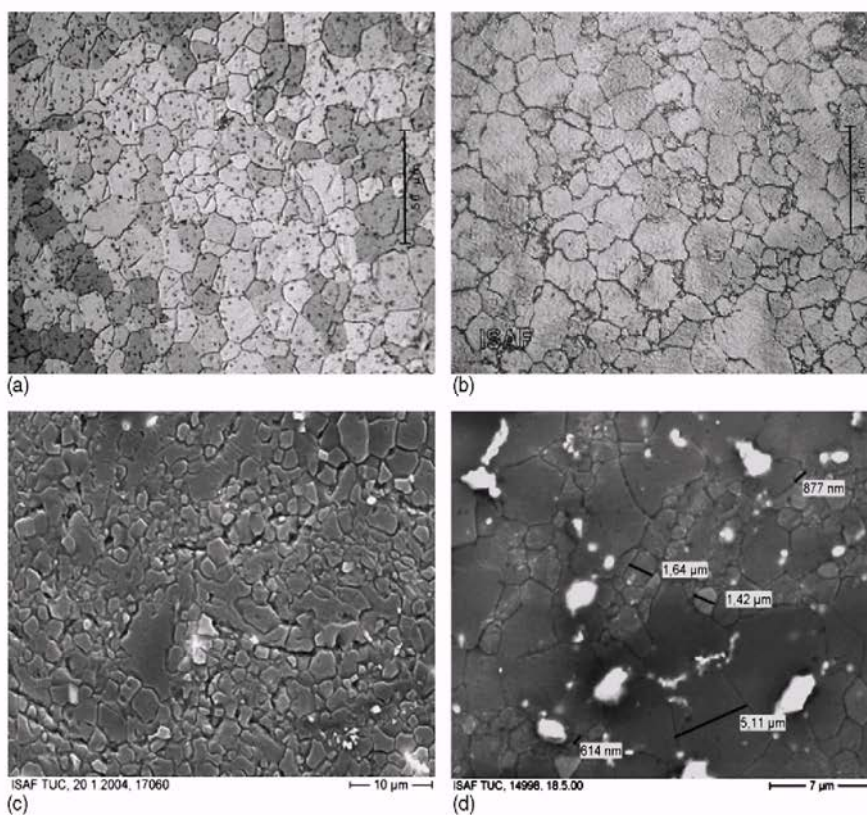


Fig. 2. Average grain size of heat treated and extrusion molded magnesium alloys—(a) AE42: $d_m = 6.2\ \mu\text{m}$, (b) AZ91: $d_m = 6.4\ \mu\text{m}$, (c) ZRE1: $d_m = 1.2\ \mu\text{m}$, (d) QE22: $d_m = 0.7\ \mu\text{m}$.

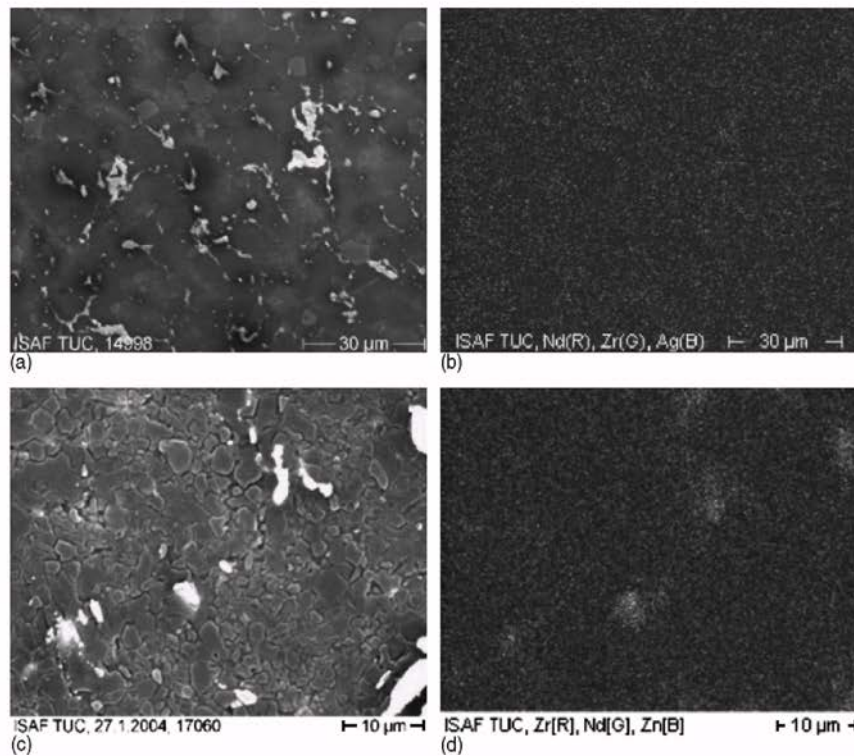


Fig. 4. SEM micrographs of precipitates: (a) in secondary electrons of microstructure of alloy QE22; (b) division of the elements in (a); (c) in secondary electrons of microstructure of alloy ZRE1; (d) division of the elements in (c).

by the systematic testing of the m -value beyond variation of the deformation and structural parameters, conclusions can be drawn from the causes and conditions of an optimum superplastic deformation. The results in Fig. 5 show clearly that a grain refinement increases m -value. The higher m -values achieved by grain refinement confirm the great influence of grain boundary sliding on the superplastic behaviour as described in literature [1,5,6].

The enhanced m -value obtained by the modified and thus finer microstructure enables a higher elongation to failure for magnesium alloys in tensile testing (Fig. 6).

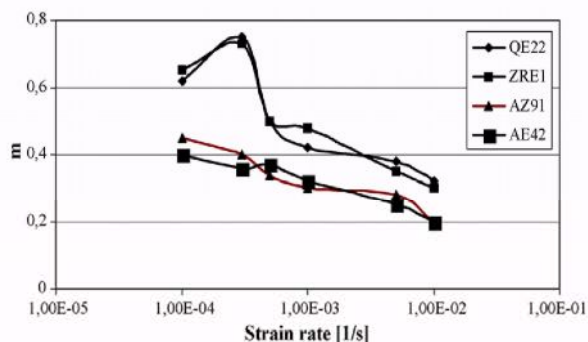


Fig. 5. m -Values of heat-treated and extrusion-molded magnesium alloys at each time-constant strain rate and a forming temperature of 420 °C.

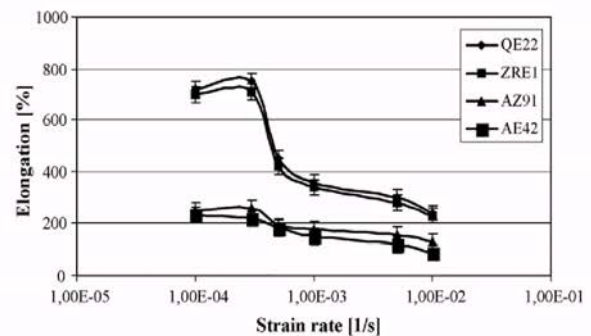


Fig. 6. Elongation to failure of heat-treated and extrusion-molded magnesium alloys at each time-constant strain rate and a forming temperature of 420 °C.

4. Conclusions

Based on the results of the study of the superplastic behaviour of the magnesium alloys AE42, AZ91, ZRE1, and QE22 from the microstructural point of view via OM and SEM analyses carried out both before and after overageing procedure, the following conclusions can be drawn:

- (i) The two-stage heat treatment of the cast material generates fine particles. These particles promote inhomogeneous deformation during warm extrusion moulding as well as act as nucleation sites for the recrystallizing grains.

- (ii) At an overageing temperature of 300 °C the average grain sizes of the magnesium alloys AE42 and AZ91 are practically the same with values of 6.2 and 6.4 μm , respectively. The magnesium alloys ZRE1 ($d = 1.2 \mu\text{m}$) and QE22 ($d = 0.7 \mu\text{m}$) have still finer grain structures.
- (iii) The results show that a grain refinement increases the m -value and elongation to failure.

Acknowledgement

This research was supported by the DFG (German Research Foundation) programme SFB 390 "Magnesium technology".

References

- [1] E.W. Hart, Acta Metall. 15 (1967) 351.
- [2] Z. Horita, M. Furukawa, M. Nemoto, N.K. Tsenev, R.Z. Valiev, P.B. Berbon, T.G. Langdon, Mater. Sci. Forum 243 (1997) 239–244.
- [3] I.I. Novikov, V.K. Portnoy, Superplasticity of Alloys with Ultrafine Grains, Metallurgia, Moscow, 1981, pp. 3–34 (in Russian).
- [4] O.A. Kaibyshev, Superplasticity of Alloys, Intermetallics and Ceramics, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1992.
- [5] B.P. Kashyap, A. Arieli, A.K. Mukherjee, J. Mater. Sci. 2 (1985) 2661.
- [6] C.C. Kedenburg, Investigation of superplasticity in the magnesium-based alloys, PhD thesis, TU Clausthal, 2000 (in German).
- [7] T. Mukai, H. Watanabe, K. Higashi, Mater. Sci. Forum 350–351 (2000) 159–170.
- [8] R. Poss, Proceedings of the Second Osaka International Conference on Platform Science and Technology for Advances Magnesium Alloys 2003, Osaka, Japan, 26–30 January, 2003, p. 327.
- [9] M. Svoboda, M. Pahutova, F. Moll, J. Brezina, V. Sklenicka, in: K.U. Kainer (Ed.), Magnesium Alloys and their Applications, Wiley–VCH Verlag, Weinheim, 2000, p. 234.
- [10] W.A. Backoven, I.R. Turner, H. Avery, ASM Trans. 57 (1964) 980–990.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

УДК 669.86:536.21

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОПРЯЖЕННОЙ ТУРБУЛЕНТНОЙ СМЕШАННОЙ КОНВЕКЦИИ В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

Кузнецов Г.В., Шеремет М.А.

Томский политехнический университет, Томск, Россия

Томский государственный университет, Томск, Россия

Проведен численный анализ турбулентной смешанной конвекции в прямоугольной области с теплопроводными стенками конечной толщины и локальным источником тепла в условиях конвективно-радиационного теплообмена с внешней средой. Математическое моделирование основано на уравнениях Рейнольдса в безразмерных переменных “функция тока – вектор завихренности скорости – температура”. В качестве замыкающей модели турбулентности использовалась стандартная $k-\varepsilon$ модель. Установлены масштабы влияния чисел Грасгофа и Рейнольдса, фактора нестационарности, коэффициента теплопроводности материала твердых стенок как на локальные термодинамические характеристики (поля скорости, температуры, кинетической энергии турбулентности и ее скорости диссипации), так и на интегральный параметр (среднее число Нуссельта на поверхности источника тепла).

Анализ взаимного влияния вынужденной и естественной турбулентной конвекции в прямоугольной области в условиях нелинейного воздействия окружающей среды при наличии локального источника тепловыделения имеет фундаментальное и прикладное значение [1–5].

Основной интерес представляет наиболее полное исследование влияния безразмерных определяющих комплексов на структуру течения и режимы теплопереноса. Такой подход позволяет получить соответствующие корреляционные соотношения между тепловыми и гидродинамическими характеристиками, что является наиболее значимым при проектировании технических устройств, в которых реализуется механизм смешанной конвекции.

Тепловые режимы радиоэлектронной аппаратуры и электронной техники (РЭА и ЭТ) в значительной степени определяют надежность их работы [3]. Миниатюризация устройств радиоэлектроники привела к необходимости концентрации внимания на термическом состоянии объекта. При этом одним из важных вопросов является выбор способа охлаждения РЭА. Используемые в РЭА системы охлаждения делятся на воздушные, жидкостные, испарительные, кондуктивные и комбинированные [3–5]. В настоящей работе анализируется возможная схема воздушного охлаждения РЭА с использованием проточного воздуха из окружающей среды.

Процесс охлаждения узлов, блоков и даже отдельных электрорадиоэлементов современных РЭА и ЭТ является достаточно сложной научно-технической проблемой, от решения которой зависит надежность конкретных изделий. Этот вопрос приобретает все большее значение в последнее время в связи с тенденциями энергонасыщения современных образцов РЭА и ЭТ, а с другой

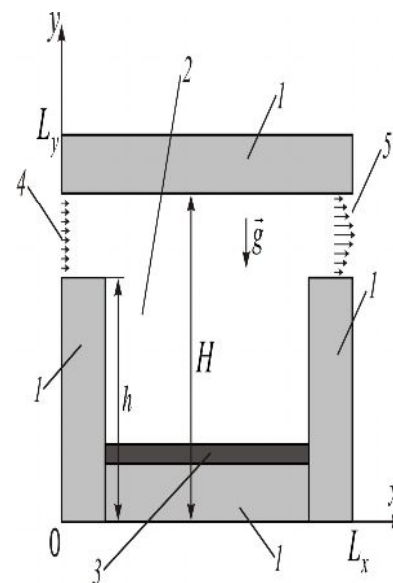


Рис. 1. Область решения рассматриваемой задачи: 1 – твердые стенки; 2 – газовая полость; 3 – источник тепловыделения; 4 – входное отверстие; 5 – выходное отверстие

сторонами с тенденцией миниатюризации каждого образца или, по крайней мере, максимального снижения его массогабаритных характеристик.

Целью настоящей работы является совместный анализ турбулентной смешанной конвекции в газовой полости и кондуктивной теплопередачи в элементах ограждающей конструкции при наличии источника тепловыделения, а также в условиях конвективно-радиационного теплообмена с окружающей средой на одной из внешних границ.

Математическая модель. Рассматривается краевая задача нестационарного сопряженного теплопереноса в прямоугольной области (рис. 1). Исследуемый объект представляет собой систему, состоящую из газо-

вой полости (2 на рис. 1) и теплопроводных твердых стенок конечной толщины (1 на рис.).

Источник тепловыделения, расположенный на внутренней границе основания, имеет постоянную температуру. Горизонтальные ($y = 0, y = L_y$) и вертикальная ($x = L_x$) границы области решения предполагаются теплоизолированными. На границе $x = 0$ реализуется лучисто-конвективный теплообмен с окружающей средой.

Предполагается, что теплофизические свойства как газа, так и материала стенок не зависят от температуры, а режим течения является турбулентным. Газ считается вязкой,

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} = -\Omega, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \Omega}{\partial \tau} + \frac{\partial (U \Omega)}{\partial X} + \frac{\partial (V \Omega)}{\partial Y} = \frac{\partial^2}{\partial X^2} \left[\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) \Omega \right] + \frac{\partial^2}{\partial Y^2} \left[\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) \Omega \right] + \frac{Gr}{Re^2} \frac{\partial \Theta}{\partial X} +$$

$$+ 2 \frac{\partial U}{\partial Y} \frac{\partial^2}{\partial X^2} \left(\frac{1}{Re_t} \right) - 2 \frac{\partial V}{\partial X} \frac{\partial^2}{\partial Y^2} \left(\frac{1}{Re_t} \right) + 2 \left(\frac{\partial V}{\partial Y} - \frac{\partial U}{\partial X} \right) \frac{\partial^2}{\partial X \partial Y} \left(\frac{1}{Re_t} \right),$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} + \frac{\partial (U \Theta)}{\partial X} + \frac{\partial (V \Theta)}{\partial Y} = \frac{\partial}{\partial X} \left[\left(\frac{1}{Pr \cdot Re} + \frac{1}{Pr_t \cdot Re_t} \right) \frac{\partial \Theta}{\partial X} \right] + \frac{\partial}{\partial Y} \left[\left(\frac{1}{Pr \cdot Re} + \frac{1}{Pr_t \cdot Re_t} \right) \frac{\partial \Theta}{\partial Y} \right], \quad (3)$$

В качестве модели турбулентности рассматривалась стандартная k - ε модель [9]:

$$\frac{\partial K}{\partial \tau} + \frac{\partial (U K)}{\partial X} + \frac{\partial (V K)}{\partial Y} = \frac{\partial}{\partial X} \left[\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{\sigma_k Re_t} \right) \frac{\partial K}{\partial X} \right] + \frac{\partial}{\partial Y} \left[\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{\sigma_k Re_t} \right) \frac{\partial K}{\partial Y} \right] + P_k + G_k - E, \quad (4)$$

$$\frac{\partial E}{\partial \tau} + \frac{\partial (U E)}{\partial X} + \frac{\partial (V E)}{\partial Y} = \frac{\partial}{\partial X} \left[\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{\sigma_\varepsilon Re_t} \right) \frac{\partial E}{\partial X} \right] + \frac{\partial}{\partial Y} \left[\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{\sigma_\varepsilon Re_t} \right) \frac{\partial E}{\partial Y} \right] + c_{1\varepsilon} (P_k + c_{3\varepsilon} G_k) \frac{E}{K} - c_{2\varepsilon} \frac{E^2}{K}, \quad (5)$$

Уравнение теплопроводности для элементов твердого материала:

$$\frac{1}{Fo_1} \frac{\partial \Theta_1}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \Theta_1}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Theta_1}{\partial Y^2} \quad (6)$$

Параметры стандартной k - ε модели турбулентности [9]:

$$c_\mu = 0.09, \quad c_{1\varepsilon} = 1.44, \quad c_{2\varepsilon} = 1.92, \quad c_{3\varepsilon} = 0.8, \quad Pr_t = 1.0, \quad \sigma_k = 1.0, \quad \sigma_\varepsilon = 1.3.$$

Начальные и граничные условия для сформулированной задачи (1)–(6) имеют вид:

Начальное условие: $\Psi(X, Y, 0) = \Omega(X, Y, 0) = K(X, Y, 0) = E(X, Y, 0) = \Theta(X, Y, 0) = 0$,

на источнике тепловыделения в течение всего процесса $\Theta = 1$.

Граничные условия:

- на границе $X = 0$ реализованы условия, учитывающие теплообмен с внешней средой за счет конвекции и излучения

$$\frac{\partial \Theta_i}{\partial X} = Bi_i \cdot \Theta_i - Bi_i \cdot \Theta_e + Sk_i \cdot \left[\left(\Theta_i + \frac{T_0}{T_{hs} - T_0} \right)^4 - \left(\frac{T_e}{T_{hs} - T_0} \right)^4 \right], \quad (7)$$

где $i = 1, 2$ в соответствии с рис. 1;

- на остальных внешних границах для уравнения энергии заданы условия теплоизоляции

$$\frac{\partial \Theta_i}{\partial X^k} = 0, \quad \text{где } X^1 \equiv X, \quad X^2 \equiv Y; \quad i = 1, 2;$$

- на входе в полость (4 на рис. 1):
для уравнения энергии рассматриваются граничные условия 3 рода (7),
для функции тока, завихренности, кинетической энергии турбулентности и скорости ее диссипации [10]:

$$\Psi = Y - \frac{h}{L_x}, \quad \Omega = 0, \quad K_0 = 1.5 I^2, \quad E = \frac{K_0^{1.5} c_\mu^{0.75}}{0.41 \cdot \Delta n};$$

- на выходе из полости (5 на рис. 1):

теплопроводной, ньютоновской жидкостью, удовлетворяющей приближению Буссинеска.

Процесс переноса тепла в рассматриваемой области (рис. 1) описывается системой нестационарных двумерных уравнений турбулентной смешанной конвекции в газовой полости [6, 7] и нестационарным двумерным уравнением теплопроводности [8] для элементов твердого материала с нелинейными граничными условиями.

Уравнения Рейнольдса для сформулированной задачи в безразмерных переменных “функция тока – вектор завихренности скорости – температура” примут вид:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial X} = \frac{\partial \Omega}{\partial X} = \frac{\partial \Theta}{\partial X} = \frac{\partial K}{\partial X} = \frac{\partial E}{\partial X} = 0;$$

- на границах твердого материала и газа, параллельных координатным осям $OX(0Y)$, кроме $Y = \frac{H}{L_x}$:

$$\Psi = 0, \quad \frac{\partial \Psi}{\partial Y(\partial X)} = 0, \quad \Theta_1 = \Theta_2, \quad \frac{\partial \Theta_1}{\partial Y(\partial X)} = \lambda_{2,1} \frac{\partial \Theta_2}{\partial Y(\partial X)}, \quad K = 0 \quad \text{на стенке,}$$

$$E = \frac{c_{\mu}^{3/4} K^{3/2}}{0.41 \cdot \Delta n} \quad \text{в первом внутреннем узле газовой полости;}$$

- на границе $Y = \frac{H}{L_x}$:

$$\Psi = \frac{H-h}{L_x}, \quad \frac{\partial \Psi}{\partial Y} = 0, \quad \Theta_1 = \Theta_2, \quad \frac{\partial \Theta_1}{\partial Y(\partial X)} = \lambda_{2,1} \frac{\partial \Theta_2}{\partial Y(\partial X)}, \quad K = 0 \quad \text{на стенке,}$$

$$E = \frac{c_{\mu}^{3/4} K^{3/2}}{0.41 \cdot \Delta n} \quad \text{в первом внутреннем узле газовой полости.}$$

где T_{hs} – температура источника тепла; X, Y – безразмерные координаты декартовой системы координат; U, V – безразмерные скорости; τ – безразмерное время; Θ – безразмерная температура; Ψ – безразмерный аналог функции тока; Ω – безразмерный аналог вектора вихря; K – безразмерный аналог кинетической энергии турбулентности; E – безразмерный аналог скорости диссипации кинетической энергии турбулентности; $Gr = g\beta\Delta TL_x^3/\nu^2$ – число Грасгофа; $Re = V_{in}L_x/\nu$ – число Рейнольдса; V_{in} – ско-

турбулентной теплопроводности;

безразмерное слагаемое, характеризующее порождение турбулентности за счет сдвиговых напряжений; $G_k = -\frac{1}{Re_i Pr_i} \frac{Gr}{Re^2} \frac{\partial \Theta}{\partial Y}$ –

безразмерное слагаемое, описывающее генерацию или диссипацию турбулентной кинетической энергии за счет выталкивающей силы; $Fo_1 = a_1/(L_x \cdot V_{in})$ – число Фурье материала твердой стенки; $Bi_1 = \alpha L_x/\lambda_i$ – число Био, соответствующее i -ой подобласти (рис. 1); α – коэффициент теплообмена между внешней средой и рассматриваемой областью решения; Θ_e – безразмерная температура окружающей среды; $Sk_i = \varepsilon \sigma L_x (\Delta T)^3/\lambda_i$ – число Старка, соответствующее i -ой подобласти (рис. 1); ε – приведенная степень черноты; σ – постоянная Стефана-Больцмана; λ_1 – коэффициент теплопроводности материала твердой стенки; T_e – температура окружающей среды; T_0 – начальная температура области решения;

рость на входе в полость; $Re_t = \frac{E}{c_{\mu} K^2}$ – тур-

булентное число Рейнольдса; $Pr = \nu/a_2$ – число Прандтля; $Pr_t = \nu_t/a_t$ – турбулентное число Прандтля; ν – кинематический коэффициент молекулярной вязкости; ν_t – кинематический коэффициент молярной (турбулентной) вязкости; a_1 – коэффициент теплопроводности материала твердых стенок; a_2 – коэффициент теплопроводности газа; a_t – коэффициент

$\lambda_{2,1} = \lambda_2/\lambda_1$ – относительный коэффициент теплопроводности; λ_2 – коэффициент теплопроводности газа; I – интенсивность турбулентности; Δn – расстояние от ближайшего приграничного узла до стенки.

Краевая задача (1)–(6) с соответствующими начальными и граничными условиями решена методом конечных разностей [11]. Для аппроксимации конвективных слагаемых применялась схема второго порядка точности, позволяющая учесть знак скорости, для диффузионных слагаемых – центральные разности. Уравнения параболического типа решались на основе локально одномерной схемы А.А. Самарского [11], т.е. вводился промежуточный временной слой. Полученные, в результате дискретизации дифференциальной задачи, разностные уравнения разрешались методом прогонки. Аппроксимация уравнения Пуассона для функции тока (1) проводилась с помощью пятиточечного шаблона “крест”. Полученное разностное уравнение было решено методом по-

следовательной верхней релаксации. Оптимальное значение параметра релаксации подбиралось на основе вычислительных экспериментов.

Представленный метод решения был протестирован на модельной задаче турбулентной естественной конвекции в квадратной полости [12].

Результаты и обсуждение. Численные исследования краевой задачи (1)–(6) проведены при следующих значениях безразмерных комплексов: $Gr = 10^8 - 10^{11}$, $Re = 100 - 2000$; $Pr = 0.7$,

$\lambda_{2,1} = 5.7 \cdot 10^{-4}, 6.8 \cdot 10^{-5}$. Основное внимание уделялось анализу влияния числа Грасгофа, характеризующего интенсивность источника тепловыделения; числа Рейнольдса, отражающего воздействие внешнего вынужденного течений; фактора нестационарности, определяющего не только этапы развития вихревых структур, но и термическую инерционность ограждающих стенок; а также относительного коэффициента теплопроводности $\lambda_{2,1}$, описывающего степень взаимного влияния конвективного теплопереноса в газовой полости и кондуктивной теплопередачи в элементах твердого материала, на распределения как локальных характеристик (линии тока, поля температуры, поля кинетической энергии турбулентности и скорости ее диссипации), так и интегрального параметра (среднее число Нуссельта на поверхности источника тепла).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 08-08-00402-а).

Литература

1. Лыков А.В., Алексашенко А.А., Алексашенко В.А. Сопряженные задачи конвективного теплообмена. – Минск: Наука и техника, 1971, 346 с.
2. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. – М.: Высшая школа, 1984, 247 с.
3. Icoz T., Jaluria Y. Design of cooling systems for electronic equipment using both experimental and numerical inputs // ASME J. Elec. Packaging. 2005. V. 126. Pp. 465–471.
4. Abourida B., Hasnaoui M. Numerical study of partitions effect on multiplicity of solutions in an infinite channel periodically heated from below // Energy Conversion and Management. 2005. Vol. 46. Pp. 2697–2717.
5. Alami M., Najam M., Semma E., Oubarra A., Penot F. Electronic components cooling by natural convection in horizontal channel with slots // Energy Conversion and Management. 2005. Vol. 46. Pp. 2762–2772.
6. Ozoe H., Mouri A., Ohmuro M., Churchill S.W., Lior N. Numerical calculations of laminar and turbulent natural convection in water in rectangular channels heated and cooled isothermally on the opposing vertical walls // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1985. Vol. 28. Pp. 125–138.
7. Vardar N. Numerical analysis of the transient turbulent flow in a fuel oil storage tank // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2003. Vol. 46. Pp. 3429–3440.
8. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967, 600 с.
9. Launder B.E., Spalding D.B. The numerical computation of turbulent flows // Computer methods in applied mechanics and engineering. 1974. Vol. 3. Pp. 269–289.
10. Vishnuvardhanarao E., Manab Kumar Das Study on conjugate heat transfer from a flat plate by turbulent offset jet flow // Numerical Heat Transfer. Part A. 2008. Vol. 53. Pp. 524–542.
11. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1977, 656 с.
12. Le Quere P. Accurate solutions to the square thermally driven cavity at high Rayleigh number // Computers and Fluids. 1991. Vol. 20. Pp. 29–41.

УДК 543.12

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Абельдаев А.Р., Зайнутдинов Р.А., Кошарная Ю.В.

МЭИ (технический университет), Москва

В работе рассматривается проблема оптимизации распределения электрогенерирующих мощностей региона на основе применения ценологической теории, а также возможность снижения энергодефицита региона путём создания рассредоточенных нетрадиционных источников электроэнергии с использованием фотоэлектрических установок (ФЭУ).

Астраханская область потребность в электроэнергии собственным производством покрывает на 80–90 %. Основой энергетики Астраханской области является комбинированный метод производства электрической и тепловой энергии на тепловых электрических станциях, реализуемый: на Астраханской ГРЭС электрической мощностью 100 МВт; Астраханской ТЭЦ-2, 380 МВт; ТЭЦ "Северная", 24 МВт. Электрогенерирующие мощности области имеют износ 60–75 %; до 90 % воздушных и до 40 % кабельных линий электропередачи – более 60 %. Фактические потери энергии на транспортировку составляют 28–30 % (при норме не более 12 %).

Основу малой энергетики региона составляют дизельные электростанции, находящиеся на балансе крупных муниципальных и промышленных организаций. Их суммарная мощность составляет 47 МВт при общем количестве 422 установки.

Математическая ценологическая H -теория дает возможность повышения, в рамках региона, эффективности управления сообществами предприятий, называя пределы управления структурой электрогенерирующих мощностей области как соответствие количественным H -ограничениям по соотношению «крупное–среднее–мелкое» и «массовое» (стандартизованное) – единичное (уникальное).

Ранговый анализ текущего состояния сектора электрогенерирующих мощностей региона однозначно говорит о том, что ценологические критерии нарушены. АТЭЦ-2 покрывает 69,7% всей электрической мощности региона, а вместе с АГРЭС – 88,1%. Это следствие гигантизма и отсутствия внимания к средним и малым источникам энергии. В результате аварийная ситуация приведет к серьезным проблемам в регионе. Аналитическое выражение аппроксимирующей кривой имеет характеристический параметр распределения $\beta=2,27$, что выходит за пределы принимаемого в ранговом анализе диапазона $0,5 \leq \beta \leq 1,5$. Это свидетельствует о дисгармоничном состоянии и недостаточной эффективности работы системы в целом.

Существующий "Прогноз социального и экономического развития Астраханской области на средне- и долгосрочную перспективу" и ряд других документов по максимальному варианту предусматривает достижение энергетической самодостаточности региона в период до 2020 года за счет расширения: Астраханской ГРЭС до 200 МВт, ТЭЦ-2 до 730 МВт, ТЭЦ "Северная" до 124 МВт. Одновременно предусмотрено сооружение ТЭЦ "Газпрома" мощностью 200 МВт и трех Мини-ТЭЦ (г. Знаменск, г. Нариманов, порт Оля) по 10 МВт, что должно обеспечить генерацию 1284 МВт.

Возникает проблема оптимизации в сегменте малой энергетики в диапазоне мощностей от 24 МВт до 500 кВт. Именно этот сегмент необходимо развивать в первую очередь для приведения состояния техноценоза региона в оптимальное состояние.

В результате суммарная мощность двух самых мощных станций снижается с 88,1% (текущее состояние) до 56%. (75,6% от всех электрогенерирующих мощностей региона). При реализации оптимизационных преобразований в регионе максимальная единичная мощность самой крупной электростанции региона будет составлять 36,7% от суммарной мощности генерирующих мощностей региона. Таким образом, даже при аварийной ситуации на самой крупной электростанции региона, остается резерв мощностей. Параметр распределения β снижается до 1,58 (без процедуры оптимизации составляет 1,99). Судя по этому параметру, эффективность энергосистемы существенно возрастает. Кроме того, можно сделать предположение, что развитие сектора электрогенерирующих мощностей достигает оптимального состояния (диапазон $0,5 \leq \beta \leq 1,5$), так как непременно будет происходить развитие сектора автономных установок с номинальной электрической мощностью от 100 кВт до 5 МВт.

Нами предлагается концепция снижения энергодефицита и обеспечения энергетической независимости отдельных потребителей путём создания рассредоточенных нетрадиционных источников электроэнергии с использованием фотоэлектрических установок

(ФЭУ). Отметим, что солнечная энергетика – быстрорастущая отрасль в мире с темпами роста 53 % в год и объемом производства в 2008 г. 6,1 ГВтч, на 43 млрд долл.

Для разработанной электронной базы "Солнечные электростанции" была выполнена классификация, включающая: название проекта (полное и сокращенное); регион реализации; стоимость проекта; количество солнечных модулей; климатические особенности региона; выходную мощность; площадь зеркал; фирму-производителя; сроки внедрения установки; срок службы; срок экономической окупаемости.

Проанализирована информация по климатическим условиям Астраханской области, включая данные по солнечной радиации (прямая радиация на горизонтальной по-

верхности; рассеянная радиация; суммарная радиация, данные по количеству ясных дней). Оценка перспективности применения ФЭУ на территории региона определялась с учетом данных по солнечной радиации за 2003–2006 гг. приведена на рис. 1.

От количества ясных дней зависит эффективность использования ФЭУ, и в связи с этим можно отметить, что использование ФЭУ на территории Астраханской области будет благоприятным весь год за исключением периода ноябрь – февраль. Сводка суммарных значений солнечной радиации на горизонтальную поверхность за период с 2003 по 2006 годы приведена в табл. 1. Заметим, что значение солнечной радиации растет из года в год.

Таблица 1

Суммарное годовое значение прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность				
Год	2003	2004	2005	2006
МДж/м ²	5407	5205	5649	5669

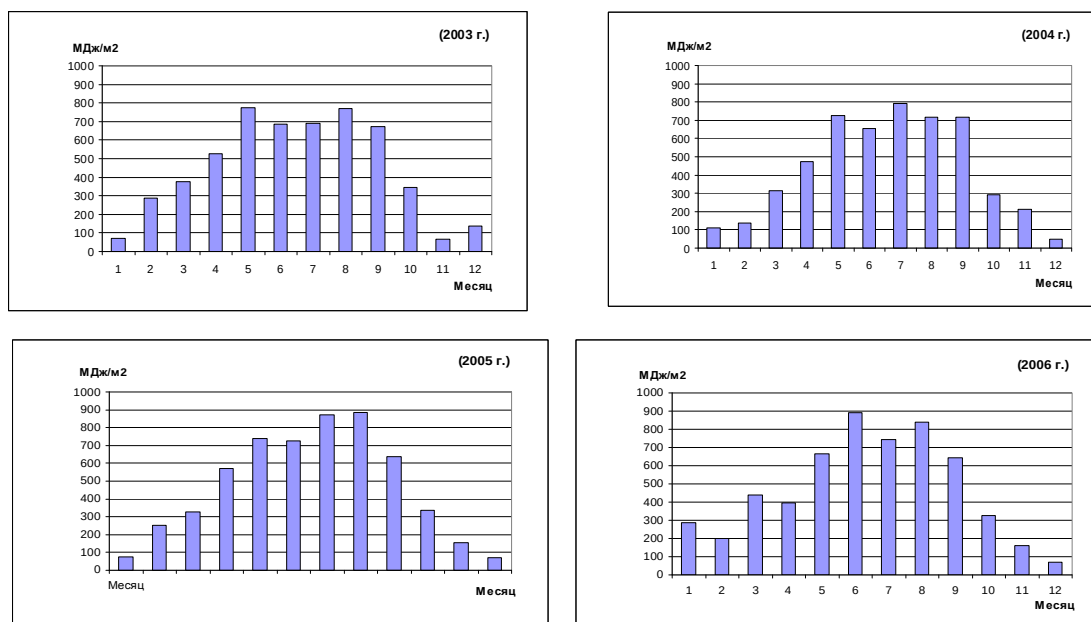


Рис. 1. Данные по солнечной радиации Астраханской области за 2003–2006 гг.

Для оценки перспективности использования ФЭУ на территории Астраханской области в настоящей работе проведено сравнение ее климатических особенностей с климатическими условиями стран, в которых солнечная энергетика уже получила практическое применение. На основании анализа данных распределения годового прихода солнечной радиации на горизонтальную поверхность в различных районах земного шара. Установлено, что по условиям солнечной радиации Астраханская

область соотносится с отдельными регионами ряда стран земного шара (в Португалии с 2006 года действует ФЭУ мощностью 11 МВт, в Китае 100 МВт, в США 354 МВт). При оценке перспективности применения ФЭУ на территории региона учитывались сведения о количестве ясных дней и дней с переменной облачностью для районов Астраханской области и города Астрахань, отраженные на рис. 2.

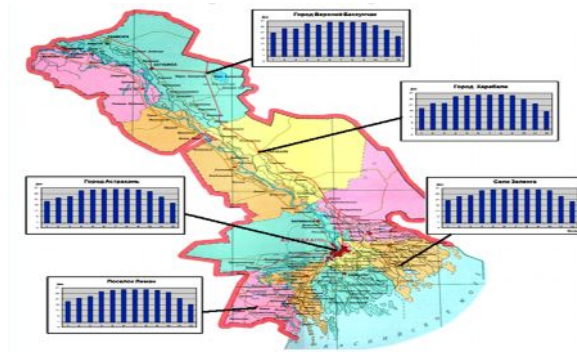


Рис. 2. Количество ясных дней и дней с переменной облачностью по районам Астраханской области.

На основании проведенного анализа климатических условий: показателей солнечной радиации и количества ясных дней и дней с переменной облачностью, а также технических характеристик ФЭУ был предложен пилотный проект системы электроосвещения офисного помещения с применением фотоэлектрических модулей. Объектом пилотного проекта является один этаж административного здания, предназначенный для размещения офисных помещений. В рамках данного демонстрационного пилотного проекта, в качестве электрической нагрузки предлагаемой автономной фотоэлектрической установки, принимается осветительная нагрузка общего офисного зала. Количество рабочих мест – 36. Офисный зал имеет боковое естественное освещение.

Для повышения рациональности потребления электроэнергии на основе применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ), предлагается систему освещения вы-

полнить комбинированной: светильники верхнего (потолочного) освещения подключить к системе централизованного электроснабжения; освещение рабочих мест осуществить с помощью локальных светильников (ЛС), устанавливаемых индивидуально на каждом рабочем месте, причём в качестве источника электроэнергии для этой группы можно рекомендовать ФЭУ. Это позволит дополнительно снизить энергопотребление из сети централизованного электроснабжения.

В состав стандартной ФЭУ входят (рис. 3): фотоэлектрические модули (солнечные батареи – СБ); контроллер заряда-разряда аккумуляторной батареи; аккумуляторные батареи (АКБ); инвертор. В расчете ФЭУ учитывались следующие условия: значение солнечной радиации на горизонтальную поверхность; период работы ФЭУ с марта по октябрь; количество часов потребления электроэнергии в день.



Рис. 3. Принципиальная схема ФЭУ

В настоящее время схема электроснабжения Астраханской области характеризуется большой централизацией электрогенерирующих мощностей и электросетевого хозяйства.

В связи с этим солнечная энергетика применительно к Астрахани может рассматриваться в трех аспектах:

1) как независимый источник питания (малой мощности), работающий на аккумулятор, но, тем не менее, для административных зданий (больниц, школ, детских садов и др.) он может быть использован в качестве резервного источника электроснабжения в случаях аварийного отключения питания энергосистемы;

2) как основной надёжный источник электроэнергии при комбинированной выработке – для отдалённых малых поселений, ферм, коттеджей, отдельных домов, расположенных далеко от крупных центров питания или системы районных электросетей;

3) как энергоснабжающее мероприятие, снижающее расход органического топлива, и, соответственно, вредных выбросов от его сжигания, что ведёт к улучшению экологической ситуации в регионе.

При реализации проекта установки ФЭУ (солнечных энергетических установок) по всей территории Астраханской области возникает проблема присоединения к сетям

энергоснабжающих и энергосбытовых организаций. При присоединении источников электропитания малой мощности, во-первых, необходима синхронизация их работы с энергосистемой в связи с технической особенностью генерации нетрадиционных источников энергии – зависимостью мощности вырабатываемой электроэнергии от изменения во времени потенциала источника энергии, что влечёт за собой неравномерность поступления в систему энергии от ФЭУ; во-вторых, возникает проблема динамической системной устойчивости параллельной работы малых генераторов с системой при обеспечении режима напряжения и устойчивости нагрузки в энергосистеме.

Анализ климатических условий Астраханской области подтверждает высокую перспективность использования ФЭУ на её территории. Стоимость реализации проектов электроснабжения с использованием ФЭУ на данный момент достаточно высока. Данный вывод, прежде всего, относится к объектам, расположенным в зоне действия централизованного электроснабжения. Однако, перспективность подобных проектов с учётом экологической и энергетической напряженности в местах, где отсутствует возможность присоединения к электросетям, но существует потребность в маломощных автономных системах электрообеспечения, не вызывает сомнения.

УДК 621.313.13

МИНИАТЮРНЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ – КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Беспалов В.Я., Володин А.М.

МЭИ (технический университет), Москва.

Планарные электрические двигатели – микродвигатели нового типа, создаваемые на базе технологий, применяемых в микроэлектронике.

Мощности планарных электрических микродвигателей - порядка 10^{-6} - 10^{-5} Вт, но возможно и их повышение до значений нескольких ватт за счет объединения нескольких микродвигателей. Такие мощности имеют современные маломощные индукционные, а также пьезоэлектрические двигатели, применяемые в современной точной механике. Наиболее перспективными в настоящее время считаются первые из них. Можно ожидать, что планарные микродвигатели будут иметь более высокие параметры и характеристики по точности позиционирования, глуби-

Литература

1. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов. – Выпуск 29. Ценологические исследования. – М.: Изд-во ТГУ – Центр системных исследований, 2005. – 384 с.
2. Кудрин Б.И. Введение в технетику. 2-е изд., переработанное и доп. – Томск: Изд-во Томского госуниверситета, 1993. – 552 с.
3. Кудрин Б.И. Гнатюк В.И. Заметки о Калининградской энергетике. // «Совершенствование управления электропотреблением и вузовская подготовка». Под ред. Кудрина Б.И., Гнатюка В.И. – Томск: Издательство ТГУ, 2006. – 304с.
4. Стребков Д.С. Проблемы развития солнечной энергетики. Доклад на форуме «Альтернативная энергетика – 2008», Москва, ВВЦ, 25 апреля 2008 г.
5. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.: ил.
6. Основы современной энергетики: учебник для вузов: в 2 т. под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. Том 2. Современная электроэнергетика / Под. ред. профессоров А.П. Бурмана и В.А. Строева. – 632 с., ил.

не регулирования и даже надежности, чем пьезоэлектрические двигатели.

В последние годы в связи с развитием микроэлектромеханических систем (микро-ЭМС) получили распространение емкостные двигатели весьма малых размеров. Перспективными областями применения емкостных микродвигателей в настоящее время являются: диагностика здоровья человека, точечное охлаждение компьютерных систем, измерение и контроль параметров поверхностей материалов и микро-ЭМС, трансдермальные системы доставки лекарств, кардиохирургии и др.

К основным преимуществам данных устройств, помимо малых размеров, можно отнести низкое напряжение питания, а также возможность изготовления как самих уст-

ройств, так и систем управления в одном технологическом процессе методами интегральной электроники.

В основе всего многообразия емкостных устройств лежат три основные конструкции микродвигателей: с воздушным зазором, с катящимся ротором и с подвижными пленочными элементами. К наиболее перспективным конструкциям емкостных микродвигателей относятся микродвигатели с катящимся ротором и планарные устройства, использующие электростатический накат.

В работе рассмотрены конструкции емкостных микродвигателей, обеспечивающие высокую энергетическую эффективность, и методы их изготовления. Приведены результаты моделирования процессов преобразования энергии в емкостных микродвигателях.

Применение рассматриваемых двигателей целесообразно только в области малых мощностей, так как только при этих условиях взаимная емкость может быть достаточно велика, и, соответственно, в объеме микродвигателя можно будет сконцентрировать

достаточно большую энергию электрического поля.

Для изготовления емкостных микродвигателей используются следующие технологии: микрообработка (объемное изготовление, поверхностное изготовление, травление жертвенных слоев); стандартная кремниевая технология производства интегральных схем (фотолитография, выращивание тонких пленок и напыление, влажное и сухое травление); гальванопокрытие; лазерная механическая обработка.

Сегнетоэлектрические материалы, обладающие высокими диэлектрическими свойствами, позволяют значительно повысить энергетические показатели микродвигателей.

Вследствие малых массогабаритных показателей емкостные микродвигатели обладают малой механической инерционностью и, следовательно, перспективны для применения в быстродействующих информационных системах.

УДК 621.313.333

МОДЕРНИЗАЦИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА ЭКСКАВАТОРА

Беспалов В.Я., Качалина Е.В.

МЭИ (технический университет), Москва

Данная работа посвящена модернизации электроприводов существующих мощных карьерных экскаваторов. Для этого выбрано современное и передовое техническое решение - замена привода постоянного тока по схеме Г-Д на частотно-регулируемый асинхронный. Электропромышленность не выпускает асинхронных двигателей для этой цели.

Экскаваторные двигатели служат для привода механизмов поворота, подъема, тяги экскаваторов и работают в режимах широкого регулирования частоты вращения и частых реверсов с большими кратковременными перегрузками. Экскаваторные машины должны выдерживать: линейные центробежные до 0.52 м/с^2 , для карьерных экскаваторов - до 1 м/с^2 с максимально допустимой частотой повторения перегрузок 10-12 раз в мин.; внешние вибрационные нагрузки в трех взаимно перпендикулярных направлениях; одиночные удары с ускорением $2.5g$ с повторяемостью не менее 300 раз в год.; крен и дифферент до 12° . Электродвигатели должны допускать работу при любом направлении вращения и регулировании частоты вращения от нуля до номинальной.

Цель данного исследования - исключить из состава электрооборудования экскаватора ЭКГ-10 электрические машины постоянного тока - как генераторы, так и двигатели, освободив, таким образом, службу эксплуатации от обслуживания щеточно-коллекторных узлов.

Замене подлежат: пятимашинный агрегат постоянной скорости, возбудители генераторов, электрические двигатели главных приводов подъема, напора, поворота и хода (исключая двигатель открывания днища ковша), пульт управления и контроллеры управления главными электроприводами.

Стоимость новой системы электропривода не должна существенно превышать стоимость заменяемой системы. Модернизированное оборудование новой системы должно разместиться на платформе экскаватора на месте заменяемого оборудования, обеспечив возможность надлежащего обслуживания.

Режимы работы электрических машин и преобразователей, их нагрузки, технологические требования к электроприводам, климатические требования к оборудованию, требования защиты и безопасности по отноше-

нию к обслуживающему персоналу сохраняются.

Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ) с двухфазным выходным напряжением проще и дешевле, чем с трехфазным. Поэтому было признано целесообразным спроектировать не только трехфазные АД, но и двухфазные.

Сейчас нет серийно выпускаемых асинхронных двигателей для главных приводов экскаваторов. В работе проведено многовариантное проектирование трехфазных и

двухфазных асинхронных двигателей в заданных габаритных и установочно-присоединительных размерах.

Выполненные проектные расчеты показали возможность изготовления частотно-регулируемых асинхронных двигателей в габаритах используемых в экскаваторах двигателей постоянного тока. Использование пространства, где был расположен коллектор, позволило увеличить полезную мощность асинхронной машины приблизительно на 10%.

УДК 621.313.333

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Беспалов В.Я., Лафишев М.А., Нгуен Хонг Мань

МЭИ (технический университет), Москва

В настоящее время самыми современными и распространенными электроприводами являются электроприводы, в которых используются частотно-регулируемые асинхронные двигатели (АД). Достижения последнего десятилетия в области силовой электроники и микропроцессорной техники привели к созданию мощных, надежных преобразователей частоты, позволяющих реализовать наиболее гибкий и энергетически выгодный способ регулирования скорости АД с изменением частоты питающего напряжения.

В настоящее время весьма актуальной задачей является исследование динамических процессов в частотно-регулируемых асинхронных двигателях (АД). В работе рассмотрена математическая модель частотно-регулируемого асинхронного двигателя с учетом потерь в стали, насыщения и поверхностного эффекта в стержнях ротора. Модель может использоваться как для решения задач анализа, так и для синтеза динамических процессов в асинхронном электроприводе с управлением от преобразователя частоты, формирующего на выходе напряжение с частотой модуляции, существенно (как минимум на порядок) превосходящей частоту основной гармоники переменных, что позволяет рассматривать «медленные» процессы независимо от «быстрых».

Приведены основные результаты разработки динамических моделей асинхронного двигателя, питаемого от преобразователя частоты, с учетом потерь в стали от гистерезиса и вихревых токов, насыщения участков магнитной системы двигателя основным магнитным потоком и потоками рассеяния, эффекта вытеснения тока в стержнях короткозамкнутой обмотки ротора. Важность учета потерь в стали, по крайней мере при рабо-

те АД с нагрузками, не превышающими номинальную, определяется существенным вкладом этих потерь в суммарные потери машины. Так, для АД серии 4А потери в стали могут составлять более 20% от полных потерь номинального режима и более 50% от полных потерь холостого хода. Неучет этих потерь при анализе энергетических характеристик привода приводит к существенным погрешностям. Небольшое влияние потери в стали оказывают также на величину и взаимную ориентацию обобщенных векторов электромагнитных переменных АД (напряжения, токов, потокосцеплений) в статических и динамических режимах работы.

Разработанная модель использована для расчета основных показателей в динамических и статических режимах при изменении частоты по закону $U/f = \text{const}$.

Литература

1. **Костюк В.А.** Основы частотного управления асинхронными двигателями. Омск.: Издательство ОмГТУ, 2004. – 2 с
2. **Шрейнер Р.Т.** Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. – 654 с.
3. **А.Б. Виноградов, А.Е. Круглов.** Динамическая модель частотно-управляемого асинхронного двигателя с учетом потерь в стали и насыщения // Тез.докл. Междунар. научно-техн. конф. «Состояние и перспективы развития электротехнологии», том 1.- Иваново, 4-6 июня 2003.- с.226.
4. **Копылов И.П.** Математическое моделирование электрических машин – М.: Высш. шк., 2001.- 327с.

УДК 621.313

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ И СИНХРОННЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ НА ПРИМЕРЕ ПЕРМСКОЙ ГРЭС

Котеленец Н.Ф., Марков А.Ю.

МЭИ (технический университет), Москва

Эксплуатируемые сегодня на тепловых и гидравлических станциях синхронные турбо- и гидрогенераторы традиционных типов не всегда удовлетворяют новым требованиям, обусловленным сложившимися к настоящему времени особенностями режимов энергосистем, в частности, связанными с необходимостью решения проблемы поддержания нормативных уровней напряжения в электрических сетях.

Также не менее важными и все более актуальными являются проблемы повышения устойчивости и надежности работы электроэнергетических систем в целом с учетом тенденции к увеличению перетоков мощности по существующим линиям электропередач и обеспечения транспорта электроэнергии на значительные расстояния.

Так, например, устойчивость синхронных турбогенераторов (СТГ) и компенсаторов определяется величиной угла между ЭДС машины и вектором напряжения приемной энергосистемы. С увеличением протяженности линий электропередачи растет значение этого угла и становится все труднее обеспечивать устойчивость их работы. В аварийных и послеаварийных режимах эти проблемы еще более усложняются, так как при прочих равных условиях значения упомянутых углов возрастают.

Одним из эффективных средств решения данных задач является применение на электростанциях асинхронизированных турбогенераторов (АСТГ).

В качестве типичной электростанции для углубленного анализа целесообразности применения АСТГ исследовалась Пермская ГРЭС, для которой характерны проблемы, связанные как с повышенным уровнем напряжений, так и с недостаточным запасом по динамической устойчивости, особенно в режимах с потреблением реактивной мощности. Исследования проведены в режимах

зимнего максимума и летнего минимума нагрузки. Расчеты проводились на моделях, разработанных в программной среде MATLAB Simulink с подробным математическим описанием электрических машин станций. Для решения поставленной задачи:

- определены области допустимых рабочих режимов СТГ и АСТГ с учетом ограничений по номинальным значениям токов статора и ротора и ограничений по статической и динамической устойчивости в условиях работы на ПГРЭС;

- выполнен анализ установившихся режимов работы станции при замене СТГ на АСТГ с точки зрения расширения диапазона регулирования реактивной мощности станции и улучшения $\cos\varphi$ СТГ.

Динамическая устойчивость станций оценивалась в результате расчетов переходных процессов при нормативных коротких замыканиях на шинах станции:

- трехфазное КЗ на шинах 220 кВ - нормативное время отключения КЗ $\Delta t_{\text{кз\_норм}} = 0,18$ с;
- двухфазное КЗ на землю на шинах 500 кВ - нормативное время отключения КЗ $\Delta t_{\text{кз\_норм}} = 0,12$ с.

Выводы:

1. Наибольшая эффективность применения АСТГ в энергосистеме достигается в тех случаях, когда в графике станции требуется работа генераторов как в режимах с выдчей реактивной мощности, так и в режимах с потреблением реактивной мощности.

2. Для эффективной нормализации уровней напряжения на Пермской ГРЭС, как в режиме зимнего максимума нагрузки, так и в режиме летнего минимума требуется замена как минимум одного СТГ типа ТВВ-800 на АСТГ типа ТЗВА-800.

УДК 621.395:623.41

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОЙ СТАЛИ ПРИ ПОЛУНЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ

*Фисенко В.Г., Соловьев А.А.**МЭИ (технический университет), Москва*

Электромагнитное перемешивание (ЭМП) жидкой стали в процессе кристаллизации необходимо для получения ее высокого качества, связанного с образованием в результате перемешивания мелкозернистой структуры.

В мировой практике в настоящее время ЭМП является неотъемлемой частью прогрессивной технологии получения высококачественных непрерывнолитых заготовок. В зависимости от требований, предъявляемых к качеству отливаемого металла, перемешивающие устройства устанавливают в различных зонах затвердевания заготовки. Как показала практика, наибольшее влияние на формирование кристаллизующейся заготовки и качество отливаемой стали оказывает электромагнитное перемешивание в области кристаллизатора, т.е. в начальной области кристаллизации.

Механизм электромагнитного перемешивания является результатом взаимодействия электромагнитных, гидродинамических, металлургических и тепловых факторов. Расчет этого многофункционального процесса чрезвычайно сложен. Его описание возможно с использованием вычислительного компьютерного комплекса, например, «ANSYS», путем построения и реализации математической модели процессов в жидкой сердцевине заготовки при ЭМП, основанной на совместном решении уравнений Максвелла, Навье – Стокса и теплопроводности.

Для математического моделирования процесса ЭМП разработаны алгоритмы расчета вращающегося электромагнитного поля и турбулентного течения жидкого сплава под действием электромагнитных сил в области индуктора. При анализе перемешивания жидкого ядра слитка сделаны некоторые упрощения в методике расчета. Влияние жидкого металла на созданное электромагнитным устройством поле незначительно (т.к. магнитное число Рейнольдса $Re_\mu \approx 0,2$, что

существенно меньше единицы). Кроме того, основное влияние на рост толщины затвердевающей оболочки слитка оказывает теплообмен на поверхности слитка и высвобождающаяся теплота фазового перехода, а не теплообмен в жидком ядре слитка. В результате, задача была существенно упрощена и разделена на несколько этапов, первым из которых является расчет электромагнитного поля, вторым – расчет затвердевания заготовки и определение геометрии расчетной области для гидродинамической задачи, а третьим – собственно гидродинамический расчет течения жидкого металла в зоне ЭМП.

Целью данной работы являются расчет и исследование электромагнитного поля в жидкой фазе круглой заготовки в наиболее ответственной области – кристаллизаторе – при полунепрерывной разливке стали.

В индукторе при ЭМП создается вращающееся электромагнитное поле, индуцирующее вихревые токи в жидкой стали, направление и величина которых зависит от направлений вектора магнитной индукции и скорости движения расплава. В результате взаимодействия поля и вихревых токов расплава возникают электромагнитные силы, которые, будучи приложенными к элементарным объемам металла, приводят их во вращение.

Численная методика расчета электромагнитного поля в поперечном сечении индуктора для неподвижной среды основана на решении уравнения Гельмгольца в двумерной постановке для комплексного векторного магнитного потенциала. Задача распределения квазистационарного электромагнитного поля решается методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS.

ТРАНСФОРМАТОР ТОКА

Дениско А.В.

МЭИ (технический университет), Москва
разователем напряжения в ток 12. В случае протекания токов вне датчика тока, магнитные поля, проходя через ось симметрии датчика наводят на вторичной и дополнительной обмотках равные ЭДС, которые взаимно уничтожаются путем встречного включения обмоток. Зависимость между выходным сигналом и измеряемым током линейная. Верхний предел измерения тока не ограничен. Конденсатор 15 служит для устранения высокочастотных наводок на обмотки.

Рассчитаем ЭДС, наводимую на обмотку 3:

Напряженность поля рассчитаем по формуле:

$$H = \frac{I}{2\pi r}, \quad (1)$$

где r - расстояние от проводника 2 до обмотки 3.

Определим магнитную индукцию:

$$B = \mu_0 H = \mu_0 \frac{I}{2\pi r} \quad (2)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ - магнитная постоянная
Магнитный поток равен:

$$\Phi = S_{\text{витка}} B = S_{\text{витка}} k \mu_0 \frac{I}{2\pi r} \quad (3)$$

где k - коэффициент пропорциональности, учитывающий геометрию вторичной обмотки.

ЭДС, наведенная в обмотке равна:

$$E = 4.44 f w \Phi = 4.44 f w S_{\text{витка}} k \mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot r} \quad (4)$$

$$\text{Т.к. } w = w' \cdot L = w' \cdot 2 \cdot \pi \cdot r, \quad (5)$$

где w' - удельная плотность витков, r - радиус обмотки.

$$E = 4.44 \cdot f \cdot w' \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot S_{\text{витка}} \cdot \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} = 4.44 \cdot f \cdot w' \cdot S_{\text{витка}} \cdot \mu_0 \cdot I \quad (6)$$

Отсюда видно, что ЭДС не зависит от радиуса обмотки, а зависит только от удельной плотности витков обмотки. Можно показать, что этот вывод справедлив и при произвольной форме контура L .

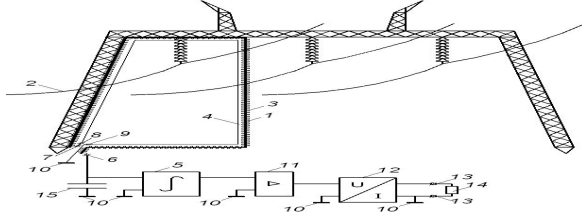
Рассмотрим влияние конденсатора 15 на угловую погрешность измерения.

Эквивалентную схему можно представить в виде:

В работе описан трансформатор тока принципиально новой конструкции с использованием пояса Роговского и электронных устройств.

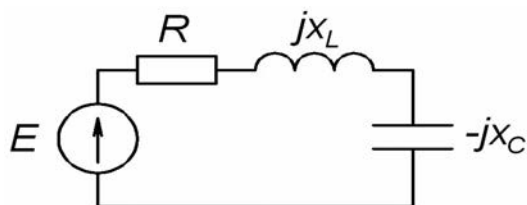
В настоящий момент в электроэнергетике используют для измерения и защиты трансформаторы тока с масляной и элегазовой изоляцией, которые имеют следующие недостатки: большая масса, необходимость фундамента для установки, взрывоопасны, плохая чувствительность к малым токам (менее 5% от $I_{\text{ном}}$), большая погрешность при больших токах (кратность тока не более 30), опасность для обслуживающего персонала (при разрыве вторичных цепей, напряжение составляет несколько киловольт), большая стоимость.

Вышеперечисленные недостатки возможно устранить только переходом на другой принцип работы трансформаторов тока.



Предлагаемый трансформатор тока содержит сердечник 1, на котором размещены первичная обмотка 2 и вторичная обмотка 3, последовательно и встречно соединенная с дополнительной обмоткой 4. К входу интегратора 5 подсоединен первый вывод 6 вторичной обмотки 3, второй вывод 7 вторичной обмотки 3 соединен с первым выводом 8 дополнительной обмотки 4, а второй вывод 9 дополнительной обмотки 4 соединен с общей шиной 10. Выход интегратора 5 соединен со входом усилителя 11. Выход усилителя 11 соединен со входом преобразователя напряжения в ток 12. К выходам 13 подсоединяется нагрузка 14. Предлагаемое устройство также содержит конденсатор 15 который подсоединен к выводу 6 вторичной обмотки 3.

Трансформатор тока работает следующим образом. По проводнику 2 течет ток I , подлежащий измерению. Ток I , протекая по проводнику 2, создает магнитный поток, который сцеплен с вторичной обмоткой 3 и индуцирует в ней производную ЭДС взаимной индукции – выходной сигнал, который интегрируется интегратором 5, усиливается усилителем 11 и преобразуется в ток преоб-



Пояс Роговского можно представить в виде источника синусоидальной ЭДС с внутренним сопротивлением R равным:

$$R = \frac{l}{S \gamma}, \quad (7)$$

где $\gamma = 57 \frac{\text{м}}{\text{О.м} \cdot \text{мм}^2}$ — удельное сопротивление меди.

и последовательно включенной индуктивностью, равной:

$$X_L = \omega L, \quad (8)$$

$$L = \frac{D^2 n^2}{45 D + 100 l} \quad (9)$$

где L — индуктивность катушки, мкГн; D — диаметр катушки, см; l — длина намотки катушки, см; n — число витков катушки.

Напряжение на конденсаторе будет равно:

$$U_C = \frac{E}{R - jX_C} \cdot (-jX_C) \quad (10)$$

Примем длину обмотки равной 10 м, удельное число витков равное 1000 вит/м, радиус витка равный 2 см, материал проводника — медь, сечение проводника — 1 мм². Подставим данные в выражение (7) и (9), получим:

$$R = \frac{l}{S \cdot \gamma} = \frac{10 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0.02}{1 \cdot 57} = 22.046 \text{ Ом} \quad (11)$$

$$L = \frac{4^2 \cdot 10000^2}{45 \cdot 4 + 100 \cdot 10} = 1.356 \text{ мкГн} \quad (12)$$

Рассчитаем индуктивное сопротивление катушки:

$$X_L = \omega L = 314 \cdot 1.356 \cdot 10^{-6} = 425.763 \text{ Ом}$$

Примем емкость конденсатора равной 0.1 мкФ, получим сопротивление:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{314 \cdot 15 \cdot 10^{-6}} = 31.847 \text{ кОм} \quad (13)$$

Подставив ЭДС равную 1В в выражение (10) получим:

$$U_C = \frac{E}{R + jX_L - jX_C} \cdot (-jX_C) = 1 \angle -0.0402^\circ = 1 \angle -2.412' \quad (14)$$

Отсюда видно, что конденсатор 15 не вносит большой угловой погрешности.

Таким образом, предложен трансформатор тока, имеющий линейную характеристику, относительно дешевый, не требующий фундамент для установки, относительно безопасен для обслуживающего персонала, не взрывоопасен, легко монтируемый.

Литература

1. Афанасьев В.В., Адоньев Н.М., Кибель В.М. и др. Трансформаторы тока — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.:Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1989. — 416 с.
2. Иванов-Смоленский А.В. — т. 1 — М.:МЭИ, 2006. — 652 с.

УДК 543.12

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО И ЦЕНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Иваничев А.В.

МЭИ (технический университет), Москва

В работе рассматриваются методы анализа параметров электропотребления предприятий черной металлургии за 21 год предыстории на основе использования ценологического подхода к методам исследования больших технических систем (техноценозов) с применением кластерного анализа.

Точность прогноза электропотребления существенно определяет объемы капиталовложений, необходимых для сооружения системы электроснабжения строящегося предприятия, поэтому необходимо определение параметров электропотребления на начальных стадиях инвестиционного проектирования. Комплексный метод анализа параметров электропотребления опирается на информационную базу данных, системное описание электрического хозяйства, прогнозирование общих и удельный расходов электроэнергии, используется предыстория раз-

вития рассматриваемого предприятия и аналогичных производств.

Исходными данными работы являются показатели электропотребления предприятий черной металлургии за 21 год предыстории — с 1970 г. по 1990 г. Основой ценологического подхода является применение рангового анализа, который основывается на ранговом распределении как одной из разновидностей семейства гиперболических распределений. Ранговый анализ — метод исследования больших технических систем, имеющий целью их статистический анализ и оптимиза-

цию; в качестве основного критерия использующий форму видовых и ранговых распределений. Понятие ранговое распределение подразумевает под собой расположение элементов подмножества внутри множества [1]:

$$W(r) = \frac{W_1}{r^\beta}$$

где β и W_1 – коэффициенты регрессии.

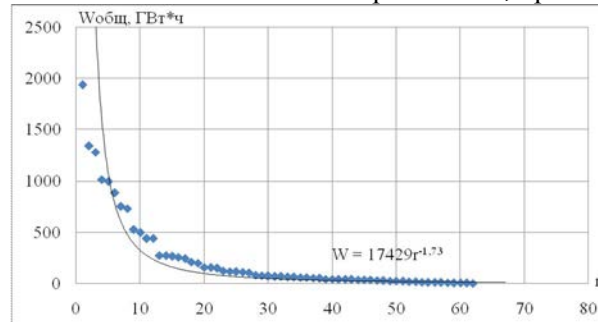


Рис. 1. Ранговое распределение предприятий по общему электропотреблению

Аналогично строятся ранговые распределения по 7 видам электропотребляемой продукции черной металлургии по каждому году (с 1970 по 1990 г.), которые включают в себя: прокат, чугун, электросталь, кокс, метизы, огнеупоры, конвертерная сталь. Определяются параметры распределения, к которым относится характеристический коэффициент β , характеризующий степень крутизны рангового распределения, и W_1 – фактическое (экспериментальное) значение первой точки. Предполагается, что характеристический коэффициент идеального распределения находится в пределах $0,5 \leq \beta \leq 1,5$. Система показателей и параметров распределения отражает связи между элементами внутри сис-

Покажем ранговое распределение по параметру на примере статистических данных по общему электропотреблению прокатного производства предприятий черной металлургии (рис. 1) за 1990 г. Первый ранг присваивается предприятию, имеющему наибольшее общее электропотребление, второй – предприятию с наибольшим электропотреблением, кроме первого и т. д.

темы, поэтому по близости этих величин можно судить о сходстве систем, применительно к рассматриваемой проблеме можно будет говорить о приблизительно одинаковом электропотреблении различных предприятий, которые выпускают один и тот же вид продукции.

Динамику временных рядов ранговых коэффициентов можно изучать в долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективе. Структура электрических показателей обладает устойчивостью даже при неполноте исходных данных и временные ряды ранговых коэффициентов также обладают устойчивостью (рис. 2).

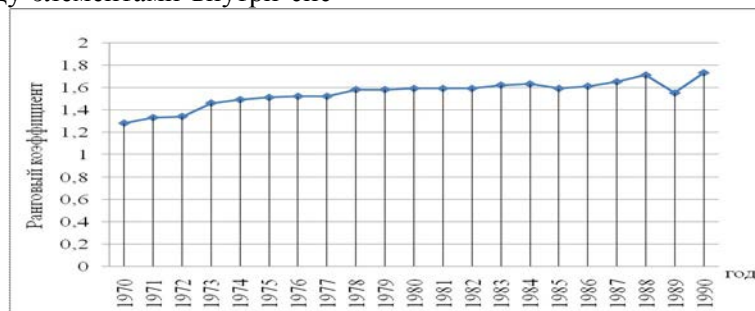


Рис. 2. Динамика рангового коэффициента по общему электропотреблению прокатного производства с 1970 г. по 1990 г.

Методика прогнозирования электропотребления заключается в определении расчетных параметров рангового распределения. По характеристическому показателю β можно оценивать устойчивость структуры техноценоза и прогнозировать численные значения как в периоды стабильной работы предприятия, так и при существенных изменениях [2]. Таким образом, используя ранговый анализ по параметру, можно не только определить прогнозное значение электропотребле-

ния по предприятию или производству какого-либо вида продукции по отрасли в целом, но и, задав объем производства, вычислить ранговый коэффициент объема выпускаемой продукции β_v проектируемого предприятия. При определении параметров электропотребления по указанным видам продукции необходимо учесть резкие изменения потребляемой электроэнергии при введении новых станков, печей ДСП и других агрегатов, что позволит проанализировать динамику расхо-

да энергии, т.к. ввод нового агрегата ведет за собой целую цепочку вспомогательных операций, которые в итоге повлияют на расход электрической энергии.

Нормирование параметров электропотребления осуществляться с помощью кластер-анализа. Кластер-анализ – способ группировки многомерных объектов, основанный на представлении результатов отдельных наблюдений точками подходящего геометрического пространства с последующим выделением групп как "сгустков" этих точек. Кластерный анализ позволяет на определенном этапе выделить группы объектов со сходными показателями электропотребления. Параметры объектов внутри кластера будут подчиняться нормальному распределению.

Кластер-анализ реализуется на примере прокатного производства по одному параметру (электропотребление) и двум параметрам (электропотребление в зависимости от объемов продукции). По результатам анализа объекты разбиваются на кластеры по сходному электропотреблению и объему выпускаемой продукции.

УДК 625.745.9

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ЗАМЕНЕ МЕДНЫХ ПРОВОДОВ НА СТАЛЬНЫЕ ИЛИ СТАЛЕАЛЮМИНИЕВЫЕ

Козьмина И.С., Грамма С.В., Матекова Г.Д.
МЭИ (технический университет), Москва
КГТУ им.И.Раззакова**

Проведен анализ изменения потерь активной мощности (увеличение) при замене алюминиевых и медных проводов на стальные и сталеалюминиевые. Самые большие потери наблюдаются в стальных проводах, но они компенсируются их механической прочностью. Применение стальных проводов оправдано для выполнения больших пролетов воздушных линий передач в горных районах.

Провода воздушных линий в основном изготавливаются из алюминия и его сплавов и реже, когда по тем или иным показателям невозможно применение алюминиевых проводов, из меди и ее сплавов. В отдельных случаях, когда появляются дополнительные силовые нагрузки (камнепад, оледенение), оказывается необходимым применение стальных и сталеалюминиевых проводов.

В горных районах возникает проблема замены старых алюминиевых проводов воздушных линий на стальные и сталеалюминиевые, поэтому необходимо оценить потери активной мощности при замене марок проводов.

Техническая задача исследования и расчета активной мощности в линии электропередачи при замене медных и алюминиевых проводов на стальные и сталеалюминиевые имеет несколько способов решения:

Таким образом, разработка методики определения параметров электропотребления имеет непосредственную практическую направленность для проектирования систем электроснабжения новых предприятий на начальных стадиях инвестиционного проекта, с её помощью можно достаточно точно определить какое количество электрической энергии будет затрачено для производства определенного объема запланированного выпуска продукции, также судить о числе цеховых ТП и числе трансформаторов на ГПП.

Литература

1. Кудрин Б.И. Введение в технетику. 2-е изд., переработанное и доп. – Томск: Изд-во Томского госуниверситета, 1993. – 552 с.
2. Кудрин Б.И., Жилин Б.В., Лагуткин О.Е., Ошурков М.Г. Ценологическое определение параметров электропотребления многономенклатурных производств. – Тула: Приок. кн. изд-во, 1994. – 122 с.

- возможно решение описывающих уравнений мощности с помощью функций Бесселя;

- возможно решение описывающих уравнений мощности с помощью численных методов (метод конечных элементов);

- возможно решение описывающих уравнений мощности прикладными техническими методами (на основе Уравнения Джоуля – Ленца [1]).

Естественно первый метод дает очень точный результат, но и очень трудоёмок.

В тоже время возможно очень точное решение с помощью 2 метода, особенно с применением современных вычислительных средств. В этом случае мы имеем минимальную погрешность численных методов вычисления, но в тоже время с применением специального программного обеспечения (Quick Field, Elmer, FreeFEM++, Gerris) процесс вычисления значительно упрощается.

Прикладные методы решения имеют погрешность метода до 5%.

Мощностью электрической станции является суммарная мощность трех фаз линии электропередачи. Рабочим напряжением линии является линейное напряжение U (ГОСТ 721-77). Полная мощность трехфазной линии определяется как произведение комплексного значения напряжения на комплексно-сопряженное значение тока. В соответствии с этим полная мощность определяется как

$$\dot{S} = 3 \dot{S}_{\phi} = 3 \dot{U}_{\phi} \dot{I} = \sqrt{3} \dot{U} \dot{I} \quad (1)$$

Исследования и расчет изменения потерь активной мощности проводились для участка воздушной линии длиной 800 м, питающейся от электростанции мощностью 30 МВт с номинальным напряжением 110 кВ при замене марок проводов. Участок линии находится в районе, подверженном сильному камнепаду, поэтому медные провода целесообразно заменить более прочными стальными или сталеалюминевыми.

Расчет проводился для различных вариантов:

- первый вариант: во всех трех фазах линии электропередачи - провод марки М-70;
- второй вариант: во всех трех фазах линии электропередачи - провод марки ПС-70;
- третий вариант: во всех трех фазах линии - провод марки ПС-95;
- четвертый вариант: во всех трех фазах линии - провод марки СА-95.

По мощности и линейному напряжению определяем действующее значение фазного тока в линии по формуле (1) $I_{\phi}=157,5 \text{ А}$.

Результаты расчета для первого варианта разогрев провода марки М-70 при протекании по нему рабочего тока $I_{\phi}=157,5 \text{ А}$ происходит на $\Delta t = 10^{\circ}$ относительно температуры окружающей среды 25°С . При таком разогреве погонное сопротивление медного провода увеличится и будет равно $R_0 = 2,56 \times 10^{-4} \text{ ом / м}$. Потери активной мощности на участке трехфазной линии длиной 800 м будут равны $\Delta P = 15,48 \text{ кВт}$.

Второй вариант расчета. Заменим медные провода проводами марки ПС-70. Разогрев провода марки ПС-70 при протекании по нему рабочего тока $I_{\phi}=157,5 \text{ А}$ происходит на $\Delta t = 75^{\circ}$ относительно температуры окружающей среды 25°С . При таком разогреве погонное сопротивление стального провода

ПС-70 увеличится и будет равно $R_0 = 2,5 \times 10^{-3} \text{ ом / м}$. Потери активной мощности на участке линии с проводами марки ПС-70 длиной 800 м будут равны $\Delta P = 148,8 \text{ кВт}$.

Третий вариант расчета. Заменим медные провода проводами марки ПС-95. Разогрев провода марки ПС-95 при протекании по нему рабочего тока $I_{\phi}=157,5 \text{ А}$ происходит на $\Delta t = 60^{\circ}$ относительно температуры окружающей среды 25°С . При таком разогреве погонное сопротивление одного стального провода марки ПС-95 увеличится и будет равно $R_0 = 1,9 \times 10^{-3} \text{ ом / м}$. Потери активной мощности на участке линии с проводами марки ПС-95 длиной 800 м будут равны $\Delta P = 113,1 \text{ кВт}$.

Четвертый вариант. Все медные провода заменяют сталеалюминевыми проводами марки СА-95. Разогрев провода марки СА-95 при протекании по нему рабочего тока $I_{\phi}=157,5 \text{ А}$ происходит на $\Delta t = 22^{\circ}$ относительно температуры окружающей среды 25°С . При таком разогреве погонное сопротивление сталеалюминевых проводов марки СА-95 увеличится и будет равно $R_0 = 3,6 \times 10^{-4} \text{ ом / м}$. Потери активной мощности на участке трехфазной линии длиной 800 м будут равны $\Delta P = 23,8 \text{ кВт}$.

Результаты расчета потерь активных мощностей на участке трехфазной линии длиной 800 м при различных марках проводов сведены в таблицу.

По результатам тепловизионного измерения наблюдается повышение температуры стального провода по отношению к проводу из алюминия или меди.

По рассчитанным тепловыделениям определены температуры нагрева поверхности провода относительно окружающей среды.

Разогрев стального провода происходит из-за того, что, во-первых, омическое сопротивление стали на порядок больше сопротивления алюминия, следовательно, увеличиваются потери активной мощности и увеличивается температура нагрева. Во-вторых, сталь провода – магнитный материал, который помещается в магнитное поле соседнего провода, в результате чего в стали происходит явление переманчивания и возникают наведенные (индуцированные) внешним полем вихревые токи, что в свою очередь увеличивает суммарный ток, протекающий через

провод, а это приводит к увеличению потерь активной мощности.

Самые большие потери наблюдаются в стальных проводах, но они компенсируются их механической прочностью. Применение стальных проводов оправдано для выполнения

больших пролетов воздушных линий передач в горных районах, подверженных частым камнепадам и сильным снегопадам. Разогрев стального провода позволяет избавиться от еще одной проблемы наледи на проводах при обильных снегопадах.

Таблица

№	Марка провода	Входная мощность цепи кВт	Рабочий ток А	Температура нагрева провода °С	Погонное сопротивление провода Ом/м	Мощность цепи (800м) кВт	Мощность линии (800м) кВт
1	М-70	30	157,5	35	$2,6 \times 10^{-4}$	15,48	15,48
2	М-70	15	78,75	27	$2,53 \times 10^{-4}$	3,8	7,6
	М-70	15	78,75	27	$2,53 \times 10^{-4}$	3,8	
3	ПС-70	30	157,5	100	$2,5 \times 10^{-3}$	148,8	148,8
4	ПС-70	23,8	125	70	$2,21 \times 10^{-3}$	82,9	82,9
5	ПС-95	30	157,5	85	$1,9 \times 10^{-3}$	113,1	113,1
6	ПС-95	25,7	135	70	$1,8 \times 10^{-3}$	78,7	78,7
7	ПС-70	13,4	70,3	40	$1,94 \times 10^{-3}$	23	51,5
	ПС-95	16,6	87,2	43	$1,56 \times 10^{-3}$	28,5	
8	СА-95	30	157,5	47	$0,36 \times 10^{-3}$	23,5	23,5
9	СА-95	15	78,5	30,5	$0,33 \times 10$	4,9	9,8
	СА-95	15	78,5	30,5	$0,33 \times 10$	4,9	
10	АС-95/16	30	157,5	35	$0,31 \times 10$	17,9	17,9
11	АС-95/16	15	78,5	28	$0,29 \times 10$	4,5	9,0
	АС-95/16	15	78,5	28	$0,29 \times 10$	4,5	

Литература

1. Бутырин П.А., Козьмина И.С., Миронов И.В. Основы компьютерных технологий электротехники. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 112с.
2. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. изд. 3-е. Л.; Энергоиздат, 1981. т.2. 416с.

3. Демирчян К.С., Чечурин В.Л. Машинные расчеты электро-магнитных полей. – М. Высшая школа, 1986г, 240с.

4. Кудин В.Н., Кузовкин В.А. Учебное пособие по курсу «Теоретические основы электротехники»: Численные методы расчеты электрических и магнитных полей – М.: Моск.энерг.ин-т, 1986, 77с.

УДК 711.77

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПОГОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ПРОВОДОВ МАРОК АС-95/16, СА-95, ПС-70, ПС-95, М-70, АП-640 Козьмина И.С., Симуткин М.Г., Асанова С.М.*

МЭИ (технический университет), Москва

*КГТУ им. И.Раззакова.

Проведен анализ изменения погонных параметров и потерь активной и реактивной мощностей воздушных линий, при замене алюминиевых и медных проводов на стальные и сталеалюминевые. Самые большие потери наблюдаются в сталеалюминевых проводах, но они компенсируются их механической прочностью и достаточно небольшим весом по сравнению с стальными. Применение сталеалюминевых проводов оправдано для выполнения воздушных линий передач в горных районах.

Для изготовления проводов воздушных линий в основном применяются алюминий и его сплавы, реже медь и ее сплавы. В отдельных случаях необходимо применять стальные и сталеалюминевые провода.

Алюминиевые провода изготавливаются из холоднокатаной алюминиевой проволоки, которая имеет удельное активное сопротивление $29.5 - 31.5 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$.

Алюминиевые проволоки имеют низкий предел напряжения усталости и поэтому подвержены изломам при вибрации проводов. Стойкость алюминиевых проводов к химическому воздействию высока благодаря прочной пленке окиси алюминия, покрывающей проволоку. Для увеличения прочности проводов используют сталеалюминевые провода. В сталеалюминевых проводах возможно развитие электрохимической коррозии алюминия в присутствии стали, если в воздухе имеются химические соединения хлора.

Вместе с тем в настоящее время алюминий является основным экономически целесообразным металлом для изготовления проводов в целом или их токоведущих частей.

Медные провода изготавливаются из холоднокатаной медной проволоки, которая имеет удельное активное сопротивление $17.8 - 18.5 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$.

Медная проволока нехрупкая, поверхностная пленка окиси меди надежно защищает провод от дальнейших коррозионных и химических воздействий, но медь дефицитна, и поэтому медные провода применяются лишь в тех случаях, когда невозможно применение алюминиевых или сталеалюминевых проводов.

Стальные провода обладают большими активными сопротивлениями, что приводит к повышенным потерям мощности, электроэнергии и напряжения в линиях.

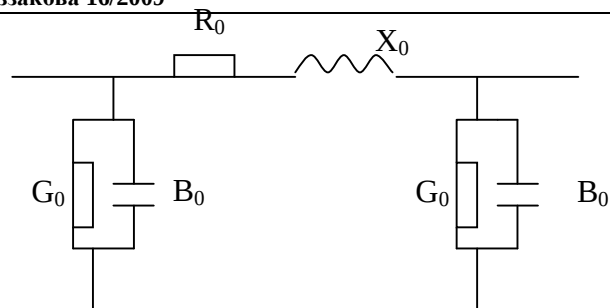
К недостаткам стальных проводов относится и их повышенная коррозионность в природных условиях. Применение стальных проводов оправдывается для выполнения особенно больших пролетов переходов линий через широкие водные пространства, в горных районах.

Во всех высоковольтных линиях используются многопроволочные провода, основными преимуществами которых являются большая надежность в эксплуатации и большая гибкость.

Конструкция многопроволочных проводов из двух металлов создана с целью сочетания высокой механической прочности стальных проволок с хорошей электрической проводимостью алюминиевых проволок. Из проводов такого типа наибольшее распространение получили сталеалюминевые провода, которые имеют относительно невысокую стоимость и хорошие механические и электропроводящие свойства.

В высоковольтных линиях на поверхностях проводов возникают высокие напряжения электрического поля, приводящие к электрическому разряду "провод-воздух". Одним из основных способов снижения напряженности поля на проводах линий является искусственное повышение диаметра провода сверх того, который требуется для экономически целесообразной передачи электроэнергии (по площади поперечного сечения токоведущей части провода). Повышение диаметров проводов без повышения расхода проводникового материала может осуществляться применением полых проводов типа АП-640.

Линии электропередачи представляют собой цепи с распределенными по длине параметрами и характеризуются погонными параметрами. Рассмотрим математическую модель участка реальной линии, представив его схемой замещения в виде симметричного П-образного четырехполюсника (Рис.1).

Рис.1. R_0 , G_0 – активные погонные сопротивления

проводимости линии; X_0 – индуктивное погонное сопротивление, B_0 – емкостная погонная проводимость.

Активное сопротивление проводов называется их сопротивлением переменному току, определенное с учетом поверхностного эффекта, наличия продольного магнитного потока, потерь в сердечнике и скрутки проводов. Активное сопротивление проводов меняется при их нагреве или охлаждении, обусловленном изменением протекающего по ним тока и температуры окружающей среды.

Магнитное поле, возникающее вокруг и внутри провода, определяет его индуктивное сопротивление. В рассматриваемом нами случае погонное индуктивное сопротивление фазы линии X_0 определяется по выражению $X_0 = \omega L_0$, где L_0 – погонная эквивалентная индуктивность фазы, а $\omega = 2\pi f$ – угловая частота переменного тока.

Под действием электростатического поля между проводами фаз, а также между проводами и землей возникают токи смещения, изменяющиеся по синусоидальному закону и практически не имеющие активной составляющей, так как потери, связанные с переориентацией диполей диэлектрика, ничтожно малы. Значения этих токов определяются частичными емкостями между каждой из фаз и землей. Результирующий зарядный ток фазы определяется погонной рабочей емкостью линии C_0 , которой соответствует погонная емкостная проводимость $B_0 = \omega C_0$.

Электростатическое поле линии вызывает коронирование, т.е. ионизацию слоя воздуха вблизи поверхностей проводов фаз. Затраты активной мощности на явление короны в схеме замещения учитываются введением погонной активной проводимости линии G_0 .

В воздушных линиях с неращепленной фазой при напряжении 110 кВ потери на ионизацию и зарядные токи малы, поэтому их схемы замещения не содержат поперечных ветвей с активной и емкостной проводимостями.

Для исследования и анализа были рассчитаны погонные активные и реактивные сопротивления в проводах марок АС-95/16, СА-95, ПС-70, ПС-95, М-70, АП-640. Расчет производился при температуре провода 20°C и при температуре 70°C, которая соответствует режиму протекания по проводам номинального тока. По результатам расчета сопротивлений определены потери активной и реактивной мощностей.

Расчеты для провода АП-640 проводились при трех значениях тока 600 А, 1000 А и 2000 А. Результаты расчетов сведены в таблицу. По полученным результатам можно сделать вывод, что многопроволочные сталеалюминевые имеют наибольшие потери активной мощности, но они обладают повышенной механической прочностью и гибкостью, что делает целесообразным их применение при прокладке воздушных линий электропередач в высокогорье.

Марка провода, Номинальное значение тока	Омическое сопротивление провода R при $t=20^\circ\text{C}$ Ом/м	Омическое сопротивление провода R при $t=70^\circ\text{C}$ Ом/м	Индуктивное сопротивление провода X_L Ом/м	Потери активной мощности в трехпроводной линии ΔP Вт/м	Потери реактивной мощности в трехпроводной линии ΔQ ВАР/м
АС-95/16 $I_n=330\text{A}$	$0.289 \cdot 10^{-3}$	$0.347 \cdot 10^{-3}$	$0.42 \cdot 10^{-3}$	113.37	137.22
СА-95 $I_n=280\text{A}$	$0.273 \cdot 10^{-3}$	$0.328 \cdot 10^{-3}$	$0.899 \cdot 10^{-3}$	77.16	211.45

ПС-70 $I_H=125A$	$1.7 \cdot 10^{-3}$	$2.21 \cdot 10^{-3}$	$0.7 \cdot 10^{-3}$	103.59	32.8
ПС-95 $I_H=135A$	$1.37 \cdot 10^{-3}$	$1.8 \cdot 10^{-3}$	$0.796 \cdot 10^{-3}$	98.43	43.52
М-70 $I_H=337A$	$2.46 \cdot 10^{-4}$	$0.3 \cdot 10^{-3}$	$0.453 \cdot 10^{-3}$	102.3	154.34
АП-640 $I_H=600A$ $I=1000A$ $I=2000A$	$4.5 \cdot 10^{-5}$	$t=31^\circ C$ - $4.7 \cdot 10^{-5}$ $t=36^\circ C$ - $4.8 \cdot 10^{-5}$ $t=69^\circ C$ - $5.4 \cdot 10^{-5}$	$0.288 \cdot 10^{-3}$	50.76 144 651.6	311.04 864 3456

Литература

1. Бутырин П.А., Козьмина И.С., Миронов И.В. Основы компьютерных технологий

электротехники. –М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 112с.

2. Демирчян К.С., Чечурин В.Л. Машинные расчеты электро-магнитных полей. – М. Высшая школа, 1986г, 240с.

УДК 621.313

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЬНО-РЕАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН (ВРМ)

Кузнецов В.А., Кузьмичев В.А., Марков А.С.
МЭИ (технический университет), Москва

Анализируются особенности расчета пондеромоторных усилий в электромеханических устройствах с двойной зубчатостью магнитных сердечников, питаемых несинусоидальными токами. Предлагается комбинированный метод определения усилий в реактивных электрических машинах на основе линеаризованных моделей при несимметричном питании обмоток.

Электромагнитные нагрузки играют решающую роль при проектировании электрических машин различных типов. Ими определяются электромагнитный момент и в сочетании с тепловыми процессами массогабаритные показатели машины. Эту зависимость можно хорошо проследить при использовании постоянной Арнольда, которая часто применяется при предварительных расчетах электрических машин. Вентильно-индукторная машина (ВИМ) в отличие от основных традиционных типов электромеханических преобразователей энергии, характеризуется резко несинусоидальным изменением во времени токов и потоков. Использовать при их проектировании классические методики, базирующиеся на допущении о синусоидальном характере распределения поля в воздушном зазоре, мало перспективно. В ВИМ электромагнитный момент зависит, главным образом от азимутально-ориентированных пондеромоторных сил взаимодействия зубцов статора и ротора. Они же влияют на основные характеристики машины, такие как номинальный момент и мощность. Сами же азимутальные усилия зависят от МДС фазы катушки ВИМ.

Задача выбора электромагнитных нагрузок достаточно сложна в силу своей мно-

гофакторности. Практикой проектирования электрических машин установлены рекомендуемые значения электромагнитных нагрузок, а именно индукции в зазоре B_δ и линейной нагрузки A . Для каждого типа машин эти величины имеют различные значения в весьма широком диапазоне. Что касается выбора этих нагрузок в ВИМ, то конкретных значений не установлено. Только замечено, что в ВИМ электромагнитные нагрузки могут быть выбраны несколько выше, чем у обычных асинхронных двигателей [1]. Цель данной работы состоит в рассмотрении особенностей влияния на ПС магнитодвижущей силы катушки статора ВИМ при диаметрально расположенных согласно включенных катушек фазы с учетом нелинейных характеристик стальных сердечников ВИМ и симметричной коммутации фаз.

Ключевым этапом при проектировании и анализе электромеханических устройств является определение механических усилий, моментов, рассчитываемых по пондеромоторным силам (ПС).

Относительная простота определения ПС в однородном немагнитном пространстве не может быть применимой в присутствии нелинейных в магнитном отношении ферро-

сред, характерных для электромеханических преобразователей (ЭМПР) с весьма прихотливой конфигурацией. Сама задача расчета ПС в классической её постановке, – определить ПС, действующие между ферромагнитными телами в присутствии магнитных полей, – была поставлена Дж. К. Максвеллом [2]. Исходя из представлений КЖ.Л. Лагранжа, Максвелл предложил вытекающих из закона сохранения энергии три способа расчета объемных и поверхностных ПС, действующих в нелинейных, анизотропных, поляризованных средах.

Наиболее фундаментальным и, безусловно, бесспорным подходом является Энергетический метод, прямо следующий из закона сохранения энергии. Согласно этому методу ПС, действующая на ферромагнитное тело, находящееся в магнитном поле, в направлении единичного орта $\vec{n}$, определяется

по приращению энергии, $(-\Delta W_\varepsilon)$ или коэнергии, (ΔW_k) , при малом виртуальном перемещении Δq выбранного ферротела в направлении орта $\vec{n}$ при постоянстве либо потокоцеплений тел, либо при постоянстве токов всех электрических ветвей ЭМПР.

Определение моментов и ПС энергетическим методом далеко не всегда могут привести к удовлетворительным результатам по двум причинам. Во-первых, для достижения безупречного результата при расчете ПС в ЭМПР необходимо рассчитывать магнитное поле во всем объеме преобразователя, что выполняется далеко не всегда просто и привлекательно. Во-вторых, опыт численных расчетов магнитных полей в электрических машинах (ЭМ) свидетельствует о чрезвычайно широком диапазоне изменения магнитной проницаемости сталей магнитопроводов (в тысячи раз!) при взаимном перемещении их зубчатых сердечников.

Второй путь расчета плотностей ПС – по их объемной плотности с использованием

$$\vec{f} = [\vec{J} \times \vec{B}] - 0.5 \cdot \vec{B} \cdot \text{grad } \mu^{-1} \quad (1)$$

объединяет идеи Лоренца со специфическим описанием ПС внутри областей ферротел, особенно при наличии сильного градиента изменения магнитной проницаемости. Вто-

рой член последнего соотношения, по всей видимости может быть заметным при сильном насыщении углов зубцов магнитных сердечников ЭМ. Объемные усилия $\vec{F}_{nc}$ по плотностям ПС рассчитываются по очевидной процедуре интегрирования в объеме V

$$\vec{F}_v = \int_V \vec{f}_v dV \quad (2)$$

Как показывает даже умозрительный анализ двух упомянутых способов определения ПС, прямое их использование имеет ограниченные преимущества при необходимости анализа детальной картины усилий ПС и вызываемых ими вибромеханических и виброакустических явлений в ЭМПР. Особенно трудно точно выделить интегральные значения усилий и моментов, действующих в локальных зонах, при использовании энергетического метода. Ввиду этого, подавляющее распространение в последние два-три десятилетия получил третий подход расчета ПС – по поверхностным натяжениям в магнитном поле $\vec{T}_n$,

$$\vec{T}_n = \frac{1}{\mu} (\vec{B} \cdot \vec{B}_n - 0.5 \cdot B^2 \vec{n}) \quad (3)$$

Под натяжением, как известно, понимается сила, действующая на единицу поверхности, внешняя нормаль к которой направлена по орту нормали $\vec{n}$:

$$\vec{T}_n = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \vec{F}_S}{\Delta S} \right) \quad (4)$$

Отсюда сила, действующая на объем V , может быть выражена как

$$\vec{F}_v = \int_S \vec{T}_n dS \quad (5).$$

Расчеты электромагнитных моментов, развиваемых электромеханическими преобразователями, являются важнейшим пунктом в процессе проектирования и анализа их функционирования. Для большинства электрических машин формулы для определения моментов основаны на идее Лорцевой силы. Задача определения ПС и моментов, ими вызванных, вновь вызвала в выраженной зубчатостью сердечников статора и ротора при наличии или отсутствии демпфирующих контуров на роторе.

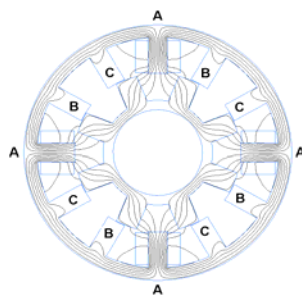


Рис. 1.

В качестве примера можно привести картину поля в вентильно-реактивной машине конфигурации 12/8 (т.е. 12 зубцов на статоре и 8 зубцов на роторе) при токе 4-х обмоток одной фазы А при неустойчивом положении ротора (Рис.1). Вряд ли при такой картине магнитного поля можно воспользоваться традиционными допущениями для расчета МДС, кривых магнитных потоков и индуцированных ЭДС, и конечно усилий на зубцы

ротора и статора. В случае представленного, так называемого, симметричного

питания данной машины магнитное поле в зоне каждого «возбужденного» зубца статора, т.е. имеющего катушку, обтекаемую током, можно рассматривать автономно, так как магнитная связь между фазами весьма мала. В данном варианте реактивная машина может быть представлена в виде семейства почти магнитно независимых клапанных реле из трех фаз, А, В, С, магнитное поле каждой фазы рассчитывается по упрощенному варианту

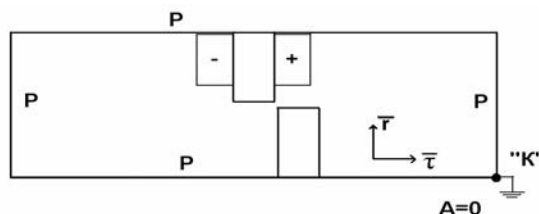


Рис.2.

По внешнему периметру Р зоны расчета магнитного поля принимается условие отсутствия тангенциальной составляющей поля,

$B_\tau = 0$, что приводит к условию второго рода для векторного потенциала А,

$$B_\tau = \left| \frac{\partial A}{\partial n} \right| = 0$$

. Векторный магнитный по-

тенциал может быть задан только в одной точке области, например, т. «К» и принят равным нулю, во всех остальных точках он рассчитывается исходя из плотности тока катушки, размещенной на зубце статора и зависит от характеристики намагничивания стальных зубцов статора и ротора.

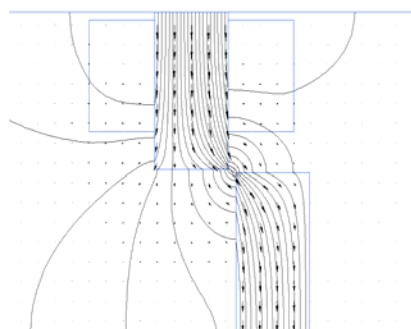


Рис. 3.

Целью данной модели с представленными двумя зубцами статора и ротора является выяснение характера магнитного поля не только в зоне пары зубцов, рис.3), но выяснение природы поля в области сближения углов зубцов. Здесь имеет место чрезвычайно сильное насыщение углов сближающихся

зубцов статора («Ст») и ротора («Р») (Рис.4) и чрезвычайно сильное падение магнитной проницаемости в этих углах. Области с одинаковыми магнитными проницаемостями («Permeability»), μ , обозначены одинаковыми буквами, от «а» до «g». В представленном частном примере проницаемости сталей из-

меняются в сотни и даже тысячи раз, что численно представлено в вертикальной таблице Рис.4, соответственно этому возрастает градиент магнитной проницаемости ($\text{grad}\mu$), определяющий объемную плотность ПС (см. выражение (1)). По программе ELCUT магнитное поле Рис.4 было рассчитано для 17 взаимных положений зубцов при плотностях токов катушки от

$$\frac{A}{7 \text{ мм}^2} \text{ до } \frac{A}{14 \text{ мм}^2}$$

и определены тангенциальные усилия ПС на зубцы (Рис.5). Конечно-элементная модель содержала 7500

узлов, время одного расчета – 7 секунд, всего проведено 68 расчетов.

Результаты расчета удельного линейного усилия F_x в тангенциальном направлении на протяжении «значимого отрезка», где происходит десятикратное изменение тангенциальной составляющей индукции B_x , представлены на Рис.6. Очевидно, что про

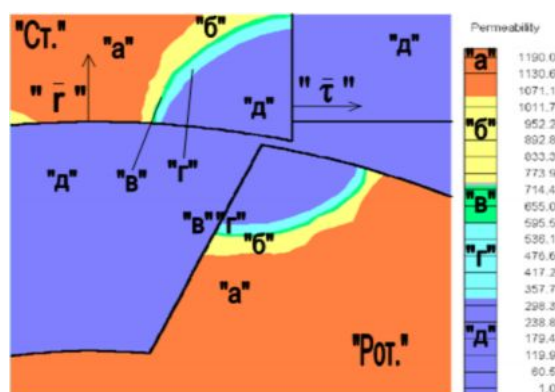


Рис.4

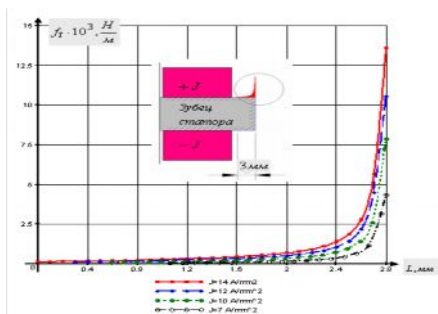


Рис.6

тяженность «значимого отрезка» возрастает с увеличением плотности тока в катушке. Для плотностей тока 7,10,12,14 ампер на миллиметр в квадрате длина «значимого отрезка», Δ , составит соответственно 1.74, 2.21, 2.50, 2.80 миллиметра. Сама тангенциальная сила

$$f_{\tau} = \frac{1}{2\mu_0} \cdot \Delta \cdot B^2$$

рассчитывалась по формуле, что по точности соответствует формуле (3). Сближение зубцов статора и ротора сопровождается возрастанием ПС. При малом их

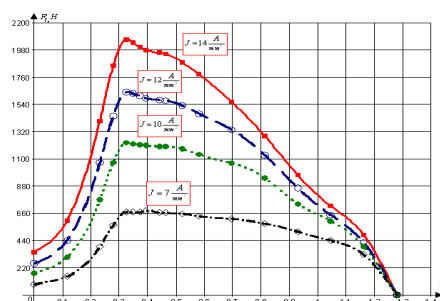


Рис. 5

взаимном перекрытии наблюдается пик тангенциального усилия (так называемый эффект Jarret), который определяется, по всей видимости, чрезвычайно сильным насыщением сближающихся углов зубцов. Дальнейшее их перемещение приводит к постепенному снижению ПС, что объясняется общим насыщением сердечников. При согласованном положении зубцов тангенциальное усилие равно нулю. Для положения $x/bz=0.325$ из (Рис.5), где наблюдается пик усилий,

строилась эпюра азимутального усилия вдоль радиально-ориентированной боковой стенки зубца статора. При тех же четырех значениях плотностей тока находились суммарные тангенциальные усилия на зубец

3. Линеаризация математической модели вентильно-реактивных машин.

Численные методы расчета и анализа ВРМ не на всех этапах представляют собой оптимальный способ анализа. Весьма часто, особенно при необходимости предварительной оценки особенностей и преимуществ разрабатываемых установок и приводов желательнее рассмотреть перспективы предполагаемых решений с помощью более экономных способов, не связанных с тщательным расчетом магнитных полей и анализом процессов в нелинейных магнитных и электрических цепях. Поступаясь на предварительных этапах некоторой степенью точности, можно приближенно оценить перспективность того или иного выбора.

В силу своей специфики ВИМ дают такую возможность, порождая особностями своего принципа действия и питания своих обмоток. Прежде всего, для них характерны обмотки, выполняемые в виде сосредоточенных катушек, размещаемых в соседних пазах и охватывающих один зубец. Взаимное влияние разных фаз у них меньше, чем у обычных барабанных обмоток.

Работа ВРМ на основе реактивного момента приводит к тому, что при совпадении

осей зубцов ротора и статора (согласованное положение), ток возбуждаемой катушки обязан быть равным нулю, иначе неизбежное изменение выбранного для ВРМ режима (например, из двигательного – в генераторный, или наоборот). Взаимодействующие зубцы статора и ротора в этом случае будут ненасыщенными, их магнитные потоки должны быть равны нулю. Таким образом, при согласованном положении зубцов статора и ротора

магнитные проводимости одной трети (при $m=3$) зубцов статора и почти стольких же зубцов ротор, а никакого влияния на магнитную топографию ВИМ не оказывают. Максимальные ПС в ВИМ возникают, как было показано выше, возникают в таких взаимных положениях зубчатых сердечников, когда насыщенными бывают весьма малые угловые зоны зубцов, а значительные площади самих зубцов и участков ярм между ними остаются ненасыщенными, то есть линейными в магнитном отношении. Линеаризация магнит-

ных проводимостей зубцов (Λ_z) и элементов ярм (Λ_a) в совокупности с представлением проводимостей зазора Λ_g дает возможность построения несложной схемы замещения магнитных потоков ВРМ (Рис.7) с весьма малым числом элементов, не зависящих от насыщения. Магнитные потоки в этой схеме возбуждаются комбинацией МДС токов фаз, F_A, F_B, F_C, F_D . Подбором МДС фаз при несимметричном их питании и имея результаты определения ПС усилий на отдельный зубец статора, можно добиться сглаживания общего момента, действующего на ротор.

Литература

1. Miller T.Y.E. Switched Reluctance Motors and Their Control. Oxford: Magna Physics Publishing and Clarendon Press, 1993. 205 p.
2. Максвелл Дж.К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. ГИТТЛ. М. 1954. 685с.
3. Абрамкин Ю.В. Теория и расчет пондеромоторных и электродвижущих сил и преобразование энергии в электромагнитном поле. Изд. МЭИ. М: 1997. 207с.
4. Кузнецов В.А. Анализ формул для определения электромагнитных сил с позиций теории поля. Электричество, 1988, №11, с.77-82.

УДК 621.313.322

АНАЛИЗ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ГИБРИДНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ, ОБЛАДАЮЩЕГО ПЕРЕМЕННОЙ ПОЛЮСНОСТЬЮ

Ширинский С.В.

МЭИ (технический университет), Москва
 пами генераторов. По сравнению с обычным генератором с электромагнитным возбуждением рассматриваемый генератор отличается малыми потерями на возбуждение: его обмотка возбуждения имеет небольшое активное сопротивление, да

Синхронный генератор, в котором основное магнитное поле создается постоянными магнитами, а обмотка возбуждения используется для регулирования выходного напряжения, имеет определенные преимущества перед другими ти-

и используется только для регулирования напряжения, т.е. полный ток по ней протекает не всегда. По сравнению с генератором с постоянными магнитами рассматриваемый генератор отличается возможностью регулирования выходного напряжения без заметного увеличения потерь в стали, что позволяет использовать такой генератор в широком диапазоне частот вращения [1].

Конструкция рассматриваемого генератора с гибридным возбуждением показана на рис. 1. Статор традиционной конструкции имеет трехфазную однослойную обмотку с $q=1$ и числом полюсов $2p=12$. Основное магнитное поле создают четыре постоянных магнита на роторе. Магниты имеют чередующуюся полярность. Они расположены в прямоугольных отверстиях ПМ-полюсов. ПМ-полюсы имеют полюсные наконечники и насыщаемые мостики по краям постоянных магнитов. Это не только упрощает крепление магнитов, но и улучшает форму поля в зазоре. Между соседними ПМ-полюсами выполнены пазы, в которых расположена обмотка возбуждения. Обмотка имеет четыре катушки, создающие четыре магнитных полюса.

Для предварительного анализа магнитной цепи генератора проведены расчеты маг-

создаваемая МДС оказывается направлена встречно МДС постоянных магнитов. Это приводит к тому, что поток постоянных магнитов и поток, созданный обмоткой возбуждения, вытесняются в стальные полюса, расположенные по краям ПМ-полюсов. Такое перераспределение магнитных потоков приводит к существенному увеличению потока стальных полюсов (но направление потока в них не изменяется). При максимальном значении тока возбуждения поток стального полюса становится равен потоку постоянного магнита. Отметим, что поток ПМ-полюса при этом снижается очень незначительно (рис. 2, тонкая линия), а опасность размагничивания постоянного магнита при таком взаимодействии полей практически отсутствует. Для анализа статических и динамических характеристик синхронного генератора необходимо многократно выполнять расчет магнитной цепи при различных положениях ротора, разных значениях тока возбуждения и различной форме тока якоря с учетом влияния выпрямительной нагрузки. Полевые расчеты, при всей их высокой точности, не могут быть использованы в силу значительных затрат ресурсов компьютера и компьютерного времени, необходимых для выполнения каждого отдельного расчета. В этих условиях вне конкуренции оказываются цепные методы

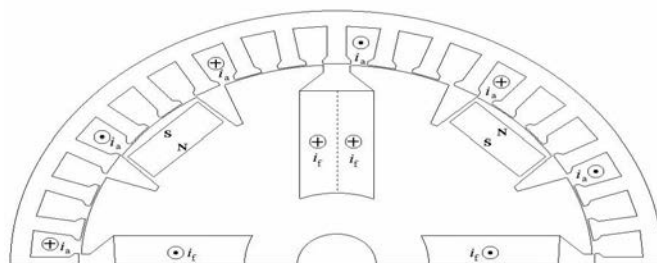


Рис. 1. Поперечный разрез синхронного генератора с гибридным возбуждением.

нитного поля в поперечном сечении машины для одного из положений сердечников, соответствующего рис. 1. При отсутствии тока возбуждения магнитное поле создается только постоянными магнитами. Они создают максимум индукции в зазоре напротив каждого ПМ-полюса. При этом часть потока замыкается по соседним стальным полюсам, но его доля оказывается небольшой. На рис. 2 показано распределение индукций по зубцам статора. Жирной линией показаны индукции для случая $I_f=0$ (возбуждение только от постоянных магнитов). При таком распределении магнитного поля ЭДС наводится только в части катушек каждой фазы обмотки статора. При подаче тока в обмотку возбуждения

расчета. Для обеспечения той же точности расчета, какую дают полевые методы, целесообразно использовать эквивалентную схему замещения магнитной цепи, составленную в соответствии с методом зубцовых контуров (МЗК) [2].

Для удобства последующей автоматизации расчетов вся магнитная цепь разбита на три части: статор, ротор и воздушный зазор. Схемы замещения статора и ротора составляются один раз для конкретного варианта исполнения рассматриваемого синхронного генератора. Схема замещения воздушного зазора является переменной: для каждого взаимного положения статора и ротора она

определенным образом соединяет схемы замещения статора и ротора, образуя из них единую схему замещения для текущего мгновенного положения сердечников.

Эквивалентная схема замещения статора имеет традиционный для МЗК вид. В силу симметрии магнитной цепи схема замещения охватывает один период основного поля возбуждения, создаваемого постоянными магнитами. Для рассматриваемого варианта исполнения синхронного генератора это составляет 18 зубцовых делений статора.

Эквивалентная схема замещения ротора строится на аналогичных принципах. Магнитная цепь ротора содержит стальные и воздушные участки, а также постоянные магниты. Для моделирования постоянного магнита использовано последовательное соединение источника МДС и линейной проводимости, величины которых зависят от размеров и магнитных свойств постоянного магнита: $F_{\text{ПМ}} = H_c \cdot h_{\text{ПМ}}$; $\lambda_{\text{ПМ}} = \frac{b_{\text{ПМ}}}{h_{\text{ПМ}}} \cdot \mu_{\text{ПМ}}$.

Здесь H_c – значение коэрцитивной силы ПМ, А/м; $\mu_{\text{ПМ}}$ – относительная магнитная проницаемость материала ПМ; $h_{\text{ПМ}}$, $b_{\text{ПМ}}$ – высота и ширина ПМ (относительно направления намагничивания).

На самом деле при моделировании синхронного генератора каждый постоянный магнит был разбит на несколько участков по высоте и ширине магнита и, соответственно, был представлен несколькими радиальными и азимутальными ветвями в схеме замещения. В процессе численных экспериментов было проверено несколько вариантов разбиения ПМ: от одной радиальной ветви, моделирующей весь ПМ, до семи азимутальных и двенадцати радиальных ветвей. Во всех случаях контролировалось влияние способа разбиения магнита на действующее значение фазной ЭДС холостого хода и действующие значения тока и напряжения фазы для одной и той же нагрузки. В окончательном варианте

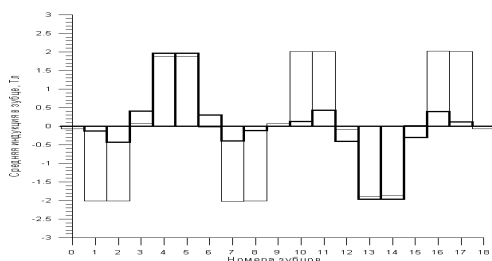


Рис. 2. Распределение индукции в зубцах сердечника статора при $I_f = 0$ (жирная линия) и $I_f = I_{f \max}$ (тонкая линия)

постоянный магнит условно разбит на шесть элементарных магнитов, расположенных в два ряда по высоте. Такая схема замещения позволяет с достаточной точностью учесть насыщение боковых стенок ПМ-полюса потоками рассеяния и распределение магнитного поля в полюсном наконечнике.

Схема замещения воздушного зазора содержит узлы схемы замещения статора и узлы схемы замещения ротора, а также ветви, соединяющие узлы статора с узлами ротора. В нее входят проводимости взаимоиндукции зубцовых контуров статора и ротора, которые зависят от взаимного положения сердечников. Для каждого рассматриваемого положения сердечников проводимости взаимоиндукции постоянны и в полной эквивалентной схеме замещения генератора представлены линейными элементами. Но для другого положения величины проводимостей окажутся другими. Более того, для каждой пары зубцовых контуров, расположенных на разных сердечниках, проводимость взаимоиндукции снижается вплоть до нуля при смещении оси одного зубцового контура относительно оси другого зубцового контура более чем на одно зубцовое деление. В результате схема замещения зазора имеет переменную структуру для разных положений сердечников, т.е. по мере движения ротора относительно статора изменяется топология схемы замещения (ветви с нулевой проводимостью выводятся из рассмотрения, но появляются новые ветви с отличной от нуля проводимостью).

Очевидно, что схема замещения воздушного зазора должна формироваться динамически в процессе расчета в зависимости от рассматриваемого взаимного положения сердечников. Для этого заранее должны быть определены зависимости проводимости потока взаимоиндукции зубцовых контуров статора и ротора от расстояния между осями контуров $\Lambda_{km} = f(b_{km})$.

Для проверки адекватности разработанной схемы замещения магнитной цепи был проведен расчет режима холостого хода генератора и посчитано семейство характеристик холостого хода (при разных частотах вращения). Сравнение этих характеристик с результатами эксперимента показало высокую точность созданной модели.

Для определения действующего значения фазного напряжения холостого хода (именно эти значения определялись во время эксперимента) проводилась серия расчетов магнитной цепи для разных положений ротора, моделирующая "поворот" ротора на одно

полусное деление обмотки статора с шагом в 1 эл. градус. По результатам расчета магнитной цепи для каждого положения ротора рассчитывались потокосцепления фаз.

Для получения кривой ЭДС можно проводить численное дифференцирование полученной из расчета кривой потокосцепления фазы. Однако опыт показывает, что даже при расчете с шагом в 1 эл.град. "шумы", возникающие при численном дифференцировании, оказываются весьма заметны и необходимо принимать некоторые действия для их подавления или фильтрации. Поэтому для определения ЭДС вначале выполнялся гармонический анализ полученной из серии расчетов кривой потокосцепления, а затем для выбранного числа гармоник потокосцепления рассчитывались соответствующие гармоники ЭДС, воссоздавалась результирующая кривая ЭДС и определялось действующее значение ЭДС.

На рис. 3 представлены кривые потокосцепления (масштабировано) и ЭДС фазы в режиме холостого хода для частоты 1000 об/мин при отсутствии тока возбуждения в случае учета до 99 гармоники потокосцепления включительно. Большое количество всплесков в кривой напряжения (и ЭДС) объясняется влиянием коммутационных процессов в выпрямителе, который воспроизводился и в расчете (рассматриваемый генератор используется в качестве основного автомобильного генератора, работающего на бортовую сеть 12 (14) В постоянного тока).

Интересно отметить, что действующие значения фазной ЭДС, найденные при

учете 25 и 99 высших гармонических, практически совпадают. Поэтому на практике целесообразно учитывать лишь первые 25 гармоник (при меньшем числе гармоник действующее значение ЭДС изменяется более чем на 1%).

Литература

1. Xiaogang Luo, Thomas Lipo. A Synchronous/Permanent Magnet Hybrid AC Machine. // IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 15, No. 2, June 2000, pp.203-210.
2. Иванов-Смоленский А.В., Абрамкин Ю.В., Власов А.И., Кузнецов В.А. Универсальный метод расчета электромагнитных процессов в электрических машинах. / Под ред. А.В. Иванов-Смоленского. – М.: Энергоатомиздат. 1986

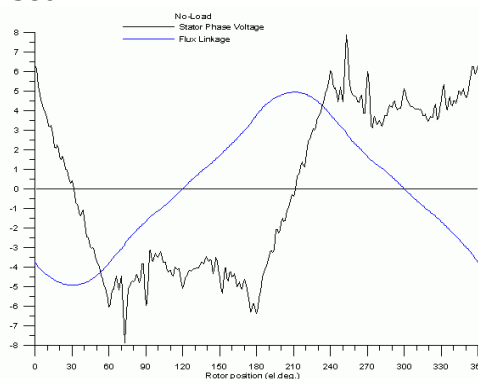


Рис. 3. Кривые потокосцепления и ЭДС фазы (99 гармоник)

УДК 621.314.222.6

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРООММЕТРОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОКОВЕДУЩЕГО КОНТУРА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Тан Тайк У.

МЭИ (технический университет), Москва

В работе рассматриваются современные микроомметры, представленные на рынке, предназначенные для измерения сопротивления элементов токоведущего контура силовых трансформаторов (СТ) постоянному току. Проверка этих сопротивлений входит перечень стандартных проверок для диагностики состояния СТ.

Дан анализ погрешности микроомметров. Проведён анализ времени измерения и времени получения результата для элементов контура со значительной индуктивной составляющей – обмоток трансформатора. Рассмотрены алгоритмы работы приборов и их функциональные возможности.

Требованием любого современного потребителя электрической энергии является получение электроэнергии не только в достаточном количестве, но и надлежащего качества. Для наиболее экономичной и безаварийной работы потребителя необходимо, чтобы отклонение напряжения не было больше допустимого, так как при отклонении

напряжения, выходящих за нормируемые пределы, резко ухудшаются условия работы приёмников электроэнергии. Это достигается использованием в энергосистемах, наряду с силовыми трансформаторами (СТ) с постоянным коэффициентом трансформации, СТ с изменяемым и управляемым коэффициентом. Такими трансформаторами являются СТ с

регуляторами под нагрузкой (РПН). Их безаварийная работа обеспечивается диагностикой состояния многих компонентов СТ [1]. Методика проведения комплексного диагностического обследования включает в себя одним из этапов проведение традиционных электрических измерений на отключённом трансформаторе. Одна из диагностических операций предполагает измерение сопротивления постоянному току обмоток и контактных систем при различных положениях РПН [2]. Критерием отнесения элементов к дефектным является относительное отклонение измеренного сопротивления от номинального (паспортного) на допускаемые в стандартах значения, например на 2 %, как определено в [2]. Анализ элементов токоведущего контура различных СТ, сделанный на основе их технических характеристик [3, 4], позволяет сделать вывод о диапазоне возможных значений сопротивлений при проведении проверок токоведущего контура СТ РПН: 10 мкОм ... 10 Ом, т.е. \сопротивления относится к группе «*малых сопротивлений*» [5].

На рынке России в настоящее время присутствуют более 50 моделей микро- и миллиомметров [6]. Цена таких приборов лежит в диапазоне от нескольких тысяч до 500 000 и более рублей.

Рынок электронных микроомметров и миллиомметров можно условно разделить на две части – рынок простых приборов общепромышленного применения и рынок интеллектуальных приборов. Нам интересен второй сегмент рынка – интеллектуальные приборы. Именно они востребованы для построения автоматизированных систем диагностирования. Этот рынок не массовый, но достаточно прибыльный, поскольку довольно большая доля прибыли в каждом изделии заложена именно в интеллектуальную составляющую, в программное обеспечение.

Эти средства измерения сопротивления (СИС) можно разделить на следующие группы:

- приборы, специализированные на измерении сопротивления высокоиндуктивных объектов;
- приборы, специализированные на измерении переходного сопротивления силовых контактов.

Первая группа моделей СИС ориентирована на работу в цепях со значительной индуктивностью (до 1000 Гн) при токе в измерительной цепи от 1 до 5 А; вторая - характеризуется большим рабочим током (от 45 до 700 А) в измерительной цепи. Подавляю-

щее большинство приборов построена с использованием косвенного метода измерения сопротивления – метода «амперметра-вольтметра».

Большинство отечественных производителей микроомметров руководствуются формой выражения пределов допускаемых основных погрешностей цифровых омметров (при нормировании основной погрешности без разделения на составляющие), согласно ГОСТ 14014-91 [7]. Например, это такие российские приборы, как: «ИКС-5», «Щ306/1» и «Щ306/2» и белорусские: «ПИТ» и «ИМС-5».

Зарубежные производители СИС предпочитают задавать погрешность с разделением на аддитивную (Offset Accuracy) и мультипликативную (Gain Accuracy) составляющие. Например, фирма «SONEL» задаёт для модели «MMR-610» предельное значение абсолютной основной погрешности в виде $\Delta = \pm (0,25\%R_x + 0,2)$ мкОм и разрешение 0,1 мкОм. Этот же вариант задания предела абсолютной основной погрешности измерения сопротивления использует фирма «СКБ ЭП ИСЭМ» для модели «Мико-1»: $\Delta = \pm (0,01R_x + 1)$ мкОм. Этот прибор обеспечивает одновременную индикацию результата измерения, погрешности и рабочего тока.

В большинстве кратких технических спецификаций и проспектах (фирма «ALL BRIGHT TECHNOLOGY» и многие другие) используют упрощённое задание точности: в виде *базовой* погрешности, подразумевая достаточную квалификацию пользователя. Например, $\delta \leq 0,3 \%$ для микроомметра «Е6-25». Однако рядом фирм «SEW», «GW Instek» погрешности задаются в форме несогласованной по размерности, что требует повышенного внимания при рассмотрении технических характеристик приборов. Например, для модели «GOM801H» погрешность задаётся в виде: $\Delta = \pm (0,2\% + 6 \cdot EMP)$, где *EMP* - значение единицы младшего значащего разряда, мкОм. Расширение рабочего диапазона приборов осуществляется путём использования ряда пределов измерения с кратностью их смены равной 10. При этом для большинства приборов производится нормирование погрешности отдельно для каждого предела. Такая форма задания погрешности используется фирмой

«SPTECH Co» для модели «LE3900» для каждого из пределов, например, для первого равного 3 мОм – в виде $\Delta = \pm (0,03\% R_x + 0,02\% \cdot FS)$, где FS – «Full Scale» - «полная шкала». Анализ показывает, что выбор шага смены пределов измерения для современных микроомметров, равный 10, определяет допускаемое возрастание относительной погрешности (падение точности) от 2 до 10 раз внутри выбранного поддиапазона измерения.

Рассмотрим некоторые специфические аспекты функционирования приборов в практике измерений обозначенных объектов.

Из-за индуктивности обмотки рабочий ток, необходимый для измерения, устанавливается по истечении времени, зависящего от постоянной времени обмотки. Измерения можно производить только по окончании переходного процесса в цепи, после установления показаний прибора в течение одной минуты [4].

В [8] указывается, что время нарастания тока, например, для силового трансформатора типа «ТДН-16000/110», составляет около 10 минут. Это время соответствует ошибке в 5 % (постоянные времени обмоток высокого и низкого напряжения для этого типа СТ имеют значения около 170 с). Оно характеризует затраты времени на получение одного результата измерения электрического сопротивления обмотки СТ средней мощности для большинства приборов. При измерении с большей точностью затраты существенно возрастают. Данный факт свидетельствует об известном свойстве измерений: «обмене точности на время измерений». Временем измерения порядка 10 минут характеризуются модели: «Мико-2.3»; «MMR-600» и «MMR-610»; «ВИТОК» и «ПФИ24-10P». В цифровом миллиомметре «M4104» наличие индуктивной составляющей в измеряемой цепи определяется автоматически и индицируется. В модели «ПИТ» периодически измеряется рабочий ток, проходящий через измеряемый объект. Это происходит до тех пор, пока 30 измеренных значений тока не будут различаться менее чем на 1 %. После выполнения этого условия сравнения, измеряемый ток запоминается и прибор переходит к измерению напряжения на измеряемом сопротивлении. Это происходит до тех пор, пока три соседних значения на-

пряжения не будут отличаться менее чем на 9 ЕМР. По результатам этих измерений рассчитывается сопротивление.

С целью сокращения времени установления тока в измерительной цепи рекомендуется осуществлять кратковременное форсирование тока насыщения при включении [9]. Эта функция осуществляется, например, в моделях: «ИСО-1», «РЕТ-МОМ», «ПТФ-1» «МКИ-200» и «МКИ-600».

В двухканальном цифровом регистраторе сопротивления обмоток «DWR-10» фирмы «ADWEL» для ускоренного тестирования силовых трансформаторов с номинальной мощностью свыше 100 МВА (с индуктивностью свыше 1000 Гн) для приведения сердечника в состояние насыщения, при котором незначительные изменения тока не сказываются на результате измерения сопротивления, используется стабильный постоянный ток 10 А от источника напряжения 30 В. Увеличение потока в сердечнике и, следовательно, скорости насыщения обеспечивается за счёт последовательного соединения первичной и вторичной обмоток. При этом измерение сопротивления обмоток производится одновременно (используется 2 канала) за время менее 1 минуты.

После измерения в приборах предусматривается автоматическое выполнение стандартной процедуры размагничивания магнитопровода силового трансформатора, как например, у прибора модели «ПФИ24-10P».

В цифровых микроомметрах для измерения переходного сопротивления выбор рабочего тока (до 700 А) производят исходя из условия минимизации времени и погрешности измерения (модель «Мико-2.3»). В моделях «DLRO200» и «DLRO600» рабочий ток (200 и 600 А, соответственно) может устанавливаться с шагом 1 А. В цифровых регистраторе сопротивлений контактов модели «DRR-100» и омметре «DRM-100» производится автоматическое линейное изменение тока (увеличение и снижение) от 10 до 100 А за программируемое время от 10 до 60 с, благодаря чему предотвращаются неустановившиеся токи в измерительной цепи. В большинстве приборов предусмотрена автоматическая инверсия тока. Ток в цепи измерения обычно задаётся с погрешностью 10 ... 30 %.

Типичное падение напряжения на измеряемом сопротивлении на пределе обычно

равно 20 мВ и остаётся постоянным при переходе на соседние пределы. Исключение составляет незначительное число моделей (например, модель «2226»: при токе 10 А падение напряжения - 0,2 и 2 В на пределах 20 и 200 мОм; модель «1750»: при токе 1 мА напряжение в 0,2 и 2 В на пределах 2 и 20 кОм).

Для миллиомметров моделей «4136МО», «4137МО» и «6237DLRO» максимальное выходное напряжение холостого хода равно 20 В. В микроомметре модели «Мико-2.3» осуществляют «прожиг» окисной плёнки контактов, в моделях «МКИ200» и «МКИ600» разрушение плёнки осуществляют током в течение 5 ...15 с.

Методиками [9, 10] тестирования сопротивлений элементов токоведущего контура рекомендуется производить измерения при нескольких значениях тока (не менее 3 – 5). За результат принимается среднее значение сопротивлений.

Анализ известных моделей показал отсутствие приборов, производящих операции по этому алгоритму. Однако ряд приборов выполняет усреднение по двум инверсным значениям тока для исключения погрешности от термо-ЭДС.

Известные модели приборов не вычисляют ни дифференциального, ни динамического сопротивления контакта, ни их статическую и динамическую нестабильность. Перечисленные величины характеризуют электрический контакт при рассмотрении его как нелинейный элемент, что подтверждается многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных учёных [11]. При этом контактное сопротивление зависит не только от значения рабочего тока через этот контакт и от продолжительности воздействия тока, но и от усилия сжатия поверхностей контактирования.

Даже самые современные модели специализированных и автоматизированных измерителей контактных сопротивлений – цифровой регистратор сопротивлений «DRR-100» и цифровой омметр «DRM-100» фирмы «ADWEL» не вычисляют перечисленных величин.

Современной тенденцией построения диагностических средств является использование одного универсального прибора взамен ряда специализированных. Как отмечается в работе [12] *«Вслед за эпохой инструментов с одной функцией (будь то простые тестеры или мощные приборы, предназначенные для данного вида измерений) наступает эпоха*

многофункциональных приборов по принципу «все необходимые функции в одном приборе». Такое стало возможным благодаря новым технологиям и приведением стандартов в соответствие с потребностями рынка». Причём наблюдается не только улучшение удобства их совместной эксплуатации, но и уменьшение общей цены приобретения комплекта специализированных приборов, необходимого для измерений. Техническое обслуживание и калибровка всего одного прибора также существенно дешевле, чем набора приборов. Примером такого объединения могут служить модели «РЕТ-МОМ», «Мико-2.3» сочетающие в себе фактически несколько приборов: микроомметр с током до 700 А; миллиомметр для измерений в цепях с большой индуктивностью; термометр для измерения температуры обмоток, масла и воздуха. Универсальные приборы обладают также «интеллектом»: определёнными вычислительными возможностями и объёмом энерго-независимой памяти и способны производить следующие операции [13]:

- приведение результата измерения сопротивления к необходимой для последующего сравнения температуре;
- перерасчёт сопротивления по фазам;
- расчёт относительного отклонения измеренного сопротивления от исходных (номинальных) значений;
- расчёт величины контактного усилия по её зависимости от параметров модели контакта (переходного и удельного сопротивлений, модуля упругости и коэффициента Пуассона для материала контакта, а также высоты микровыступов). Например, эта операция выполняется в приборах моделей «МОМ-641» и «МОМ-642», выпускаемых «ЗАО НПП "АВИА-СТЭК"»;
- хранить в памяти информацию о номинальных значениях проверяемых величин и историю предшествующих проверок.

В заключение необходимо отметить следующее:

Сделанный краткий анализ характеристик СИС показывает, что существующие приборы далеко не полностью удовлетворяют требованиям проверки сопротивления элементов токоведущего контура. Поэтому разработка новых моделей актуальна.

Литература

1. Дегтярёв С.А., Долин А.П., Першина Н.Ф., Смекалов В.В. Основные концепции комплексного диагностического обследования силовых трансформаторов. «Электро», 2003, №2. / Электронный ресурс: <http://www.ts-electro.ru/articles.php>.
2. ГОСТ 8008-75. Трансформаторы силовые. Методы испытаний устройств переключения ответвлений обмоток. М.: Изд-во стандартов, 1993. - 46 с.
3. Каталог фирмы «Энертекс». / Электронный ресурс: <http://www.enertex.ru/catalog.php?idc=65>.
4. Михеев Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования. М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. - 304 с.
5. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
6. Справочник по приборам для диагностики и ремонта электротехнического оборудования и кабельных линий. Электронный каталог 2009/1. М.: ЭЛЕКТРОПРИБОР. 2009. – 48 с.
7. ГОСТ 14014-82. Приборы и преобразователи измерительные напряжения, тока, сопротивления цифровые. Общие технические требования.
8. Михеев Г.М., Шевцов В.М., Федоров Ю.А., Баталыгин С.Н. Цифровой измеритель активного сопротивления обмоток силовых трансформаторов с выведенной нейтралью. // Промышленная энергетика. 2005. № .11. с. 17-20.
9. Мусаэлян Э.С. Наладка и испытание электрооборудования электростанций и подстанций. М.: Энергоатомиздат. - 1986. – 504 с.
10. Якобсон И.Я. Наладка и эксплуатация переключающих устройств силовых трансформаторов. – М.: Энергоатомиздат. 1985. 120 с.
11. Бурков А.Ф. Специальные режимы работы контактных коммутационных аппаратов. – Владивосток: Мор. гос. ун-т им. адм. Г.И. Невельского, 2007. – 56 с.
12. Проверка электроустановок, электромашин, электропроводки электросетей универсальными многофункциональными приборами «всё в одном». / Электронный ресурс: <http://www.MEGATESTER.RU>.
13. Тан Тайк У, Лупачёв А.А., Быков А.П. Измерение переходных сопротивлений контактов силовых энергетических установок. Тезисы докладов второй Всероссийской НТК «Измерения и испытания в судостроении и смежных отраслях» С.-Петербург, 2008. с. 97-98.

УДК 621.3

ЭЛЕКТРИК ИНФОРМАЦИЯ ТЕХНИКАСЫН ИЗИЛДӨӨ ЖАНА ТЕХНИКАЛЫК
КЫРГЫЗ ТИЛИН ЖАРАТУУНУН ЗАРЫЛДЫГЫ

Нургазы Жумалы

КНР, Синьцзянь университети электротехникалык институт

Бул макадада Электрдик информация системин изилдөө маселелери, табият жана техникалык илимдердин түрлөрү изилденип, техникалык кыргыз тилин жаратуунун зарылдыгы, аталмаларды жасоо жөнүндөгү кемчилдиктер, илим-техникалык аталмалардын калыпташтыруу жөнүндөгү ой-пикирлер мисал аркылуу сунушталат.

In this paper simple indicated research problems of the electrical information technology, classification of natural science and technical science, introduced importance of the creation of Kyrgyz technical language, existent problems and settle method in the translation of science and technological terms, advanced basic thread and method for specification technological terms.

Тил болсо анан улут болот, тили өнүксө улут өнүгөт, тили жоюлса улут жоюлат же көз-каранды болот, тилден бардык нерсе жараларына ишенүү керек. Тил өнүккөндө гана, кыргыздын тарихый мурастарын, тил-маданиятын, каада-салтын, адеп-ахлагын, көркөм-

өнөрлөрүн, илим жаңылыктарын сактап калууга болот.

Кыргыз эли алты миң жылдык тарыхты башынан кечирип өзүнүн тили, адеп-ыйманы, дини, өзгөчө салт-санаасы, үрп-адаты, кулк мүнөзү меймандостугу менен кылымдар бою түркүн элдер ара-

сында жашап келет. Тарыхка серепчилеп карасак, ата-бабаларыбыз миндеген жылдар бою өз маңдай тери менен, өз элинин маданиятын, каада салтын, сыйурматын сактап келген. Ошого Кыргыз элин дүйнөгө тааныткан Чынгыз Айтматов, Жүсүп Мамай, Сагынбай Орозбаков, Исхак Раззаков сыяктуу залкар кишилерибиз Кыргыз маданиятын, тил-адабиятын, «Манас» эпосун бүт дүйнөгө таанытып келген. Тарыхта көзү өткөн миндеген залкарларыбыздын маңдай терине жана эмгегине келген. Мына эми кандай жаздымдыктар кеткенин, ал эми Кыргыздын илим-техника жагында артта калып бара жаткандыгын тарых далилдеп турат. Мунун негизги себебинин бири-кыргыздар коомдук илимдерге гана маани берип, табият-техника илимдерге кайдыгер карагандыгында деп кароого болот.

Жылдыздай дүйнөнүн бардык жеринде чачырап жашаган Кыргыз эли, өзүнүн илимин, кадыр баркын, адамдык касиетин, үрп-адатын, асыл жөрөлгөсүн, көркөм өнөрлөрүн ж.б. таанытууда, ошондой эле башка өнүккөн улуттар менен басакелеш (жарышта) жүрө алышы үчүн Кыргыз техникалык тилди жаратуу жана өнүктүрүү зарыл.

Илим-техника учкандай өнүгүп жаткан бүгүнкү маалымат доорунда Кыргыз элинин илим-менен техника жагында өркүндөөсү, заманбаптуу деңгээлде болушу абзел, андыктан эң оболу техникалык илимдердин аталмалары такталып калыптанышы, андан соң кыргызча илим-техника китептери жарык көрүшү керек.

Информация (маалымат) техникасы, бардык кесипке орток болгон үйрөнүүгө тийиштүү зарыл бир илим, анын ичиндеги электрдик жана энергетикалык информация техникасы, кезекте өнүгүп доор сүрүп жаткан илимдер, аларды жан-жактылуу изилдеп, жалпы коом үчүн кызмат кылдыруу биздин милдетибиз.

Электрдик информация (маалымат) техникасы. 1949-жылы Америкалык илимпоз Шанон (Shannon) “Байланыш математика теориясы” жарыялагандан бери жарым кылым өткөн соң, азыркы “информация теориясы” өркүндөп, бүгүнкү күндө өнүгүп, кең маанидеги информация теориясына айланып, коомдун өнүгүүсү, экономика курулушу жана адамзаттын турмушунда орчундуу таасир берүүчү негизги илимдин бирине айланды.

Информация теориясына алды менен илик-чатыш (бириге турган) илимдер: автоматтык контролдоо, байланыш (кабарлашуу) жана компьютер илимдери, андан кийин биология, механика (машинелештирүү), экономика, башкаруу, география, имарат, энергетика ж.б. илимдер кирет. 21-кылымдагы адамзат коому-информация коому, биздин турмуш чөйрөбүз-торлошкон экономикалык чөйрө болуп эсептелет.

Информация теориясы (назариясы):

Информацияны жаратуу, кабылдоо (алуу), айландыруу, сактоо, бир жактылуу кылуу жана колдонууну изилдөөчү илим.

Информация илими: Ар түрдүү информацияларга байланыштуу теорияларды, техникаларды жана методдорду изилдөөчү билим системасы, демейде кең маанидеги информация теориясы деп аталат, ал - информация теориясы, автоматтык контролдоо теориясы, компьютер техникасы, бионика (*bionics*), жасалма акыл-жөндөм (*artificial intelligence*, AI) жана систем курулушу (*system engineering*) негизинде өнүккөн.

Информация техникасы (information technology): Автоматтык контролдоо, электрон техникасы, компьютер жана байланыш куралдары аркылуу, сигналдарды кабылдоо, барктандыруу (айырмалоо), айландыруу (өзгөртүү), жеткирүү, башкаруу, топтоштуруу, контролдоо, анализдөө жана чечим (*decision*) чыгаруу ж.б. иш жүзүнө ашыратурган колдонмо техникалардын жалпы аталышы. Информация илиминин негизги принциби жана жана методдорунун көмөгүндө, адамзаттын информацияларын бир жаңсыл кылуу техникасы жаралды, анын негизги тиреги: байланыш (*communication*) техникасы, компьютер (*computer*) техникасы, контролдоо (*control*) техникасы, ал эми ЗС техникасы.

Электрдик информация системи (electrical information system): Информация теориясын негизденип, электрдик сигнал жана башка өнөр - жайга байланыштуу болгон сигналдарды алуу, айландыруу (өзгөртүү), жеткирүү, башкаруу, иштетүү, бир жактылуу кылуу, топтоштуруу, жана чечим (*decision*) чыгаруу сыяктууларды изилдейт. Бул маселелерди чечүү, электр ку-

рулушу (*electrical engineering*), автомат-
тык контролдоо, компьютер техникасы,
интернет, сандуу маалыматтар кампасы,
машинелештирүү, башкаруу техникасы
сыяктуу илимдерге катыштуу болот.
Электрдик информация системине бай-
ланыштуу

илимдерин изилдөө тармактарын
төмөндөгү чийме аркылуу түшүндүрүүгө
болот.

**Электроэнергетика информация
системи** (*power information system*) Бул
системди изилдөө төмөнкү 4 чоң түр бо-
юнча алып барылат:

Электр станцияларындагы таралмалуу
контролдоо системи DCS(*Distributed Control
System*)

- Сандуу маалыматтарды ка-
былдоо жана көзөмөлдөп контролдоо
системи SCADA (*Supervisory Control And
Data Acquisition*)

- Подстанцияларды автомат-
таштыруу системи SAS (*Substation
Automation System*)

- Электр энергиясын өлчөө
системи EMS (*Energy Measurement Sys-
tem*)

**2.Башкаруу информацияларын бир
жаңсыл кылуу системи** (төмөнкүлөрдү
изилдейт):

- Энергия башкаруу системи
EMS (*Energy Management System*)

- Энергетика базарынын ин-
формация системи PMIS (*Power Market-
ing Information System*)

- Энергетика муктаждыгы жа-
гындагы башкаруу DSM (*Demand Side
Management*)

- Энергетика мүлкүн башка-
руу системи EAM (*Enterprise Asset
Management System*)

**3.Курулуш (Техника) информация-
ларын бир жаңсыл кылуу системи** (тө-
мөнкүлөрдү изилдейт):

- Ток болүштүрүүнү автомат-
таштыруу системи DAS (*Distribution
Automation System*)

- Энергетика географиялык ин-
формацияларынын системи GIS (*Geog-
raphy Information System*)

**4.Коомдук информацияларды бир
жаңсыл кылуу системи** (төмөнкүлөрдү
изилдейт):

- Керхана (предприятия)лар бе-
кеги (порталы) EP(*Enterprise Portal*)

- Энегетика систем ишканалары-
нын автоматташтыруу ОА(*Office
Automation*)

- Электрстанция көрсөтмөсүн-
дөгү (көмөгүндөгү) чечим системи
BBS (*Bidding Support System*)

**Табият жана техника илимдери жө-
нөндө кыскача түшүнүк.** Табыйги илим
(*natural science*): Негизги илим, техника-
лык илим (*technical science*) жана куру-
луш(*engineering science*) Нлиминен турган
үч чоң бөлүккө бөлүнөт.

Негизги илим (*basic science*): табый-
гат дүйнөсүндөгү заттардын түзүлүшү,
ар түрдүү негизги кыймылдардын мор-
фологиясын жана закондуулугун изил-
дейт. Анын түрлөрү: механика (*mechanics*),
физика (*physics*), химия (*chemistry*), астроно-
мия (*astronomy*), геология (*geology*) жана ти-
ричилик илими (*life science*) сыяктуулар.

Физика (*physics*)- заттардын
түзүлүшү, өз-ара ролу жана кыймыл закон-
дуулугун изилдейт, анын түрлөрү: термофи-
зика (*thermal physics*), молекулалык физика
(*molecular physics*), толкундуулук илими
(*fluctuations*). Акустика (*acoustics*) опти-
ка(*optics*), электр мигнит илими
(*electromagnetism*), атом физикасы(*atomic
physics*), атом-ядро физикасы (*atomic nuclear
physics*), бөлүкчүлүк физикасы(*particle
physics*).

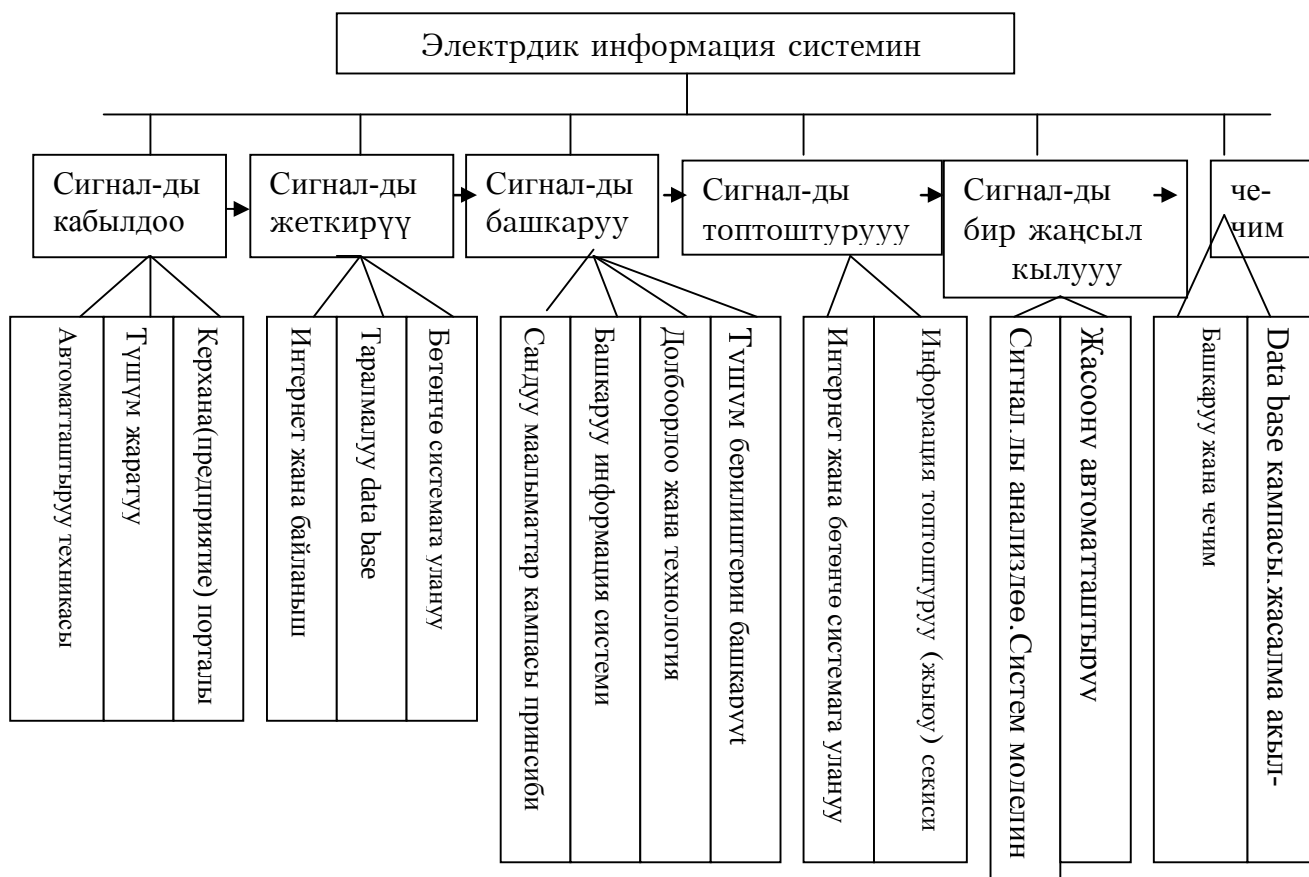
Техникалык илимдер (*technical
science*): иштеп чыгаруу (өндүрүү) техни-
касы менен технология процесси-
нин(жарыянынын) орток закондуулугун
изилдейт, анын түрлөрү: колдонмо мате-
матика (*applied mathematics*), компьютер
илими (*computer science*), материал илими
(*materials science*), энергия илими(*energy
science*), маалымат илими(*information
science*), мейкиндик илими(*space science*),
колдонмо оптика(*applied optics*), чөйрө
илими(*environmental science*) ж.б. Төмөн-
дөгү чийме 2 аркылуу түшүндүрүүгө
болот.

Курулуш илими (*engineering science*): не-
гизги илимдер менен техникалык илимдерди,
иштеп чыгаруу техникасына, курулуш тех-
никасына жана технологиялык иш-тартипке
айландыруунун принциптерин жана метод-
дорун конкреттүү изилдейт. Анын түрлөрү:
айыл-чарбачылык курулуш илими
(*Agricultural engineering*), минерал куру-
луш илими (*mining engineering*), суу куру-
лушу илими(*water engineering science*),

имарат курулуш илими(*civil engineering*), машинелештирүү курулуш илими(*mechanical engineering*), химия курулуш илими(*chemical engineering*), энергетика курулуш илими(*electrical engineering*), приборлор курулуш илими(*instrumentation engineering*), космотехника илими(*aerospace engineering*), океан курулуш илими, (*marine engineering*), биология курулуш илими (*biological engineering*), автоматташтыруу илими (*automation science*), жарым өткөргүч илими (*semiconductor science*), металлур-

гия(*metallurgy*), курулуш механикасы (*engineering mechanics*) ж.б.

тилинин азыркы абалы. Кыргызстанда гезиттердин көпчүлүгүнө артисттер тааныштырылат, алардын жүрүш-турушу, кыймыл-аракети, ырдаган ырлары, кебете-кешпиринен бери сүрөтүн кошуп, кыргыздын пири, жылдызы.” деп тааныштырат, ал эми Кыргыз мамлекети, кыргыз эли-жери жана коом үчүн тыным-сыз иштеп зор ийгиликтерди жаратып келе жаткан академиктерибиз,



Чийме 1. Электрдик информация системине катыштуу илимдер

илим-техникакызматкерлерибиз таныштырылбай келе жатат, алардын баскан жолун, иштеген иште-рин калың журтчулука тааныштырууга кудуретибиз келбей жатат. Себеби Кыргыз техника тилинин бечел бойдон кала берип калпаша албаганында болсо керек.

“Тил жоголсо эң оболу мамлекет жоголот, андан кийин эл жат элдердин арасына сиңишип аты жоюлат” деп айткан ойчулдарыбыз, демек “Тил меселеси” өзгөчө орчундуу орунда турарын эске салгым келет.

Ошондуктан Кыргыз тилин техникалык кудуретине кайдыгер карабай, ар бир билим ээси колдон келген аракетти жасап, Кыргыз тилин өнүктүрүүгө салым кошуусу керек, ар бир атуул ушуга милдеттүү. “Кыргыз тили жашаса анан Кыргыз эли өнүгөт”, “биз тилибиз менен кыргызбыз” - деген учкул сөздөр кандай гана туура айтылган! Кыргыз эли адептүү, ыймандуу, шайыр мүнөз, боорукер, адеп-ахлактуу, меймандос, ыймандуу болгон-

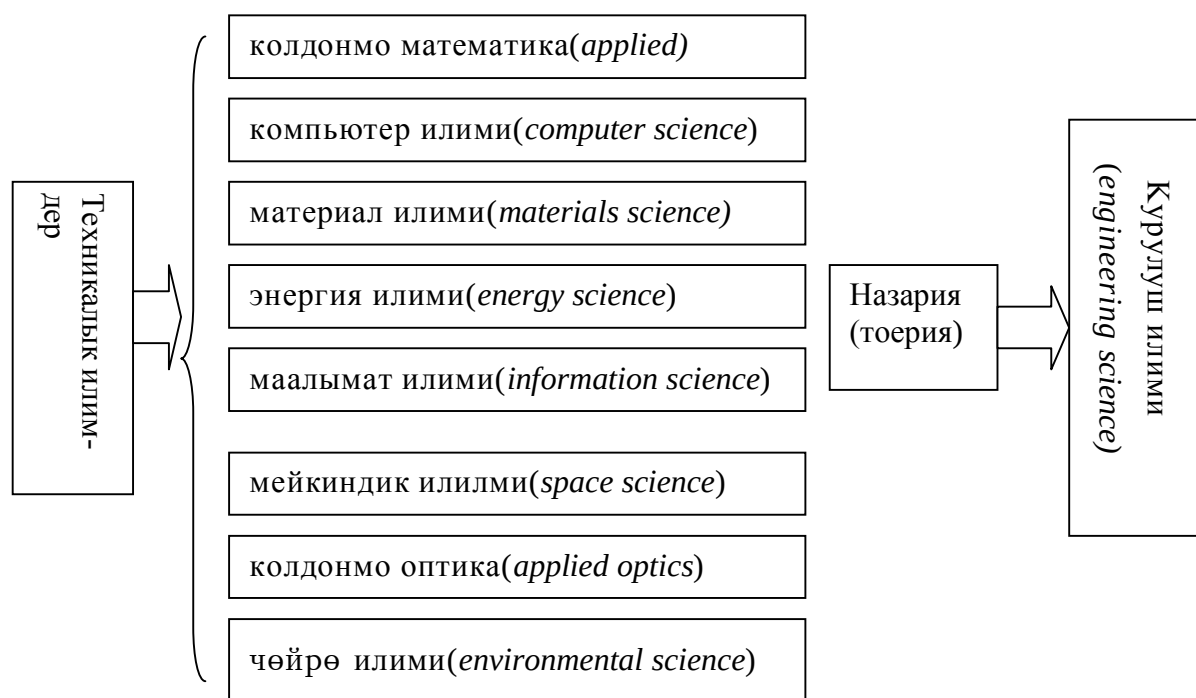
дугубуз учун “Манас” тай олуя төрөлүп дөйнөгө таанылып келдик.

Кыргызстан аянты менен 117 дүйнө өлкөлөрүнөн чоң, суу байлыгы боюнча 110 дүйнө өлкөлөрүнүн алдында турат, элинин сабаттуулугу менен дүйнө боюнча 14-орунда ээлейт, СССР кезинде Орто Азиянын илим-техника маданият борбору болгон.

Ушундай бир билимдүү улуу элдин бүгүнкү күндө ар тарапка чачырап, артка кетип баражаткандыгы жүрөгүбүздү өйүгөн маселе болууда.

Ачык айтып ак сүйлөсөк, азыркы жаштарда өз тили өзүнө одоно билинип тап-такыр орсча сүйлөп калган, кыргызса

сурасаң уялбай орусча жооп берген же ийнин куушурган “Киргиздер” кенен кездешүүдө. Өзүнүн ким экендигин билбегендерге буларды эскертүүгө туура келет: “Кыргыз эли илгертеден бери адилет, калыстык, акыйкаты туу тутуп, рухий байлыкты дүйнө байлыгынан өйдө көрүп, жашоо шартына айланткан ыйманы ысык эл эле, “Биз -дүйнөгө теңдешсиз Манас эпосун жараткан, комуз, ордо, тогуз коргоол, улак тартуу, жамбы атмай...оюндарын сактап, рухий наркты жансыз дүйнөдөн өйдө баалаган, археологиялык казуулары аныктаган алты миң жыл мурун түптөлгөн улуу кыргыздын урпагыбыз” .



Чийме 2. Техникалык илимдердин түрлөрү

Кыргыз

Кезектеги кырдаалга көз жүгүртсөк, жерчилдик жана уручулдук күчөгөн, улутту аргындаштырган, ынтымаксыздык күч алган, өзүнүн келечегине ишенбеген, өз тагдырына кайдыгер караган, байланыш өкүм сүргөн, акча табуу модага айланган, акчанын күчү бардык ишти чечкен, мамлекеттик тилдин күчү алсыз болгон, орусча тил өкүм сүрүүгө абалдар аябай кенен кездешүүдө. Кыргыздын улуттук кийим кийгендер азайып, жарым жылаңач жүргөн “кайран кыргыз” дар көбөйдү, башка улутка сиңишип, алардын келини болуп санын көбөйтүп дини бузулгандар, өзүн саткандар көнүмдүк

адатка айланды, башка мамлекетке акча табам деп тенигендер, ар-намысын жойгондор, “акчанын кулу” болгондор, турмушта кыйналгандарды иликтеп, аларды мүмкүндүктүн барынча куткарууга аракет кылган кайраткерлер аз болуп жатат. Алардын кесепетинен кыргыздын кадыр баркы кетип, мамлекетке да, улуткада жаман таасир беришүүдө. Жогорку себептердин айынан, бүгүнкү дүйнө коомчулугу Кыргыз элин түшүнмөк түгүл, калпагына карап Кыргыз дегенге да оозу барбай калды. “Өз тилин сүйбөгөн өз элин жарытпайт” дегендей, андайлардан эмнени күтмөк элек? Алардын эсинен ата-бабаларынын каада - салты алда небак

көтөрүлүп кеткен, аларга эли-журт, кыргыздын кереги жок болсо керек, бирок алардагы Кыргыздын канына сиңген “адал максат, аруу тилек, иймандуулук, жалындуу ой, кажыбас кайрат, Манастын руху...” кайда кетти? Биздин жат элдерге “Мен чыныгы Кыргызмын” деп айтканга шартыбыз барбы? Мындай суроолорго Илим-техниканын күчү менен гана жооп бере алабыз. Турмуштун айынан башка жолду тандаган, эли – жеринен безип жат элдердин жумушун жасап жаткан, өз мамлекетинде жашаганга шарты жок же алданып чет өлкөлөрдө тентип жүргөн боордошторду куткуарууга патриоттуу азаматтары керек. Бүткүл Кыргыз эли интымакка келип, үй-бүлөөнү жакшы тарбиялап, бир жакадан баш чыгарганда гана ушундай маселелер чечилет. Ошондо ата-тегин тааныбаган, намыс-абийирди билбеген, курсак кайгы менен жашаган кыргыздар болбойт деп карайм.

Бүгүнкү информация (маалымат) глобалдашкан доордо, кыргыз тилинин күчкүдуретин көрсөтө турган доор алда небак жетип келди. Башка улуттар өз эмгектеринин мөмөсүн жеп жаткан кези, бардык нерсеге “көз каранды” болуу аябай уятчылык, жери ушунчалык кооз, эли ушунчалык билимдүү жана маданияттуу, жаратылыш байлыктары ушунчалык кенен элдин басакелеш улуттарга жана этникалык кыргыздарга бардык жактан үлгү болушу керек эле? Биз силерден эмнени үйрөнөбүз?

Кыргыздын жоомарттык, эр-жүрөктүк, баатырдык касиетин, азыркы илим – техникага тыгыз байланыштырсак, “биз жасабасак ким жасайт? деген улуу ойду элге сиңирсек, элди ыйманга келтирсек, идеология таалим-тарбияны күчөтсөк, элдин маанайын жакшыласак, ынтымакка келтирсек, бир-бирине жардам берүүнү күнүмдүк адатка айландырсак, мугалимдердин кадыр-баркын ашырсак, окуу жайлардын окутуу шартын жакшыласак, окуучуларды жакшы окууга шыктандырсак жана үйрөнүүсүнө ыйгайлуу шарттар менен камдасак, билим системасын жаңыласак, башкалардын озот техникасын үзгүлтүксүз үйрөнсөк, илимий дүйнө карашты калптандырсак албетте атызатына ылайык коомго керектүү илим ээлери жетилип чыгып, мамлекетти өнүктүрөт, эл бакубат турмушта жашайт эле.

Кыргыз илим-техника тилин, өркүндөгөн Англис, Орус, Кытай тилинен жан-жактылуу пайдаланганда гана өнүктүрө алабыз, бүдөмүк аталмаларыбызды калпташтыра алабыз, техника ти-

лин байыта алабыз, ошондо “өз тилибизди өзүбүзгө кызмат кылдыра алабыз”.

Техника тилибиздин бечелдиги, шарттын жоктугу жана орусча үйрөнүп калган “көндүм адаттар” айынан, азырга чейин Кыргызча окуулук китептер, документтер, иш кагаздар, кызмат тилдердин бардыгы Орусча болуп калып, кыргыз тилинин куну жоюлуп, бара-бара жоголуу коркунучун туудурууда. Көптөгөн Кыргыздар илим-техниканы үйрөнмөк түгүл, андан алыстап, Кыргыз тилин жерип, Орусча сүйлөп калган. Мындай “Киргиздер” ди шаарлардын бардык жеринен кенен кезиктирүүгө болот.

Илим-техниканы ээлеген Кыргыздардын азыгынан ушул күнгө чейин завод-фабрикалар толук курулбай башка улутка көз-каранды болгон учурларды көрүп жүрөбүз. “Жат эл жарытпайт” дегендей өзүбүздөй кесип ээлери жетилип чыкмайынча, Кыргыз коому өнүкбөйт. Ошого мамлекеттин өнүгүп өркүндөөсү, элдин бактылуу турмушка жетиши, техникалык илимдерди окутуунун чордону болгон бирден-бир жаратылыштык жана техникалык илимдердин борбору “Кыргыз техникалык университети” нин өнүгүшүнө тыгыз байланыштуу деп кароого болот.

Ар бир улут өзүнүн улуу маданиятын, тарыхын, билим деңгээлин ж.б. ды, азыркы учурда озот техникалык ыкмалар аркылуу гана дүйнөгө таанытууга боло тургандыгын маалымат каражаттары далилдеди. Ошондуктан жалпы илим-техника кызматкерлерин, теника көнтөрүшүнө активдүү катышып, жаңы техникаларды жаратып, орток бир асыл максат үчүн күрөшүүгө, ар ким өзү жараткан ийгиликтерин кийинки урпактарга арноосуна, элдин идиологиясын (рухун) көтөрүп, ыйык жол ачып берүүсүнө чакырат элем.

Техикалык аталма-терминдерди Кыргызча калпташтырууда сакталган маселелер жана сунуш пикирлер.

1.Техникалык аталмаларды кыргызчага кабылдоодо, эгер ошол аталманын англисче-орусчасы окшош болсо, ошол бойдон кабылдоо, адабий тил боюнча алганга болбойт деп карайм, анткени ар бир илимдин өзүнчө тили болот, бул тилди өнүктүрүүнүн бир эрежеси. Мисалы (төмөнкү аталмалардын ирет тартиби: Англисче-Орусча-Кыргызча-Кытайча):

Signal-сигнал-сигнал-xin hao (ишарат, белги эмес)

Technique-техника-техника-(ji shu) (өнөр эмес)

Energy-энергия-энергия-(neng liang) (зарде эмес)

Modem –модем-модем-(mo xing,tiao zhi jie tiao qi)(калып эмес)

Address-адрес-адрес-di zhi(дарек эмес)

Information—информация-информация-(xin xi)(маалымат эмес)

Жогоруда “информация” жөнөндөгү түшүнүккө негизденгенде “маалымат” деп которсок толук мааниси чыкпай калат, мындай чет тилинен кирген терминдер арбын жолугат. Мисалы: материал, фактор, факт, теория, вектор, факультет, электрон, регистр, компьютер, принтер ж.б. Азыркыга чейин чет тилинен кирген сөздөр жыйнакталып басмадан чыга элек.

2. Кээ бир техникалык аталмаларды кыргызчалоого кыргыз тили толук маани бералбайт. Ар ким каалагандай иштетип жүрөт, мындай аталмалар калыпдануусу керек.

Техникалык кээ бир аталмаларды алгачкы үйрөнүүчүлөрдү эске алып, амалдын барынча өз тилибизге жаттыкташтырып жасасак да болот, мисалы:

Contacto-контактор-тиймектөөч-jie chu qi)

Scan-сканирование-сканерлөө-sao miao

Adressing-адресация-адрестөө-bian zhi

Cofiguration-конфигурация-септөө-pei zhi

Concentrator-концентратор

【сигнал】 жыйгыч-集中器 (pei zhi)

3. Кээ бир аталмалар азыркыга чейин талаш-тартышта, туруктуу эреже жок. Мындай сөздөрдү бирдикке келтирүү керек.

System-система-система, систем, сестима-系统 (xi-tong)

Machine-машина-машина, машине-机器 , 汽车 (ji qi , qi che)

English-Английский язык-Англис тили, Енглис - тили-英语 (ying yu)

Memory- память-сактагыч, эс-存储器 (cun chu qi)

Circuit-электрическая сеть-электр чынжыры, электр тизмеги-电路 (dian lu)

Power-источник питания-электр булагы, электр кайнары-电源 (dian yuan)

4. Мурунтан бери элге калыпдашкан аталмалар кыргызчага бурмаланып которулуп калган, окуулуктарда, радио телевизияларда кенен айтылып жүрөт, кээлери туура эмес

колдонулуп жүрөт. Мындай аталматерминдер ошол боюнча сакталганы он.

Line-линия-линия (Кытайлык кыргыздардын окуулуктарында: ления)

Chapter-глава-бөлүк (Кытайлык кыргыздардын окуулуктарында: бөлүм)

Period-период, цикл-период, мерчим (Кытайлык кыргыздардын окуулуктарында: мезгил)

Sputnik-спутник-спутник (Кытайлык кыргыздардын окуулуктарында: жасалма жандооч)

Medal-медаль-төш белги (сөздүн куну кетип калган, туурасы: медаль)

5. Кээ бир аталмалар иш кагаздарында, окуулуктарда туура эмес колдонулуп жүрөт. Буларды түзөтүп, аталма жасоо зарыл. Мисалы:

Content-содержание, каталог-мазмун (Кыргызчада: китептин каталогу деле “мазмун, ичиндегиси деле “мазмун” деп айтылып жүрөт, муну айырмалоого тийиш).

Allegation-заявление-арыз (Бирөөгө арызданса анан “арыз” болот, кыргызча “өтүнүч” деп алынса туура болот.

Point-точка-чекит (Кыргызча физика окуулуктарда бардыгын бирдей “чекит” менен айдаткан. Мисалы, мындай сөздөр бар: “чекиттин кыймылы..”, “материалдык чекит..”, “чекитчи таймер...” , “футболду А чекитке асалы....” . Ушундай одоно сөздөрдөн оолак болуу керек, менче кээлерин “чекит” , кээлерин кыргызчага жаттыкташтырып “точке” деп алса болот.

Particle-частица-бөлүкчө (физикада көзгө көрүнбөй турган эң кичик бүртүктү, кантип “бөлүкчө” деп айтабыз, буга физиктердир туура ат коюусун суранам).

Aeroplane-самолет-самолёт, аероплан (ал эми азыр “учак” деп айтылып, калпташкан аталма бузулуп жүрөт)

Direct current-постоянный ток-өзгөрмө ток (физика окуулугунда бирөөлөр “түз ток” деп которгон,анда “ийри тогу” кандай деп суроо коюлушу мүмкүн,антип элдин башын айлантпай “туруктуу ток” деп калпташтыруу керек. “ток” терминин, Кытайлык кыргыздар оозчо “төк” деп айтса, Кыргызстанда “свет” деп айтып көнгөн,эгер талаштырбай эле “агын” деп которулса, анде “ток (свет) жок” дегенди, эчким “агын” жок деп айтбайт, ошого “ток” деп эле калпташтырган оң.

Autotransport-автотранспорт-автоунаа (жээ экөө тең Кыргызча эмес, менимче экөө тең Орусча “автотранспорт” деп алынган жөн,

Кыргызча “машинелик катто” деп алганга эл көнбөсө керек).

Automobile-автомобиль-автомобиль (Муну “унаа ” деп алгандын ордуна, автомобиль деп эле алган оң). Мындай мисалдар арбын, бардык кесиптин ээлери өз тармагындагы аталмаларды жыйнап, атайын жыйындан өткөрүп маалында жарыялап туруу керек.

Техикалык аталмаларды Кыргызча калыпташтырууга коюлуучу талаптар.

1. Кыргыз эли техникадан алыстап кеткендиги себебинен жаңы аталмаларды калыптандыруусу, ошого түшүндүрмө сөздүктөр маалында үлгүрүп чыгуусу зарыл. Бул үчүн мамлекеттик тил комиссиясындагы ар кайсы кесиптин ээлерин, университеттин байланыштуу мугалимдерин жана орусча, англисче, кыргызча, кытайча тилдерди жакшы билген тилчилерди, мамандарды, кыргыз тилин-грамматикасын мыкты билгендерди баш коштуруп аталма кызматын жакшы иштеп, илим-техника сөздүктөрүн жана ага шайкешкен түшүндүрмө сөздүктөрдү тезден чыгаруу керек, мамлекет да бул ишке өзгөчө көңүл буруусу керек.

2. Англис тили дүйнөлүк тилдин туу чокусу экендигин эске алып, техникалык аталмалардын көбүнчөсүн англисче аталышы блюнча өз тилибизге жаттыкташтырып калыпташтыруу, ошол негизинде окуулуктар маалында Кыргызчага которулуп жарык көрүүсү зарыл. Эл ичинде алда небак калыпташкан аталмаларды бузбоо керек. Аталмаларга ат коюуда кесип ээлерине урмат кылуу керек, жөн эле бир адабият окуган тилчилер же редакторлор, техникалык аталмаларды адабийлештирип, оз оюн таңбастыгы керек.

3. Кыргыз тилинин орфографиялык (эмила) сөздүгү, грамматкасы дагы да такталып, толуктанып түзүлүшү эки мамлекетке тең жарашы керек. Кыргызстан менен Кытайдагы кыргыздар бирдикке келип өлчөмдүү бир грамматика мийзамын бекитүү, орток бир диалектти негиз кылуу керек. Мисалы, кытай тилинде Пекиндиктердин диалектикасы өлчөмдүү сөз иретинде колдонулат, ошолорду негизинде окуулук түзүлөт. Кыргыздар кайсы жердин диалектикасын негиз кылуусу чечилсе, одоно же сөгүнүп сүйлөгөн, аргындашкан, орусча аралаштырып сүйлөгөндөрдүн тили оңолуп, жаман адаты жоюлар эле.

4. Кош тилдүү окуулуктар, Англисче-Орусча-Кытайча-Кыргызча салыштырып түзүлгөн сөздүктөр, колдонмо материалдар

батыраак чыгып, окурмандарга татууланышы тийиш.

5. Кыргыз тилинин техникалык илимдердеги бечелдиги жоюлуусу, бардык жазма материалдар, иш кагаздар, документтер, окуулуктар жана пайдалануу материалдарынын бардыгы Кыргызчада чыгышы, ар-түрдүү жыйындар, конференциялардын бет ачары болсо да кыргызча башталганы жөн, кыргыз тилисиз жыйындар өтбөстүгү керек. Ошондо мамлекеттин, кыргыздын кадыр баркы өсөт. Нукура кыргыз салтын сактап, жаштарды кыргыз тил өткөлүнөн өткөрүү тийиш. “кыргыз тилин билүү парыз, кыргызча сүйлөбөгөн уят” деген угумду жалпы эл-журтка синдирүү керек.

6. Мамлекеттик тил-жазуу комитети, улуттук тил комиссияларынын рулун толук аткаруу, алардын эмгегине урмат кылуу, алар калыпташкан аталмаларды ошол боюнча колдонуу керек, техникалык аталмаларды каалагандай иштетүүгө тыюу салуу керек.

Бүгүнкү информация коому биздин техникалык абалыбыздын канчалык экендигин даана көрсөтүп берди. Техникалык тилибиздин өнүкпөгөндүгү, кемчиликтердин көптүгүнүн айынан, илим-техника салабыз куру бойдон кетүүдө. Бул макала аркылуу кыргыз тилинин күчүнө жана өнүгүшүнө гүмөндүү карап, өз тилин унутуп, орус тилин иштетүүгө көнгөн жалпы кыргыздарга өз көз карашымды сундум Биз дүйнөнүн кайсы жеринде жашабайлы, бизди илим-техника гана өнүктүрө тургандыгын унутпообуз керек, “убактыбыздын кеткени, бактыбыздын кеткени” деген сөздү айтуу менен, жалпы студенттерди, мекчил жаштарды алтындай убакытты кадырлап, илим-техниканы тынымсыз үйрөнүп, коом үчүн салым кошууга чакырамын.

Информация илими (информатика) жөнүндөгү түшүнүктөр, ага катыштуу болгон илимдер, кыргыз тилинин азыркы абалы, сакталган маселелер жана сунушталган талаптардын бардыгы, ушул салаадагы эмгектенип жаткан бардык илимпоздор, изилдөөчүлөр, мамандар, жетекчилер жана студенттер курамынын көңүл бурууга тийиштүү маселелери. Жогорудагы көптөгөн изилдөө темалары, биздин мундан кийинки аткарууга тийиштүү милдеттерибиз. Алады тактап, уландуу изилдеп, эмгектердин үзүрүн көрсөтүү - чыныгы билимдүү, жетишкен кыргыз азамат-кыздарынын колунан келээрине ишенем. Ко-

омдун бардык тармактарындагы илим-техника менен алпурушкан илим-техника кызматкерлерин, ушул темаларды бирге изилдөөгө, кыргыз тилин байытууга салым кошушуна, эмгегиинин натыйжасын элге тартулоого үндөйм.

Электрдик информация системин изилдөө жана заманбап техникалык кыргыз тилин жаратууга биздин коомубуз аябай муктаж болуп турат, ошого “табият-техника илимдерин кыргыз тилинде окутуунун түйүндүү көйгөйлөрү” аттуу бул эл-аралык конференциянын, ушундай кырдаалда ачылышынын мааниси терең.

Конференция аркылуу кыргыз тилинде сакталып кележаткан түрдүү маселелер чечилет, техникалык тилдерди өнүктүрүүгө жагдай жаратылат. Орток пикирлешүү аркылуу, бир-бирибизди шыктандырып, жаштарды илимге чабыттандырып, алардын заманбап жогору техникаларды үйрөнүүсүнө шарт түзүүгө, мамлекеттин өнүгүүсүнө өбөлгө болууга болот.

Бул конференция, ар кайсы мамлекеттерден келген профессорлордун, илимпоздордун, мамандардын жана этни-

калык кыргыздардын, КМТУ жамааты менен өз-ара тажрыйба алмаштыруусуна, биргелешип илим-техникалык изилдөө жүргүзүүсүнө шарт түзүп берет.

Конференцияга сунушталган кундуу макалалар, дүйнөгө кыргыз элин таанылат, эне тилдин кадыр-баркын көтөрөт.

Ушул конференцияга күч жумшаган жетекчилерге, катышкан мамандарга, адал эмгегин сиңирген мугалим-изилдөөчүлөргө ыразычылыгымды билдирем.

Бул макала аркылуу, илим-техника сааласындагы кесиптештеримди, жогоруда сунушталган темалар жана ойлор боюнча, мени менен өз-ара пикир алмашуусун, орток изилдөө жүргүзүүсүн жана илим-техника сөздүгүн чыгарууга күч көрсөтүүсүн үмүт кылам.

Адабияттар

[3] Нургазы Жумалы. Ханзуча (Кытайча) - Инглисче-Кыргызча компьютер технология сөздүгү. Бишкек: КМТУ Техник басма борбору, 2003. - 168 б.

УДК 621.315.1.019.3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА НА ОСНОВЕ PLC

Нургазы Жумалы

Синьцзянский университет, Электротехнический институт, г. Урумчи, КНР

В данной статье рассматривается использование техники программируемого контроллера (PLC) для комплексной автоматизации подстанции с конкретными примерами, представлено новый метод проектирования релейной защиты, представлено архитектура схемы для выполнения релейной защиты трансформатора, логическая функция системы, основная программа защиты, а также указаны методы проектирования для комплексной автоматизированной системы на основе PLC.

Релейная защита трансформатора является важным элементом для надежной гарантии безопасного и стабильного функционирования энергосистемы. Чтобы устройство безотказно работало, применяем современные PLC. В целях обеспечения безопасной эксплуатации трансформатора и предотвращения несчастных случаев должны быть установлены защитные устройства для обеспечения технических требований, это имеет первостепенное значение. Техника комплексной автоматизации подстанции является новой технологией и интегрированным приложением в области автоматизации. Современные PLC и коммуникационные технологии имеют инновационные значения для традиционной подстанции. Комплексная автоматизированная система имеет следующие характеристики: интегрированные функции; мик-

рокомпьютеризация структуры; экранизация мониторинга; интеллектуализация эксплуатации и управления. Используемые PLC в системе комплексной автоматизации для центральной подстанции, могут изменить традиционные способы контроля, позволяют автоматически отслеживать режим работы подстанций, контроля и передачи данных, а также других задач. В данной статье выбрано FX2N Серия PLC MITSUBISHI компания Японии и составлено программа для релейной защиты типичных 35/10KV трансформатора.

Структура системы релейной защиты для трансформатора. PLC является одним из современного контроля, широко используется в области автоматического управления. Система РЗ трансформатора на основе PLC можно разделить на три уровня: уровень

организации, уровень мониторинг - координации, уровень исполнителя, как показано на Рис.1.

Программирование релейной защиты для трансформатора на 35/10KV линии
1. структура программы трансформатора.
 В настоящее время, использованная устройства релейной защиты для 35KV двух обмоточного трансформатор, где главная конфигурация выглядит следующим образом: Продольная дифференциальная защита; МТЗ; Защита от перегрузки и т.д.

Для осуществления всех функции релейной защиты трансформатора, после анализа входных и выходных сигналов, выбрано FX2N-16MR-001.

Конфигурация системы выглядит следующим образом, как показано на Рисунке 2. Для подстанции в АО «Северэлектро» (35/10KV) мощностью 4.0KVA, расчетом определен выбор срабатывания защиты следующим образом: (1) дифференциальная защита: ток срабатывания защиты - 247.73А, ток срабатывания реле - 7,14 А. (2) максимальная токовая защита (сторона 35KV): ток срабатывания защиты - 450А, ток срабатывания реле - 12.9А, время срабатывания защиты – 2 с. (сторона 10KV) ток срабатывания защиты - 1700А, ток срабатывания реле - 6.33А, время срабатывания защиты - 1.7секунд.

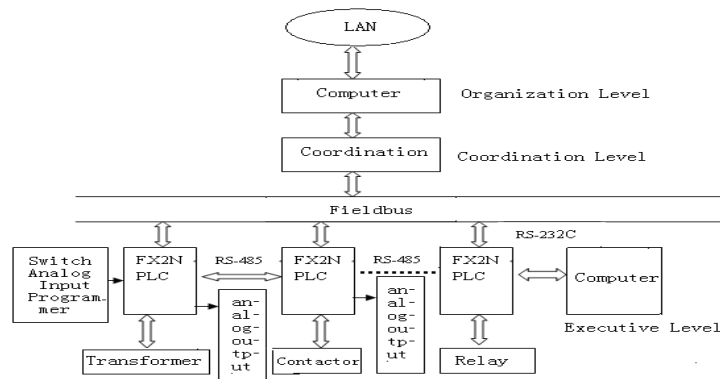


Рис. 1. Структура системы релейной защиты трансформатора

(3) Защита от перегрузки: (35KV) ток срабатывания защиты - 205.0А, ток срабатывания реле - 3.4А, время срабатывания реле – 8с. (10KV) ток срабатывания защиты -

1204.2А, ток срабатывания реле - 4.0А, время срабатывания защиты – 8с. Общая структура показана на рис.3:

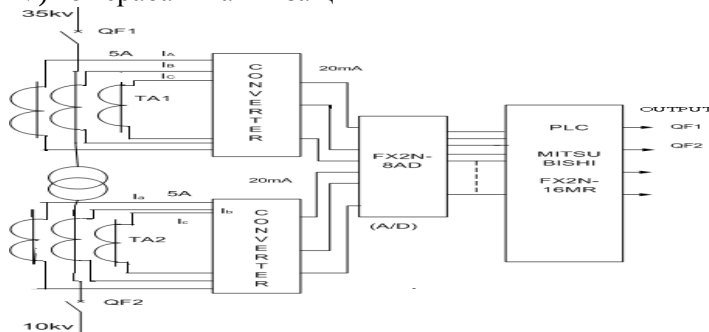


Рис. 2. Структура системы релейной защиты трансформатора

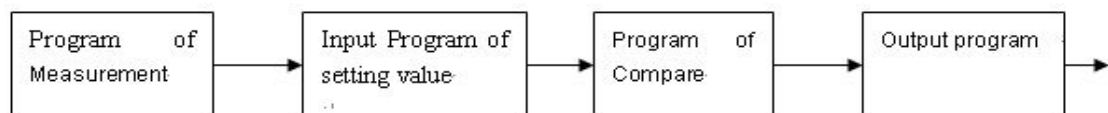


Рис. 3. Общая структура программы защиты трансформатора

2. Программирование: Для программирования использовано программное обеспечение GX- Developer. Для модуля аналогового ввода использован отдельный FX2N-8AD модуль с функциональными командами

для программирования, в общем 743 строки программы.

• **Программирование максимальной токовой защиты (overcurrent protection).** Логическая схема программы показано на рис.4.

Для программирования использованы 36 маркеров, 6 регистров данных и 2 таймера. Для измерения использованы

TO, FROM, MEAN и подобные прикладные инструкции (команды), в общем 163 строки программы.

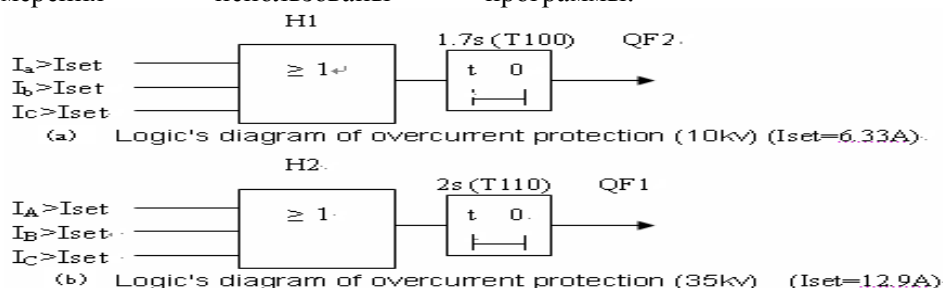


Рис. 4. Логическая схема программы МТЗ трансформатора

Для ввода тока срабатывания применяются DMOV, DFLT, DEDIV. Для сравнения и распознавания значений измеренного тока с током срабатывания, использованы команды DECMP, MPS, MRD, MPP, OUT.

• **Программирование дифференциальной защиты.** Логическая схема программы как показано на рис.5. Для программы вычисления использовано LD, DSUB команды, в общем 37 строки программы. Для программы

сравнения и распознавания использованы DECMP, MRD, MPP команды, в общем 81 строки программы.

• **Программирование защиты от перегрузки.** На рис.6. показано логическая схема защиты от перегрузки трансформатора. Для программы сравнения и распознавания тоже использованы DECMP, MRD, MPP и т.д. инструкции.

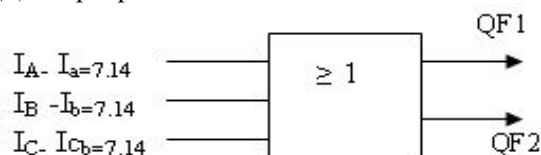


Рис. 5 Логическая схема прог. для диф. защиты трансформатора

35KV сторона: в общем 69 строки программы, на 10KV стороне: в общем 67 строк программы.

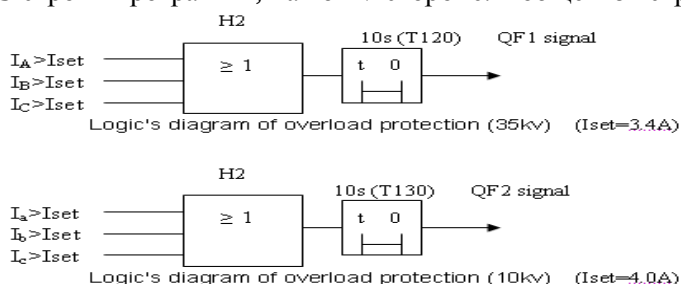


Рис. 6. Логическая схема защиты от перегрузки трансформатора

• **Программирование для выхода трансформатора.** Используются базовые команды, в общем 40 строки программы.

Выводы. Система комплексной автоматизации для подстанции и электроснабжения является тенденцией развития энергосистемы и важным показателем к улучшению качества продукции, развития общества, также является улучшением качества электроснабжения, повышением надежности работы энергетических предприятий.

Программы на основе PLC, которые будут полностью удовлетворять низковольт-

ные распределительные сети для особых потребностей в автоматизации. Основная идея заключается в следующем: в полной мере использовать PLC, Можно совершить функцию подстанции, так называемый "управление - интеграция, контроль - децентрализация". Использование PLC на различных защитах трансформатора можно повысить качество электрического напряжения, непрерывно улучшать функцию системы, а также реализовать функцию RTU. PLC использует технологию общая шина (Bus) совместно с программным обеспечением Kingsoft, может

организовать локальную сеть с использованием многочисленных PLC. Основные функции PLC в комплексной автоматизированной системе: сбор данных, обработка данных, учет, контроль, релейная защита, дистанционное управление и регулирования, самопрогнозирование базы данных комплексной автоматизации и т.д. Использование PLC может обеспечить функции SCADA: сбор данных; дисплей информации; мониторинг, сохранение информации и вычисленных данных; RTU; запись аварии и т.д., поэтому требует 9 software. Для проектирования программного обеспечения системы релейной защиты трансформатора использованы программное обеспечение GX- Developer и GX- Приложение:

Simulator7-C соответствующей FX2N серии PLC, этот пакет имеет функцию не только программирования, но также имеет функцию моделирования.

Литература

1. 程子华. PLC原理与编程实例分析[M]. 北京:国防工业出版社, 2007.
2. 刘学军. 继电保护原理[M]. 北京:中国电力出版社, 2007.
3. 张保会, 伊项根. 电力系统继电保护原理[M]. 北京:中国电力出版社, 2007.
4. 高亮. 电力系统微机继电保护[M]. 北京:中国电力出版社, 2007.
5. Э.Басс, В.Г. Дорогунцев. Релейная защита электроэнергетических систем.- М. : Издательство МЭИ, 2002.

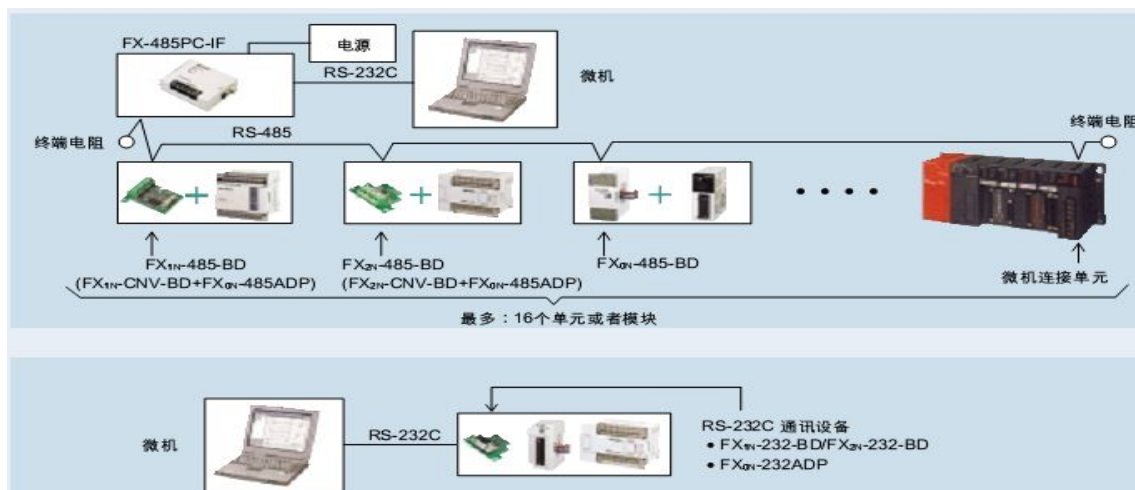


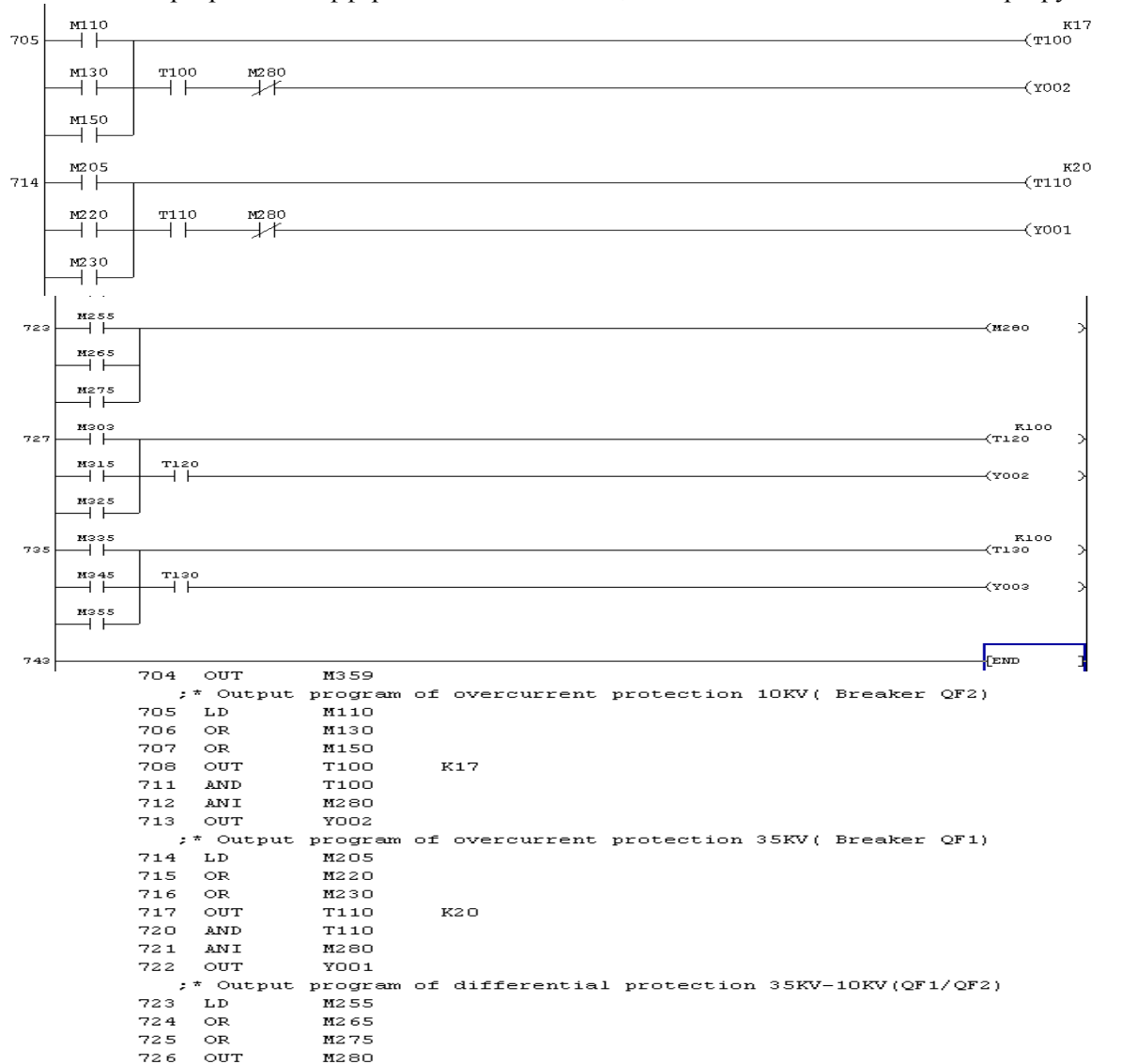
Рис Компьютер через RS-485 связи с PLC программа дифференциальной части защиты (differential protection)

```

; * PROGRAM OF DIFFERENTIAL PROTECTION (Compare and judgement)
498 LD M65
499 DECMP D300 D160 M250
512 MPS
513 AND M250
514 OUT M254
515 MRD
516 AND M251
517 OUT M255
518 MRD
519 AND M252
520 OUT M256
521 MPP
522 DECMP D310 D160 M260
535 MPS
536 AND M260
537 OUT M263
538 MRD
539 AND M261
540 OUT M265
541 MRD
542 AND M262
543 OUT M267
544 MPP
545 DECMP D320 D160 M270
558 MPS
559 AND M270
560 OUT M273
561 MRD
562 AND M271
563 OUT M275
564 MPP
565 AND M272
566 OUT M277

```

выходные программы дифференциальной защиты, токовой защиты и защита от перегрузки:



УДК 621.311 (575.2)

КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Баев Б.И.*Министерство промышленности, энергетики и топливных ресурсов Кыргызской Республики*

В работе рассматриваются проблемы кадрового обеспечения развития энергетики Кыргызстана в перспективе в связи с сооружением и вводом в действие новых энергетических объектов для обеспечения энергетической безопасности страны и ее регионов.

Энергетический комплекс страны играет важную роль в энергоснабжении реального сектора экономики, сферы услуг и населения Кыргызской Республики и вступает в новую позитивную фазу развития с началом строительства Камбар - Атинских ГЭС. Ввод в действие которых в Национальной энергетической программе на 2008 -2010гг и стратегии развития ТЭК до 2025г намечено: в конце 2009г первого агрегата Камбаратинской ГЭС – 2 с вводом на полную мощность 360 МВт в 2010г, сооружение и ввод в действие Камбаратинской ГЭС-1 установленной мощностью 1900 МВт к 2020 году. Одновре-

менно намечается сооружение Верхне - Нарынских ГЭС 1, 2, 3 суммарной установленной мощностью 180 МВт и Акбулунской ГЭС – 200 МВт.

При благоприятных инвестиционных условиях возможно строительство Сары-Джазских ГЭС суммарной установленной мощностью 1200 МВт, к 2020-2025 годам. Альтернативными вариантами для усиления базовой мощности энергосистемы являются строительство Бишкекской ТЭЦ-2 мощностью 400 МВт и сооружение Кара-Кечинской тепловой электростанции мощностью 1200

МВт (далее – ТЭС) на угольном месторождении «Кара-Кече».

Выдача мощности и энергии в перспективе требует соответствующего развития магистральных электрических сетей 220-500 кВ за счет решения проблем усиления связи 500 кВ Юг–Север энергосистемы страны. Для увеличения передачи электроэнергии на север республики намечено создание нового питающего центра 500 кВ – подстанции 500/220 кВ «Кемин» с ЛЭП 500 кВ Юг–Север, позволяющих в будущем выполнить присоединение и выдачу мощности Камбаратинских ГЭС.

Для развития магистральных электрических сетей юга республики и снятия энергозависимости от соседних стран планируется строительство подстанции 500/220 кВ «Датка». Со строительством подстанции «Датка» предполагается реконструкция сетей 220 кВ общей протяженностью 360 км. В 2008-2010 годы намечается завершение проекта «Улучшение электроснабжения Баткенской области» (строительство ВЛ-110 кВ «Айгульташ – Самат»). Кроме того, необходимо строительство ЛЭП-500 кВ «Датка - Худжанд» (Таджикистан) для экспорта электроэнергии в энергосистемы стран Южной Азии.

В целом в НЭП определены следующие главные цели развития электроэнергетики на период до 2025 года:

- формирование структуры и размещение генерирующих мощностей и передающих магистральных электрических сетей, гарантирующих энергетическую безопасность и самообеспеченность Кыргызской Республики энергоресурсами;

- обеспечение надежного снабжения электрической и тепловой энергией внутренних потребностей экономики и населения страны; и др.

- завершение реформирования ЭЭС как полноценного элемента рыночной экономики в соответствии с новыми положениями энергетической политики, с принятием необходимых законодательных и нормативных правовых актов, направленных на регулирование происходящих в секторе процессов;

- доведение до уровня, приближающегося к мировым показателям, основных индикаторов эффективности производства, передачи и распределения электрической и тепловой энергии, вредного воздействия на окружающую среду;

- модернизация и наращивание производственного потенциала ЭЭС и повышение его эффективности на основе использования новых технологий, внедрения автоматизированных систем управления и оптимального регулирования графиков нагрузки;

- создание комплексов генерирующих мощностей и передающих линий электропередачи на базе использования гидроэнергетических ресурсов и угольных месторождений страны, ориентированных, преимущественно, на экспорт электроэнергии и электроснабжение крупных энергоемких производств, способствующих повышению эффективности отрасли и устойчивому развитию экономики Кыргызской Республики;

- активное участие в процессах межгосударственной интеграции в области электроэнергетики в рамках ЕвразЭС и на двусторонней основе, в подготовке и создании единого конкурентного рынка электрической энергии и мощности.

Реализация поставленных целей и задач потребует привлечения высококвалифицированных кадров по всем направлениям деятельности энергетических компаний страны и их структурных подразделений. На сегодня численность занятых в электроэнергетике составляет 13503 человека из них производственный персонал 7499 человек, ремонтный – 3545 человек, эксплуатационный 6190 человек, административно-управленческий персонал – 1336 человек, реализацией или сбытом электро- и теплоэнергии заняты около 3274 человека.

С вводом вышеперечисленных новых объектов и ростом установленной мощности и выработки электроэнергии почти в 2 раза в перспективе численность как производственного, так и эксплуатационного и ремонтного персонала будет увеличиваться. Соответственно потребуются управленцы нового поколения или топ-менеджеры, которые должны владеть как теоретическими, так и практическими навыками стратегического менеджмента, планирования производства электро- и теплоэнергии, повышения энергоэффективности ТЭК и в целом отраслей экономики и сферы услуг и в целом обеспечения энергетической безопасности страны и ее регионов.

В связи, с чем стоят большие задачи перед Кыргызским государственным техническим университетом, который является на протяжении 55 лет «кузницей кадров» для отраслей топливно-энергетического комплекса страны. Выпускники энергетического факультета успешно трудились, трудятся и

думаю будут трудиться на флагмане – Каскаде Токтогульских ГЭС, ТЭЦ г. Бишкек и г. Ош, Ат-Башинской ГЭС, в передающих и распределяющих электросетевых компаниях и в перспективе Камбар – Атинских ГЭС, на предприятиях высоковольтных систем передач электроэнергии и распределителях и сбытовых компаниях.

Для обеспечения качества выполняемых работ необходимо повысить качество образования и подготовки высоко – классных специалистов инженерно-технических, проектно-изыскательских, финансово-экономических, управления и менеджмента, бизнеса и коммерческой деятельности, стратегического планирования, прогнозирования и оптимизации энергетических балансов и по многим другим направлениям.

Особо следует отметить о необходимости ускоренной подготовки рабочего класса для успешного строительства Камбаратинских ГЭС и последующих гидроэлектростанций и теплоэлектростанций; сооружения воздушных и кабельных линий электропередач. Для этого необходимо расширение сети профессионально – технического обучения или лицеев, в районах сооружения новых объектов энергетики для привлечения местной молодежи и сократить миграционные потоки дешевой рабочей силы в соседние страны.

Успешное развитие ТЭК и реализация задач, поставленных НЭП, невозможны без проведения соответствующей научно-технической и инновационной политики.

Основной целью научно-технической политики намеченной в НЭП является поддержка Правительством Кыргызской Республики научно-исследовательских работ в области энергетики и внедрение новейших достижений науки и техники с целью существенного повышения эффективности функционирования отраслей ТЭК. Для этого предложены следующие приоритеты государственной научно-технической и инновационной политики:

- реконструкция и техническое перевооружение действующих объектов ТЭК;
- воссоздание и развитие научно-технического потенциала, включая прикладные разработки, модернизацию экспериментальной базы научных организаций и системы научно-технической информации;
- создание благоприятных условий для развития инновационной деятельности, направленной на коренное обновление производственно-технологической базы ТЭК, ре-

сурсосбережение и улучшение потребительских свойств продукции;

- совершенствование всех стадий инновационного процесса, повышение востребованности и эффективности использования результатов научной деятельности;

- использование потенциала международного сотрудничества для применения лучших мировых достижений и вывода отечественных разработок на более высокий уровень;

- сохранение и развитие кадрового потенциала.

Для достижения указанных приоритетов научно-технической и инновационной политики в НЭП определены следующие задачи: выявление и экономическая поддержка перспективных направлений научно-технической и инновационной деятельности через государственные целевые научно-технические и инновационные программы и проекты; организация системы государственного учета и контроля за реализацией результатов научных исследований и экспериментальных разработок в энергетической сфере, создание эффективной информационной инфраструктуры в области науки, образования и технологий в отраслях ТЭК; финансирование науки в энергетической сфере; содействие разработке и внедрению новых эффективных экологически безопасных технологий добычи, производства, преобразования, транспорта и комплексного использования ТЭР, с приоритетным использованием собственных источников.

Необходимым условием реализации указанных направлений научно-технической политики в отраслях ТЭК является сохранение и развитие кадрового потенциала в научной и научно-технической деятельности. Для этого должно быть обеспечено повышение престижа и привлекательности научно-технической деятельности; создание условий для привлечения и закрепления новых кадров в сфере науки; обеспечение взаимосвязи подготовки научных кадров при реализации важнейших инновационных проектов государственного значения; повышение качества подготовки научных кадров высшей квалификации, систематическое повышение квалификации руководящих кадров и инженерно-технических работников всех звеньев ТЭК.

В новых, быстро меняющихся условиях становления рыночной экономики руководители отрасли, ее предприятий и структурных подразделений затрудняются в обеспечении

необходимого уровня руководства без овладения и постоянного совершенствования знаний как в области менеджмента и маркетинга, так и в области новейших технических достижений в обслуживаемом секторе. Существующая система переподготовки руководящих кадров, в том числе помощь различных программ и фондов, являются недостаточными.

Для улучшения положения необходимо сделать обязательной систематическую переподготовку руководящих кадров, для чего организовать постоянно действующие учебные курсы переподготовки и повышения квалификации руководящих кадров ТЭК с привлечением для обучения ведущих специалистов Кыргызской Республики и других стран.

Процесс переподготовки должен включать следующие основные направления:

- стратегического прогнозирования, планирования и экономического анализа деятельности предприятий ТЭК в условиях рынка;
- совершенствования ценообразования на энергоносители в условиях разгосударствления и приватизации предприятий ТЭК;
- стратегического менеджмента и совершенствования методов корпоративного управления энергокомпаний и их структурных подразделений;
- прогнозирования сбалансированного спроса на энергоносители в условиях колебания мировых цен на нефть, газ и оптимизации топливно-энергетического баланса;
- энергосберегающей политики и повышения энергоэффективности по всей цепочке энергетического производства, начиная от добычи, транспортировки, переработки, производства конечных энергоносителей и доставки до потребителя;
- разработки программ энергосбережения на предприятиях реального сектора экономики и сферы услуг и контроля соблюдения стандартов и нормативов потребления ТЭР;
- научно-технический прогресс в системах производства и учета потребления электро- и теплоэнергии, а также природного газа, в сокращении их потерь от добычи, транспортировки, переработки, производства конечных энергоносителей и использования у потребителя;
- научно-технический прогресс в производстве энергосберегающего оборудования, технологий производства в реальном

секторе экономики, внедрение ресурсо-, энергосберегающих экологически чистых технологий производства конечной продукции.

- институциональные аспекты организации, управления и менеджмента энергетического производства, совершенствование нормативно-правовой базы и др.

Обострение энергетического кризиса в ОЗП 2008-2009гг, из-за сработки Токтогульского водохранилища, показал насколько важно решение водно- энергетических проблем в ЦА.

В связи с чем необходимо активное участие в процессах межгосударственной интеграции в области электроэнергетики в рамках ЕврАзЭС и на двусторонней основе с соседними странами в подготовке и создании единого конкурентного рынка электрической энергии и мощности и внедрения экономических механизмов в использовании водно-энергетических ресурсов в ЦА.

Решение этой важнейшей проблемы также требует подготовки кадров не только в нашей стране, но и в Узбекистане, Казахстане, Таджикистане и Туркмении.

В этой связи в МПЭ и ТР КР рабочей группой был разработан проект Концепции Международной водно-энергетической академии (МВЭА) ЦА, создание которой было инициировано Посольством Германии и поддержано ЕС. Проект внесен в июле 2008г в Аппарат Президента КР и МИД КР и находится в процессе согласования с официальными представительствами соседних государств ЦА.

Основные задачи МВЭА:

1. Разработка взаимоприемлемых, научно-обоснованных и адаптированных к международным стандартам предложений по эффективному и устойчивому использованию ВЭР, полученных на основе комплексного подхода исследований механизмов по эффективному использованию и интегрированному управлению ВЭР на территории Центральной Азии.

2. Переподготовка специалистов и руководителей высшего звена, заинтересованных министерств и ведомств государств ЦА, профессорско-преподавательского состава ВУЗов ЦА путем организации платных тренингов (в т.ч. дистанционных тренингов) различной длительности с привлечением и использованием опыта крупных ученых и международных экспертов стран ЕС и ЦА;

3. Подготовка высококвалифицированных специалистов, экспертов и менеджеров в

области ИУВЭР, международного водного права и устойчивого развития на базе магистратуры, аспирантуры и докторантуры и создание учебно-методической базы, предлагаемой магистратуры и аспирантуры, для подготовки научных и практических сил нового поколения

Таким образом, деятельность МВЭА должна будет направлена на обеспечение руководителей государств ЦА научно-обоснованной, взвешенной и взаимовыгодной вариантами решения узловых проблем, связанных с рациональным распределением и использованием водно-энергетических ресурсов (ВЭР).

МВЭА могла бы стать научно-практической и учебной базой проведения совместных исследований и воспитания научных и практических сил новой генерации.

В дальнейшем высококвалифицированные специалисты и эксперты, обладающие

знаниями по таким специальностям, как управление водными и энергетическими ресурсами, гидроэнергетика и мелиорация, международное водное право, экономика природных ресурсов, метеорология и экология, превратят деятельность МВЭА в элемент обеспечения устойчивого развития стран ЦА.

Литература

1. Национальная энергетическая программа КР на 2008-2010гг и стратегия развития ТЭК до 2025 года. МПЭ и ТР КР. КНТЦ «Энергия», Бишкек: Инсанат, 2009.
2. Проект Концепции Международной водно-энергетической академии. МПЭ и ТР КР. 2008.

УДК 621.311.4:621.3.036.61:666.193

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЛАВКИ БАЗАЛЬТОВЫХ ПОРОД

Байсалов Э.А., Кадыров И.Ш., Полянинов Г.А., Дубинин Ю.Н.

КГТУ им. И.Раззакова

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Бишкек

В работе рассматриваются принципы организации энергосберегающей схемы электропитания электродов электродуговой установки для плавки базальтовых пород.

На основе высококачественных негорючих базальтовых волокон изготавливаются энергосберегающие (тепло-, шумо-, пожаро-) изоляционные материалы, которые широко используются при строительстве новых и при реконструкции действующих зданий, сооружений различного назначения.

В связи с переходом на электрический способ плавления базальтовой породы взамен газопламенного способа стало актуальным создание электроплавильной печи с оптимальным расположением графитовых электродов с электрической схемой, позволяющей в режиме розжига получать стабильную дугу при токах не превышающих $I_n = 400 \div 600 \text{ А}$ и поддержания постоянной температуры плавления в процессе получения высококачественных волокон.

Цели и методы. В [1] предложен вариант горизонтального расположения гра-

фитовых электродов в электродуговой печи, когда электроды: 4,5,6 образуют зону плавления; 3,7 - зону подогрева; 2,8 - зону гомогенизации; 1,9 - зону подготовки расплава, как показано на рис. 1. Для обеспечения не-

обходимого

температурного режима расплава равной $1420^\circ \pm 10^\circ$

графитовые электроды каждой зоны запитываются от

индивидуальных

источников

электропитания. Электроплавильная печь должна сообщать расплаву

вполне определённую тепловую энергию,

только при этом условии достигается необходимая

температура и вязкость расплава. Проходя по лотку через дутьевую головку расплав выходит в виде волокон, которые классифицируются в зависимости от диаметра волокна на: супертонкие (от 0,5 мкм до 3 мкм); тонкие (от 3 мкм до 6 мкм) и т.д. – ГОСТ 4640 – 93.

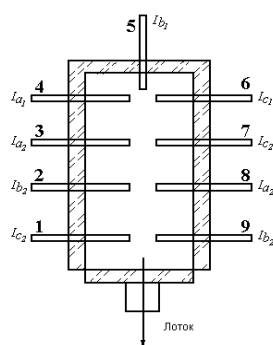


Рис. 1. Схема электроплавильной печи с 9-ю электродами.

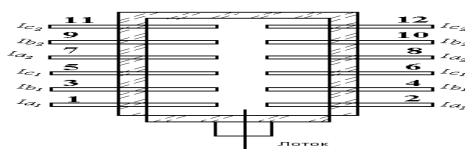


Рис. 2. Схема

В результате проведенных лабораторных исследований на экспериментальной опытно-промышленной электродуговой печи получены следующие технические характеристики:

- номинальная мощность, кВт/ч 300;
- верхнее значение напряжения, В 380;
- нижний предел напряжения, В 210;
- рабочий ток, А 400;
- диаметр электрода, мм 100;
- количество электродов, шт. 9;
- удельный расход электроэнергии на 1 кг расплава, кВт 4÷4,5.

Электрооборудование этой электроплавильной печи состоит из двух трехфазных трансформаторов, имеющих жесткую вольт-амперную характеристику. При этом электроды 4,5,6 получают питание от вторичных обмоток первого трансформатора, соединенные в звезду, а электроды 3, 7; 2, 8; 1, 9 – от вторичных обмоток второго трансформатора.

Экспериментальные плавки базальтовых пород с различными фракциями выявили, что дуга на открытом воздухе горит неустойчиво при токах значительно превышающих максимальное значение рабочего тока (600 ÷ 900) А. Для достижения экономичного режима розжига была предпринята попытка регулирования напряжения электродов путем переключения ступеней вторичных обмоток трансформаторов с помощью пускорегулирующей аппаратуры. Однако такой способ регулирования не дал желаемого эффекта и не обеспечил плавное регулирование выходного напряжения.

В [1] предложен другой вариант регулирования напряжения, когда последовательно вторичной обмотке основного трансформатора был подключен дополнительный вольтдобавочный трансформатор с рабочей обмоткой, имеющей участок крутопадающей вольтамперной характеристикой. За счет этого удалось добиться приемлемых режимов технологического процесса производства базальтовых волокон не только в момент розжига, но и в процессе поддержания постоянной температуры расплава, так как появилась возможность вручную, путем увеличения относительного расстояния между первичной

и вторичной обмоток вольтдобавочного трансформатора регулировать напряжение электродов в пределах 0 ÷ 15 В от номинального.

Достоинством такой схемы электропитания электродов является его простота, не требующей квалифицированного обслуживания во время эксплуатации, достижение достаточно эффективной защиты от токов короткого замыкания.

Недостатки, рассмотренной выше электрической схемы очевидны, так как:

- габариты вольтдобавочных трансформаторов становятся соизмеримыми с основным трансформатором, что значительно увеличивает установленную мощность электрооборудования печи;
- большие потери электрической энергии в цепях основных элементов, особенно в моменты розжига, которые при нормальном истечении процесса длится в пределах 1-1,5 часа;

– значительные реактивные токи 20 ÷ 25 % от номинального тока;

- применение ручного способа регулирования напряжения электродов.

Кроме того, в результате длительной эксплуатации электропечи было выявлено, что температурные режимы горения групп электродов при такой схеме электропитания неодинаковы. Электроды 4,5,6, - обеспечивали 50% всей мощности печи, т.к. в этой зоне, согласно технологическому процессу необходимо: испарить химически несвязанную воду; нагреть базальтовый щебень до температуры плавления; испарить химически связанную воду; расплавить базальтовый щебень; довести расплав до определённой вязкости, чтобы он мог перетечь к следующей паре электродов 3,5.

Опытным путём установлено, что тепло подводимое к рубашкам охлаждения электродами 4,5,6 в процессе работы плавильной печи превышало объёмы отводимого тепла, это приводило к образованию на поверхности рубашки охлаждения слоя накипи и как следствие дальнейшее ухудшение теплоотвода от поверхности рубашки. Окончательный финал – разрушение поверхности рубашки.

Указанные выше недостатки потребовали изменения расположения графитовых электродов, а также качественного изменения электрооборудования электроплавильной печи для получения экономичного, энергосберегающего технологического процесса производства базальтовых волокон.

Результаты исследований. В резуль-

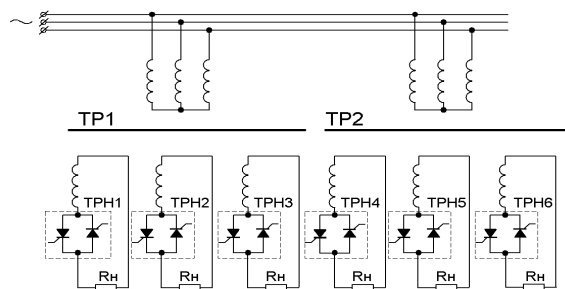


Рис.3. Принципиальная схема электрооборудования печи.

тате чего был предложен вариант электроплавильной печи с двенадцатью электродами, которые равномерно попарно были рас-

Принципиальная схема электрооборудования плавильной печи, обеспечивающая энергосберегающее производство базальтовых волокон, показана на рис. 3. В этой схеме шесть тиристорных регуляторов напряжения, работающие независимо друг от друга, обеспечивают питание 12 электродам, которые зажигаются попарно, в последовательности, заданной для получения жидкой базальтовой субстанции в необходимом объеме при производстве базальтовых волокон.

Функциональная схема системы управления ТРН (рис.4) состоит из следующих основных элементов: РН – регулятор напряжения; РТ – регулятор тока; СИФУ – система импульсно – фазового управления ТРН; ТТ – трансформатор тока; ДТ – датчик тока; ТН – трансформатор напряжения; ДН – датчик напряжения; БП – блок питания; ПУ – пороговое устройство; ГТИ – генератор тактовых импульсов; СС – схема совпадения; СУС – схема управления сигнализацией. регуляторы тока РТ и напряжения РН задают, соответственно, режимы розжига, обеспечивая ток, не превышающий $I_n = 400 \div 600 \text{ А}$ и напряжение для поддержания заданной температуры расплава в процессе дутья. Прохождение расплава через дутьевое устройство для его последующего раздува в волокна уменьшает объем расплава в бассейне электроплавильной печи. Вновь загруженный базальтовый щебень увеличивает сопротивление базальтового расплава, при этом уменьшается ток, протекающий между электродами, на что регулятор тока автоматически увеличивая напряжение ТРН, обеспечивает постоянство температуры расплава. Увеличение расстояния между электродами в процессе горения также приводит к возрастанию сопротивления расплава. Тогда регулятор тока, постепенно поднимая выходное напряжение ТРН, доведет его до насыщения и ток, протекаю-

положены по всей длине бассейна (рис.2). Взамен вольтодобавочных трансформаторов были установлены тиристорные регуляторы напряжения (ТРН) с возможностью работы в режиме источника тока в процессе розжига и в режиме источника напряжения в процессе поддержания температуры расплава. При составлении схемы управления ТРН, кроме указанных выше особенностей, необходимо было учесть, что по мере сгорания электродов расстояние между ними увеличивается, и соответственно увеличивается электрическое сопротивление базальтового расплава. В связи с этим возникает необходимость вдвигать на соответствующее расстояние графитовый электрод вручную по звуковой или световой сигнализации.

щий между электродами, начнет спадать. В этом случае сработает пороговое устройство ПУ и разрешит схеме совпадения СС прохождение тактовых импульсов с выхода генератора ГТИ на вход схемы управления сигнализацией. Сигнальная лампа начнет мигать с частотой задаваемой ГТИ, на что обслуживающий персонал произведет вдвигание графитовых электродов на соответствующее расстояние. При этом уменьшится сопротивление расплава, регулятор тока уменьшит напряжение на выходе ТРН и процесс производства базальтовых волокон продолжится в нормальном режиме.

СИФУ формирует импульсы управления силовым тиристором с углом запаздывания α , зависящим от напряжения управления U_y в соответствии с линейно изменяющим опорным напряжением, синхронизированным с сетью U_c .

Сигналы обратной связи формируются датчиками тока ДТ ($U_{от}$) и напряжения ДН ($U_{он}$), на входы которых поступают сигналы с трансформатора тока и трансформатора напряжения. Принципиальные схемы регуляторов тока и напряжения могут определиться только в результате синтеза системы управления электрической части электроплавильной печи.

Синтез системы управления ТРН можно произвести методом последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат, разработанный в теории электропривода. Для этого необходимо составить структурную схему двухконтурного регулирования напряжения электродуговой печи, с внешним контуром напряжения и внутренним контуром тока, т.к. напряжение является основным параметром регулирования в этой системе (рис.5).

$$W_{o,p,\tau} = \frac{k_n}{T_\mu p + 1} \cdot \frac{1}{R_n}. \quad (1)$$

Сопротивлением нагрузки R_n в этой схеме является сопротивление между электродами в процессе горения, которое для электроплавильной печи является чисто активным. Поэтому электрические величины в цепи переменного тока даны в действующих

значениях (U_n, I_n), а остальные сигналы U_{zn}, U_{zt}, U_y , включая $U_{от}, U_{он}$, являются сигналами постоянного напряжения.

Передаточная функция объекта регулирования тока запишется (1).

Желаемую передаточную функцию разомкнутого контура тока запишем в виде:

$$W_{раз,\tau} = \frac{1/k_{от}}{a_\tau T_\mu p (T_\mu p + 1)}. \quad (2)$$

Тогда передаточную функцию регулятора тока найдем делением (2) на (1):

$$W_{p,\tau} = \frac{1}{T_{и,\tau} p},$$

где $T_{и,\tau} = \frac{k_{от} k_n a_\tau}{R_n} T_\mu$ - постоянная интегрирования интегрального регулятора тока. Таким образом, в результате синтеза внутреннего контура тока, получен регулятор, имеющий структуру интегрального звена.

Настройку контура регулирования напряжения можно произвести, составив структурную

Желаемая передаточная функция разомкнутого контура регулирования напряже-

$$W_{раз,n} = \frac{1/k_{он}}{a_n a_\tau T_\mu p (a_\tau T_\mu p + 1)}, \quad (3)$$

где $k_{он}$ - коэффициент обратной связи по напряжению.

Передаточная функция объекта регулирования напряжения согласно структурной схеме на (рис.6) имеет вид:

$$W_{o,p,n} = \frac{1/k_{он}}{a_\tau T_\mu p + 1} \cdot R_n. \quad (4)$$

Передаточную функцию регулятора напряжения определим, поделив (3) на (4):

$$W_{p,n} = \frac{1}{T_{и,n} p},$$

где $T_{и,n} = \frac{k_{он} R_n a_n a_\tau}{k_{от}} T_\mu$ - постоянная интегрирования интегрального регулятора напряжения.

Регулятор напряжения также имеет структуру интегрального звена и обеспечивает высокую точность регулирования напряжения в процессе поддержания постоянства температуры

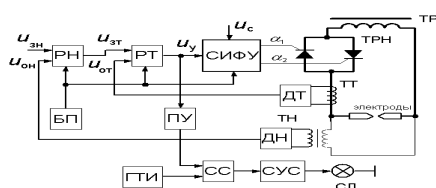


Рис.4. Функциональная схема ТРНуправления

расплава.

Выводы. Предложенная схема электроплавильной печи с 12-ю электродами (рис.2) имеет заметные преимущества в сравнении с электродуговой установкой на рис.1 в связи с тем, что удалось оптимизировать температурный режим электродуговой печи за счет равномерного распределения тепла по всему её объему. При этом образование накипи на поверхности рубашки заметно убавилось.

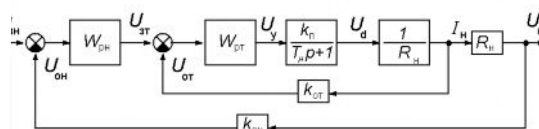


Рис.5. Структурная схема двухконтурного регулирования напряжения.

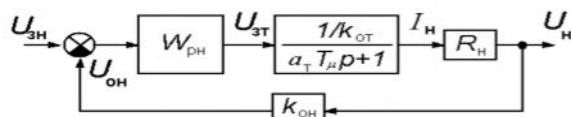


Рис.6. Структурная схема контура регулирования напряжения.

Недостатком предложенной схемы электропитания являются:

- относительная дороговизна используемых в ТРН силовых вентилялей;
- сложность системы управления электрооборудованием печи, требующей высокой квалификации обслуживающего персонала;
- высокий уровень реактивного тока в период розжига электроплавильной печи.

Последнее можно снизить, включением фильтро-компенсирующих устройств, струк-

Преимущество электрооборудования с ТРН заключается в том, что:

- уменьшился падение напряжения на силовых элементах (падение напряжения на силовых тиристорах не превышает 1 В);
- увеличилась гибкость управления отсутствием ручных операций регулирования напряжения электроплавильной печи.

туру которых можно определить только в процессе эксплуатации.

Литература

1. Э.А. Байсалов, Ю.Н. Дубинин, Т.М. Касымов, Т.О. Ормонбеков Создание опытно-промышленной электродуговой печи для плавки базальтовой породы // В сб. материалов научного семинара по проекту # КР-545 – Бишкек.: Илим, 2007. – С. 37

УДК 574.46 (575.2)

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОКРИЗИСА, ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Касымова В.М.
КРСУ

В работе рассматриваются причины возникновения энергетического кризиса в Кыргызской Республике на основе анализа развития энергетики, факторы и формы его проявления и меры по обеспечению энергобезопасности и энергоэффективности экономики страны.

Энергетика или топливно-энергетический комплекс (ТЭК) Кыргызской Республики, которая является ведущей отраслью экономики и должна обеспечивать условия для устойчивого социально-экономического развития страны в настоящее время переживает кризис. В связи с получением суверенитета и независимости государств СНГ, в том числе Кыргызской Республики, нарушились меж-республиканские энергетические связи, налаженные в СССР, что привело к образованию энергодостаточных независимых государств таких как Россия, Казахстан, Туркменистан, Узбекистан и энергодефицитных – это Кыргызстан, Таджикистан, Белоруссия, Украина и др. Такое разделение обусловлено неравномерностью размещения топливно-энергетических ресурсов как по территории, так и государствам. Так, в Центральноазиатском регионе Казахстан, Узбекистан и Туркмения располагают большими запасами нефти и газа, Таджикистан и Кыргызстан располагают огромным гидроэнергетическим потенциалом. Казахстан и Узбекистан испытывают острый дефицит в воде, особенно в летний период. В то же время Казахстан, Узбекистан и Туркмения являются странами экспортерами нефти. и

газа, которые в Кыргызстане и Таджикистане являются полностью импортируемым топливом и в структуре топливно-энергетического баланса достигают более 50% и они являются странами – импортерами энергоресурсов.

Согласно прогнозной оценке на территории Кыргызстана имеются неразведанных запасов ресурсов нефти и газа, не менее 289 млн. тонн условного топлива, которые географически расположены на юге страны. Добыча нефти и природного газа составляет незначительные объемы, и за период 1991-2008гг произошло снижение в 2,2 раза нефти, природного газа в 4,1 раза. Суммарное потребление нефтепродуктов и природного газа за этот период сократилось в 3 раза и в целом самообеспеченность республики нефтепродуктами и природным газом составляет менее 5% и поэтому республика полностью зависит от поставок нефтепродуктов, природного газа и угля на рынок энергоносителей.

На территории республики известно около 70 месторождений и углепроявлений, прогнозные запасы которых по состоянию на 1 января 2006 оцениваются порядка 2 млрд.т, балансовые запасы 1316,9 млн.тонн. Добыча угля за период 1990-2007гг сократилась с 3,74 млн. т в 1990 г до 395,1 тыс. т в 2007г

или почти в 9,5 раза. При этом около 60% суммарного объема потребления угля в стране расходуется в энергетическом секторе на выработку электроэнергии и теплоэнергии. Импорт угля сократился с 2,9 млн.т. в 1990г до 1,123 млн. т в 2007г, или в 2,5 раза. В результате ТЭЦ, котельные и население оказались в условиях дефицита топлива. Основная причина кризиса в угольной отрасли высокие затраты на транспортировку угля до конечного потребителя и использование устаревшего и изношенного оборудования отсталых технологий добычи. В целом объем производства топлива за период 1991-2007гг в республике сократился почти в 7,4 раза по сравнению с уровнем 1990 года, что существенно повлияло на формирование топливно-энергетического баланса, усложнило процесс удовлетворения спроса потребителей на энергоносители, в результате произошло снижение потребления энергоресурсов в 1,54 раза, в том числе по видам топлива.

Страна обладает в достаточном объеме только гидроэнергетическими ресурсами в объеме 162 млрд. кВт. ч, что составляет порядка 38 % от их запасов в Центральноазиатском регионе, из которых в настоящее время освоена только десятая часть. Основным доступным энергоносителем является электроэнергия производство которой в Кыргызстане увеличилось с 13,3 млрд. кВт. ч в 1990г до 14,6 млрд. кВт. ч в 2007г. Энергетическая система страны состоит из 6 крупных ГЭС суммарной установленной мощностью 2910 МВт и 8 малых ГЭС суммарной установленной мощностью 29,78 МВт, 2 ТЭЦ с установленной мощностью 728 МВт, использующие для производства электро- и теплоэнергии большей частью импортируемое топливо. Кыргызская энергосистема являясь частью ОЭС Центральной Азии с выработкой более 90% электроэнергии на ГЭС выполняет вместе с Таджикской энергосистемой функцию регулятора частоты и покрывает пиковые нагрузки.

Однако из-за климатических изменений и маловодности года, а также растущих цен на импортируемое топливо для ТЭЦ, располагаемая мощность ГЭС составила в 2008 г. 2900 – 3200 МВт, а ТЭЦ г. Бишкек за последние годы снизилась до 150 МВт.

Водно-энергетический баланс стран региона соблюдался проектным режимом работы Токтогульского и Нурекского гидроузла, расположенных в верховьях рек Нарын в Кыргызстане и Таджикистане), накоплением воды в зимний период и попусками воды

для ирригации в летний период. Взамен эти республики получали из Казахстана и Узбекистана газ, нефтепродукты, уголь, особенно необходимые им именно в зимний период.

Энергообеспечение в советский период осуществлялось Объединенной энергетической системой Средней Азии и Южного Казахстана, в которой четко соблюдался оптимальный режим совместной работы тепловых и гидроэлектростанций, график их нагрузки был тесно взаимоувязан с режимом работы водохранилищ многолетнего и сезонного регулирования в которых накапливалась вода для ирригационных нужд государств Центральной Азии и водохозяйственная проблема в Центральной Азии решалась централизованно

Единая газоснабжающая система бесперебойно обеспечивала газом все республики ЦА и часть его экспортировали в Европу.

В настоящее время эта, с трудом созданная, единая система водо-, энерго- и топливоснабжения разрушена, а такие государства как Кыргызстан и Таджикистан испытывают энергетический кризис, в связи с ростом цен на природный газ, нефть, нефтепродукты и уголь, а также на их транспортировку и доставку потребителям.. С приобретением независимости государствами ЦА возникли нерешенные проблемы по трем главным направлениям:

- Обеспечение энергоресурсами государств в верхней зоне течения рек;
- Обеспечение водой государств нижней зоне течения рек;
- Обеспечение экологической безопасности региона.

Для укрепления экономических связей и развития интеграционных процессов в СНГ была создана институциональная база Договором Глав государств о создании экономического союза от 24 сентября 1993 года. Заявлением и Решением Глав государств Республики Казахстан, Кыргызской Республики, Республики Таджикистан и Республикой Узбекистан в 1994 году был создан Межгосударственный Совет Центрально - Азиатского экономического сообщества (ЦАЭС). В это время Главы государств Республики Казахстан, Кыргызской Республики, Республики Таджикистан и Республикой Узбекистан приняли ряд основополагающих документов – это Заявления и Соглашения по комплексному использованию водно-энергетических ресурсов в бассейне р. Нарын-Сырдарья и

охране окружающей среды в бассейне Аральского моря.

Однако условия принятых Соглашений не выполнялись в полной мере участниками странами членами ЦАЭС, которое было сформировано уже в 2001г по инициативе Узбекистана. В это время в связи с маловодьем обострилась ситуация с обеспечением водой государств нижнего течения и обеспечением топливом ТЭЦ г.Бишкек топливом, выработка которой сократилась почти в 4 раза с 4 млрд.кВт. ч в 1990 г до 0,9млрд. кВт. ч в 2007г. Покрытие зимних нагрузок энергосистемы Кыргызской Республики (КР) осуществлялось за счет увеличения зимней выработки каскадом Токтогульских ГЭС и соответственно попусков воды из одноименного водохранилища многолетнего регулирования с полезным объемом 19 млрд. куб.м. В то время как сложилась весьма сложная ситуация с сокращением притока воды в Токтогульское водохранилище начиная с 2002 года и превышением расхода воды по отношению к ее притоку. В результате это привело в особо суровую зиму 2007-2008гг из-за сверх выработки электроэнергии каскадом Токтогульских ГЭС к уменьшению объема воды в водохранилище до 6,2 млрд.куб.м к началу вегетации 2008года. В результате Правительством КР было констатировано об энергетическом кризисе в стране и были приняты меры по вейерным отключениям и резкому ограничению потребителей электроэнергии, а также сокращению экспорта с 2,5 млрд. кВт. ч в 2007г до 553 млн. кВт. ч в 2008г в соседние государства. Последствия энергетического кризиса пока трудно поддаются оценке и по официальным данным Министерства экономического развития и торговли КР ущерб составил порядка 2% ВВП за 2008 г.

В связи с этим ускорение достижения договоренностей относительно принципов и экономических механизмов по компенсации затрат за регулирование воды в многолетнем режиме между соседними государствами, а также оптимизации режимов использования межгосударственных водных и энергетических объектов является актуальной задачей по выходу из энергетического кризиса.

Однако для полного выхода из энергетического кризиса необходимо изучение и проведение исследований по факторам и формам энергетического кризиса, принятия мер по обеспечению энергетической безопасности и повышению энергоэффективности экономики КР в перспективе. Необходимо отметить, что энергетика как часть эконо-

мики страны функционирует в определенной макроэкономической среде, параметры которой подвержены периодическим изменениям. То есть изменения во внешней среде влияют на развитие энергетики и в свою очередь изменения внутри энергетики влияют на развитие экономики и социальной сферы. В числе ключевых параметров следует назвать:

- внешние: отраслевые сдвиги в экономике и темпы инфляции, мировую ценовую политику на энергоресурсы, процессы интеграции в развитии мировых и региональных рынков энергоносителей; природно-климатические и экологические изменения и минимизация воздействия энергетики на окружающую среду;

- внутренние: обеспеченность энергоресурсами; действующую систему государственного управления энергетикой, структуру собственности, эффективность деятельности энергетических компаний, предприятий и др.

В условиях экономического кризиса возрастают безусловные общественные требования к энергоснабжению, которые заключаются в обеспечении нормативов надежности, качества и стабильности этого процесса. Перерывы в энергоснабжении, а также отклонения от качественных параметров от нормативных могут вызвать значительные экономические и социальные ущербы как у энергопотребителей, так и у производителей энергии.

Известно, что энергетика обладает таким специфическим свойством, как высокая экономическая инерционность. Она проявляется, например, в значительном временном лаге с момента изменения внешних условий развития до адекватной реакции на изменения непосредственно в ТЭК.

Так же медленно происходит накопление кризисных явлений. Следовательно, объективно существует необходимость их предвидения, выявления и упреждающей нейтрализации.

Но для этого необходимо знать симптомы приближающегося кризиса или его факторы, а также иметь механизм управления, должным образом с ориентированный на опережающие решения, которые блокируют развитие нежелательных тенденций. Если такие действия своевременно не принимаются, то кризис возрастает.

Конкретно это выражается в росте количества наименований ресурсов, зачисляемых в категорию дефицитных, и потребителей, подвергаемых ограничениям по их ис-

пользованию. В итоге снижаются темпы экономического роста, так как производственные потребители не успевают оперативно перестроить структуру энергопотребления.

Далее возможна остановка некоторых предприятий, что повлечет тяжелые социальные последствия. Постепенно в круг ограничиваемых потребителей включаются жилищный сектор, население. Когда энергетический кризис обостряется на фоне общей экономической и политической нестабильности, социальный взрыв становится наиболее вероятным.

Другая сторона отмеченного свойства инерционности заключается в том, что чем глубже энергетический кризис и разнообразнее формы, которые он принимает в стране или регионе, тем объективно продолжительней срок, в течение которого энергетику можно стабилизировать. В таких случаях приходится кардинально трансформировать структуру энергоносителей, применяемых в различных секторах народного хозяйства, где возможна их взаимозаменяемость.

Но при этом надо иметь в виду негативные социальные результаты такой политики. Так, возможно обеспечить рост или снижение добычи топлива или же восстановление или прекращение эксплуатации отдельных шахт, карьеров и других предприятий топливной промышленности. В некоторых ситуациях могут потребоваться компенсации повышенных издержек, связанных с оплатой дополнительных поставок топлива и энергии из соседних стран. Тогда правительство страны вынуждено будет сократить финансирование отдельных социальных программ. Резкое снижение спроса на электроэнергию или возможностей ее производства может привести к распаду высококвалифицированного коллектива энергообъединения, а его восстановление потребует немало времени и средств.

Необходимо также учесть, что энергетика, которая во многих странах мира является ключевым фактором социально-экономического развития, внесла значитель-

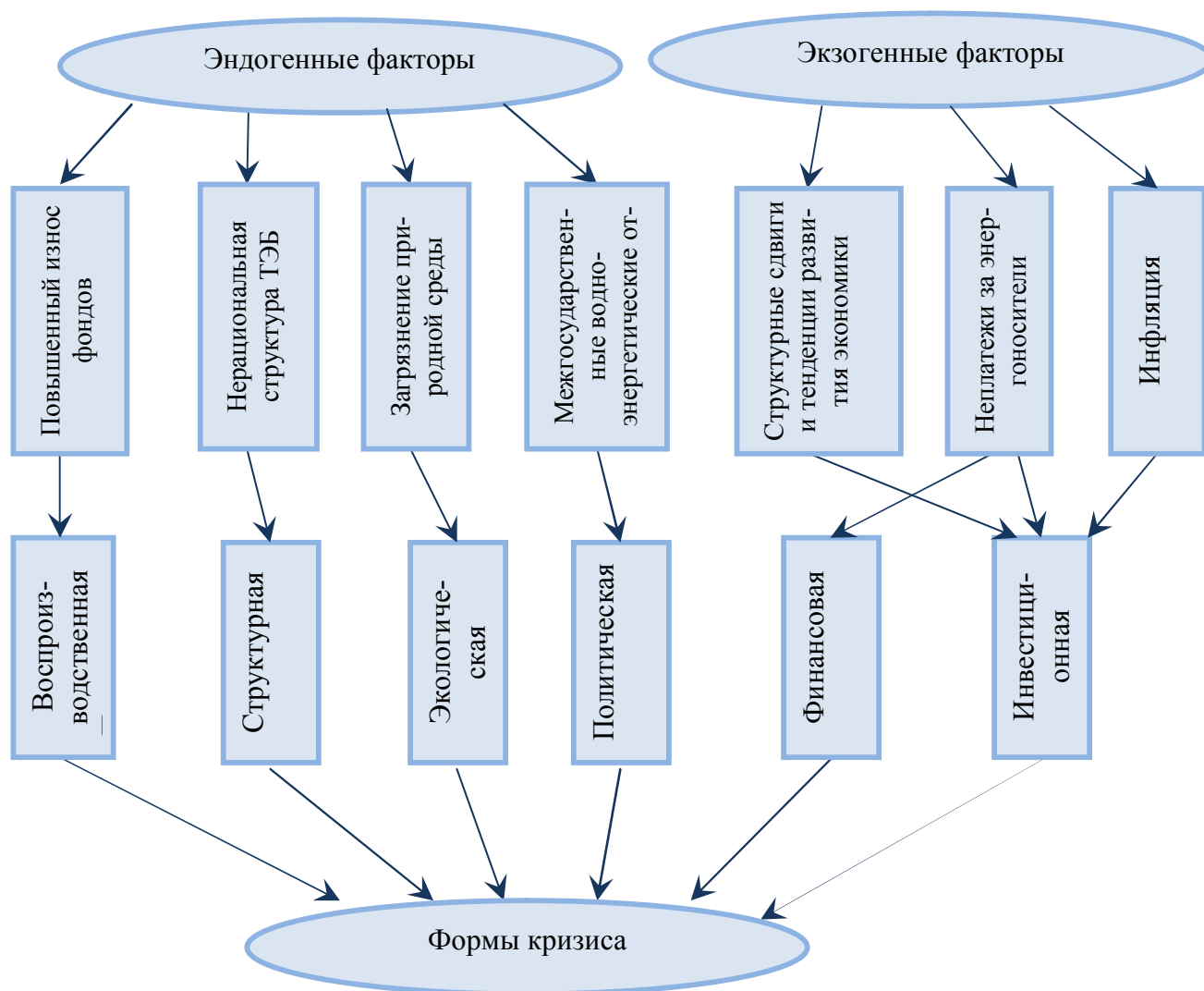
ный вклад в обострение проблем ограниченности запасов энергетических ресурсов и в усугубление необратимых последствий техногенного воздействия на окружающую среду, что проявилось глобальным потеплением климата, наступлением пустынь и деградацией земель, загрязнением воды и почв, загрязнением ледников и угрозой дефицита пресной воды, в связи с нарастанием численности населения и др.

В условиях вывода мировой экономики и экономик национальных государств из экономического кризиса одной из первоочередных задач в рамках обеспечения энергетической безопасности становится проблема выхода из энергетического кризиса энергодефицитных стран и сохранения среды обитания человека.

С проблемами энергетического кризиса экономически развитые страны столкнулись в середине 70-х годов прошлого столетия. Только проведением жесткой энергосберегающей политики удалось США и другим странам преодолеть в эти годы энергетический кризис.

Проблемам предупреждения энергетического кризиса и обеспечения социально-экономического развития государств путем соблюдения принципов энергоэффективности экономики посвящены труды многих ученых и специалистов. Так, российские ученые Л.Д.Гительман и Б.Е. Ратников ввели понятие "энергетический кризис". По их мнению это - такое положение в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) страны или региона, при котором энергетика не в состоянии удовлетворить спрос хотя бы на один из энергоресурсов за счет внутренних и внешних источников в условиях сложившихся темпов экономического роста, численности населения, структуры энергопотребления, эффективности производства и транспорта, использования энергоресурсов, резервных и инвестиционных возможностей.

Факторы и формы энергетического кризиса в КР представлены на рис.1.



Сочетание перечисленных факторов и условий, с одной стороны, определяет глубину и продолжительность кризисного состояния, а с другой - показывает возможные пути выхода из него. В частности, таковыми являются поиск новых инвестиционных возможностей и источников энергоснабжения, изменения в структуре энергобаланса региона, повышение надежности и эффективности энергоснабжения потребителей.

В совокупности с внутрирегиональными резервами стабилизации энергохозяйства они формируют основу антикризисного курса, который должен быть выработан на национальном и местном уровне власти с учетом следующих факторов - эндогенные (внутренние для отрасли) и экзогенные (внешние) и соответствующих форм кризиса. Их анализ необходим в целях предупреждения и локализации неблагоприятных явлений в энергохозяйстве страны и регионов.

Специфическим для Кыргызской Республики фактором энергетического кризиса

являются износ основных производственных фондов и неплатежи потребителей за поставленные энергоносители. Оба фактора вызывают острый дефицит оборотных средств энергокомпаний и проблемы с оплатой поставок топлива, проведением ремонтов энергооборудования, выплатами заработной платы. Подобная финансовая форма кризиса в конечном счете оказывает сильнейшее тормозящее действие на инвестиционные процессы в электроэнергетике и, в частности, резко снижает привлекательность отрасли для внешних инвесторов.

Уровни инвестиционного и финансового кризисов в энергетике региона можно оценить количественно. Наличие и глубину инвестиционного кризиса предлагается определять при помощи соотношения между реально возможными и необходимыми объемами капиталовложений для обеспечения простого и расширенного воспроизводства фондов. Финансовый кризис устанавливается исходя из дефицита оборотных средств энер-

гокомпании и наличия источников его финансирования.

К предложенным факторам формирования отдельных разновидностей кризисных явлений в энергетике, которые выделены и сформулированы таким образом, что появляется возможность определения в первом приближении факт и уровень кризиса, необходимо изучить их проявления в отдельно взятой стране или регионе, с тем чтобы установить приоритеты, цели и средства антикризисной политики.

При этом наибольшая опасность заключается в совместном действии всех факторов и соответствующих им форм кризиса. В этом случае можно говорить о тотальном кризисе в энергетике, которая может стать долговременной, по существу катастрофической формой кризиса. Если же налицо лишь некоторые из названных факторов, то это свидетельствует либо о предкризисной ситуации, либо о частичном кризисе.

Как было отмечено выше энергетика обладает таким специфическим свойством, как высокая экономическая инерционность, которая проявляется, например, в значительном временном лаге с момента изменения внешних условий развития до адекватной реакции на изменения непосредственно в ТЭК. В связи с чем можно констатировать, что в Кыргызской Республике, начиная со дня получения суверенитета и независимости происходило медленное накапливание кризисных явлений как за счет эндогенных так и экзогенных факторов.

В условиях Кыргызстана следует добавить к эндогенным факторам природно-климатические или межгосударственные по регулированию водно-энергетических вопросов в бассейне рек Нарын-Сырдарья и в регионе Центральной Азии (ЦАР), нерешенность которых приводит к политическим формам кризиса, в связи с чем необходимо совершенствовать и развивать энергетическую дипломатию.

УДК 62-592.117: 621.313.13

УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЯМ ВНЕШНИХ ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Галбаев Ж.Т.

КГТУ им.И.Раззакова

Рассмотрены вопросы влияния внешних условий на стабильность параметров постоянных магнитов электромагнитных механизмов.

Современный научно-технический прогресс требует ускорения темпов обновления технических средств и технологических процессов, широкого внедрения средств автоматизации и механизации. Особенно интенсивно ускоряются темпы обновления элементов и устройств систем управления, среди которых значительное место занимают силовые электромагнитные механизмы с постоянными магнитами (ЭММ ПМ) в виде фрикционных муфт и тормозов с электромагнитным приводом. Такие ЭММ ПМ широко ис-

пользуются в различных робототехнических и мехатронных системах, в том числе и в автоматизированных системах бортового электрооборудования летательных аппаратов. Очевидно, что технический уровень и эксплуатационные показатели этого оборудования однозначно определяются параметрами и характеристиками ЭММ ПМ, входящими в их электромеханические системы.

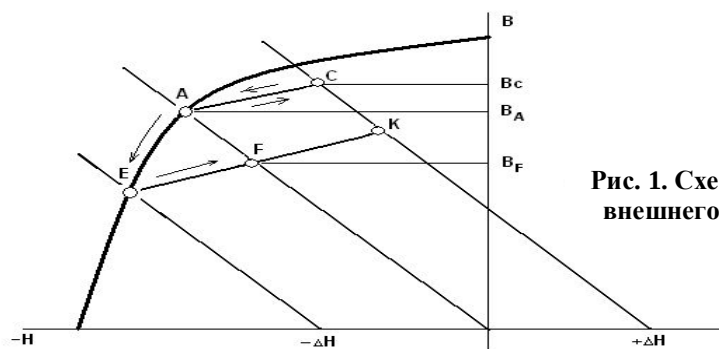


Рис. 1. Схематическое изображение действия внешнего магнитного поля на постоянный магнит

Как показано в [1, 2], в ЭММ ПМ

методами порошковой металлургии;

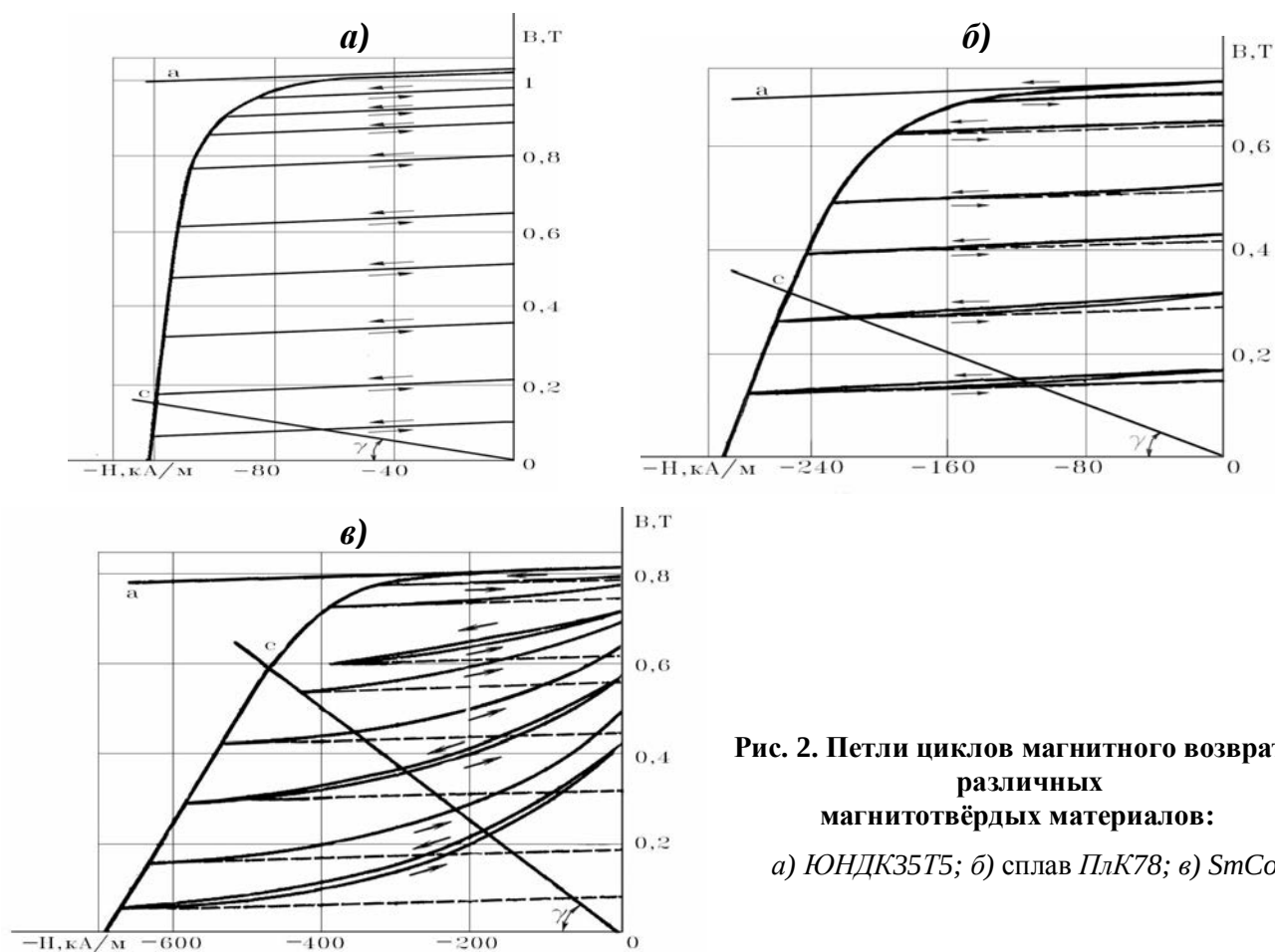


Рис. 2. Петли циклов магнитного возврата различных магнитотвёрдых материалов:

а) ЮНДК35Т5; б) сплав ПлК78; в) $SmCo_5$

применяют различные типы магнитов: металлокерамические магниты, получаемые

основе редкоземельных металлов. При выборе наиболее оптимального типа материала [2] необходимо одновременно учитывать не только энергоемкость материала, вид кривой намагничивания, величину коэрцитивной силы и остаточной индукции, наличие в его составе дефицитных компонентов и т.д., но и требования стабильности выходных параметров ЭММ ПМ, которая зависит от стабильности магнитных параметров ПМ.

Цель исследования. В электромагнитных устройствах магнитное поле постоянного магнита используется для создания усилия между соответствующими конструктивными элементами, а обмотка управляющего электромагнита создает магнитное поле, направленное встречно полю ПМ, которое служит или для компенсации этого поля, или для его вытеснения из рабочей зоны [1]. Для улучшения эксплуатационных свойств электропривода, содержащего электромагнитные муфты с ПМ, был разработан новый способ управления [3,4]. Он основан на том, что в момент пуска электропривода напря-

литые магниты на основе сплава железа, никеля и алюминия, или железа, никеля, алюминия и кобальта; магниты из сплавов жение дополнительно подается на обмотку электромагнитной муфты, причем полярность этого напряжения такова, что создаваемый обмоткой магнитный поток направлен согласно магнитному потоку постоянного магнита. За счет этого при пуске муфта замкнута совместным усилием, создаваемым магнитными полями постоянного магнита и обмотки, что исключает возможность проскальзывание полумуфт муфты и обеспечивает надежный и быстрый разгон приводного механизма при снижении габаритов постоянного магнита и обмотки.

Таким образом, в общем случае на постоянный магнит в ЭММ ПМ может воздействовать как согласное, так и встречное внешнее магнитное поле. Поэтому представляет значительный практический интерес вопрос стабильности параметров ПМ при таком воздействии. При этом необходимо иметь в виду, что магнитная нестабильность, как обратимая, так и необратимая, зависит не только от свойств самого материала и конструкции конкретной магнитной системы, но

также и от условий её эксплуатации. Например, при использовании ЭММ ПМ в системах бортового электрооборудования летательных аппаратов температура может изменяться в весьма широком диапазоне как следствие изменения внешних условий.

Рассмотрим изменение магнитных параметров, вызванное воздействием возмущающего поля $\pm \Delta H$ на систему, характеризующуюся рабочей точкой A , которой соответствует магнитная индукция B_a (рис. 1). Влияние других факторов (механических напряжений, изменения магнитного сопротивления цепи и т. п.) можно рассматривать аналогичным образом, пользуясь понятием эквивалентного поля ΔH . При этом следует подчеркнуть, что магнитное состояние любого стабилизированного магнита определяется не характеристикой намагничивания, а характеристикой магнитного возврата и что знание этой характеристики необходимо при расчете ЭММ ПМ, в которых магнитный поток обратимо изменяется в процессе работы.

При действии поля $+\Delta H$ (подмагничивающее поле для рассматриваемой магнитной системы) изменение магнитного состояния произойдет по прямой возврата AC и магнитная индукция изменится до B_c . После снятия поля магнитное состояние изменится практически по прямой CA и индукция возвратится к исходному значению B_a , т. е. изменение индукции будет обратимым [1].

При действии поля $-\Delta H$ (размагничивающее поле для рассматриваемой магнитной системы) рабочей точкой станет точка E . После снятия поля магнитное состояние, изменяясь по прямой возврата EF , будет определяться точкой F и индукцией B_f , т. е. произойдет необратимое изменение индукции. Очевидно, что повторное действие такого же поля приведет лишь к обратному изменению индукции. Из вышесказанного следует, что для определения изменений величины магнитного поля постоянного магнита или определения магнитного состояния магнита, прошедшего магнитную стабилизацию, т. е. находящегося на петле магнитного возврата, необходимо иметь сведения о наклоне линии магнитного возврата и её растворе.

Установлено [1, 4], что кривизна линий магнитного возврата увеличивается с возрастанием коэрцитивной силы H_{cm} , а наклон нижней ветви в точке отхода от кривой размагничивания можно считать равным наклону касательной к кривой размагничивания $B=f(H)$ в точке с координатами $B=B_r$, $H=0$. Раствор петель у всех современных магни-

тотвёрдых материалов является незначительным, и при расчётах магнитных систем им можно пренебрегать, заменяя петли магнитного возврата их средними линиями.

Наименьшим раствором (практически прямая линия), параллельностью касательной к кривой размагничивания и наименьшей кривизной петель магнитного возврата обладают литые магниты (рис. 2,а).

У сплава $PtCo$ (платина – кобальт – $PlK78$), обладающего вдвое большей коэрцитивной силой H_{cm} (рис. 2,б), петли магнитного возврата имеют незначительный раствор и небольшую кривизну, которые возрастают при переходе от верхних петель к нижним. Наклон касательной к любой из петель возврата равен наклону касательной ab .

У магнитов из редкоземельных элементов, например, интерметаллического соединения $SmCo_5$ (рис. 2,в), коэрцитивная сила H_{cm} которого более чем в два раза превышает коэрцитивную силу сплава $PtCo$, петли магнитного возврата имеют более заметный раствор и сильно искривлены. Однако и здесь наклон касательной к нижней ветви каждой петли равен наклону касательной ab .

Обычно при расчете магнитных систем используют ту часть кривой намагничивания, которая лежит выше точки ее пересечения (точка c) с прямой линией нагрузки, проведенной под углом γ по условию $tg\gamma = \mu_0$. Угол γ соответствует максимальному наклону линии нагрузки (размагничивающий фактор по намагничённости равен единице). Из рис. 2 следует, что для всех точек отхода, лежащих выше точки c , кривизна и раствор петель магнитного возврата оказываются незначительными. Поэтому можно считать, что у всех магнитотвёрдых материалов линии магнитного возврата достаточно хорошо аппроксимируются прямыми, параллельными касательной к кривой размагничивания в точке с координатами $B = B_r$, $H = 0$.

Рассмотрим, как на стадии расчёта и конструирования магнитной системы можно обеспечить снижение изменений магнитного поля магнитной системы, неизбежного за счет воздействия внешних магнитных полей.

Для анализа введем понятие размагничивающего фактора N , характеризующего нагрузку на постоянный магнит:

$$N = H/J,$$

где H – напряжённость магнитного поля; J – намагничённость в рабочей точке.

Пусть требуется сконструировать магнитную систему с металлокерамическими магнитами, например, с постоянным магни-

том из феррита стронция марки 28СА250. Кривые размагничивания данного материала при различных температурах приведены на рис. 3 [5].

Величина плотности магнитной энергии, отдаваемой магнитом во внешнее пространство, определяется координатами рабочей точки на кривой намагничивания. Каждой точке кривой размагничивания соответствует вполне определенное значение произведения $(B \cdot H)$, поэтому и сама эта кривая представляет зависимость плотности магнитной энергии магнита. При проектировании магнитных систем с постоянными магнитами стремятся к тому, чтобы рабочая точка находилась в точке максимальной величины произведения $(B \cdot H)_{\max}$, которая является теоретическим пределом магнитной энергии, отдаваемой единицей объема магнита. Следовательно, линия нагрузки должна проходить через указанную точку. Тогда допустимое предельное значение размагничивающего фактора по намагниченности для магнита из феррита стронция марки 28СА250, работающего при температуре 20°C , будет равно $N = 0,59$ (линия нагрузки ЛН1). Если необходимо исключить необратимую потерю намагниченности магнита при снижении температуры до минус 50°C , то допустимое предельное значение размагничивающего фактора по намагниченности для магнита в этом случае будет $N = 0,38$ (линия нагрузки ЛН2). Если необходимо исключить необратимую потерю намагниченности при данной температуре минус 50°C при приложении внешнего размагничивающего поля 80 кА/м , то допустимое предельное значение размагничивающего фактора по намагниченности для магнита в этом случае будет $N = 0,16$ (линия нагрузки ЛН3). Нагревание такого магнита до температуры 250°C к необратимой потере намаг-

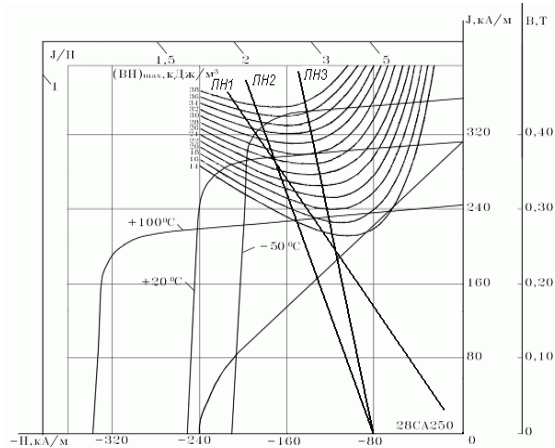
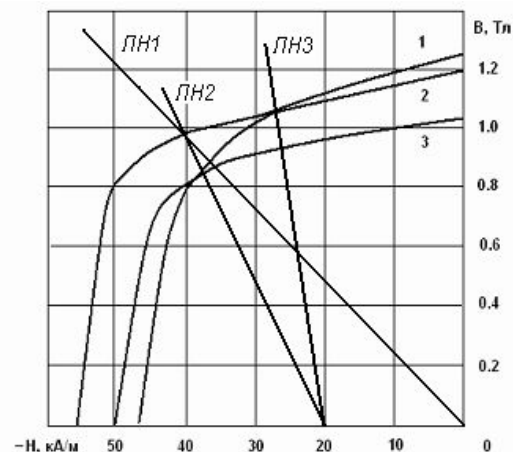


Рис. 3. Кривые размагничивания ферритового магнитотвёрдого материала марки 28СА250

ниченности не приведёт.

Пусть требуется сконструировать магнитную систему с постоянным литым магнитом марки ЮН14ДК24. Кривые размагничивания данного магнитотвёрдого материала при различных температурах приведены на рис. 4. Согласно рекомендациям для конст-



ЮН14ДК24 при различных значениях температуры: 1 — минус 180°C ; 2 — плюс 20°C ; 3 — плюс 550°C

руирования магнитных систем с постоянными магнитами, линия нагрузки должна проходить через точку $(BH)_{\max}$. В рассматриваемом случае это линия нагрузки ЛН1 (рис. 4) с проницаемостью формы $m = B/H = 21,6$. Поскольку коэффициент m зависит только от формы магнита, то по его численному значению можно по эмпирическим формулам или графикам [5] определить оптимальную геометрию магнита.

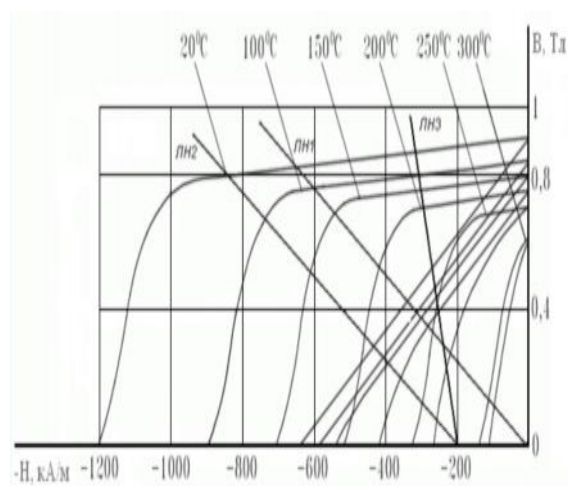


Рис. 5. Кривая размагничивания Sm-Co5 материала марки ВМ18

Если требуется, чтобы магнитная система была устойчива к воздействию размагничивающих магнитных полей с величиной не более 20 кА/м , то линия нагрузки должна соответствовать ЛН2 с проницаемостью формы $m = B/H = 44$. Для обеспечения устой-

чивости к воздействию размагничивающих магнитных полей с величиной не более 20 кА/м в диапазоне температур «минус 180 °С ÷ плюс 550 °С», линия нагрузки должна соответствовать ЛНЗ (рис.4) с проницаемостью формы $m=V/H=160$.

Пусть требуется сконструировать магнитную систему с постоянным магнитом марки $Sm-Co_5$. Кривые размагничивания рассматриваемого магнитотвёрдого материала при различных температурах приведены на рис. 5.

Согласно рекомендациям для конструирования магнитных систем с редкоземельными магнитами, имеющими высокие значения коэрцитивной силы по намагниченности, линия нагрузки должна быть близка к предельно допустимой с размагничивающим фактором $N \leq 1$. В рассматриваемом случае это линия нагрузки ЛН1 (рис. 5).

Если требуется, чтобы магнитная система была устойчива к воздействию размагничивающих магнитных полей с величиной не более 200 кА/м, то линия нагрузки должна соответствовать ЛН2 (рис. 5) с тем же размагничивающим фактором $N \leq 1$.

Если требуется, чтобы магнитная система была устойчива к воздействию размагничивающих магнитных полей с величиной не более 200 кА/м в диапазоне температур до 200 °С, то линия нагрузки должна соответствовать ЛНЗ (рис. 5) с размагничивающим фактором $N = 0,21$.

Таким образом, воздействие внешних магнитных полей приводит к изменениям магнитного поля магнитной системы, как обратимым, так и необратимым. Возможность таких изменений может быть учтена на стадии расчёта и конструирования магнитной системы и, если эти изменения нежелатель-

ны, то они могут быть сведены к допустимому уровню. Для этого необходимо по кривым размагничивания конкретного магнитотвёрдого материала определить оптимальные значения коэффициента проницаемости формы m и размагничивающего фактора N .

Литература

1. Бочкарев И.В., Галбаев Ж.Т. Электромагнитные механизмы с постоянными магнитами и схемы их управления для систем автоматики. – Б.: Изд-во «Илим», 2008. – 274 с.
2. Бочкарев И.В., Галбаев Ж.Т. Выбор типа постоянных магнитов для поляризованных электромагнитных механизмов и разработка устройства для их намагничивания / Известия КГТУ №11. 2007, – С.65-70.
3. Патент КР № 1057. Способ управления электроприводом, содержащего нормально замкнутую поляризованную электромагнитную муфту / И.В. Бочкарев, Ж.Т. Галбаев // Интеллектуальная собственность. 2008. Бюл. № 7.
4. Галбаев Ж.Т. Разработка схемы управления электроприводом, содержащим электромагнитную муфту с постоянными магнитами / Мат-лы Международной научно-техн. конф. «Проблемы автоматизации, управления, экономики и подготовки кадров для современных производств», Филиал БГТУ «Военмех». Санкт-Петербург. 2008. С.7-13.
5. Постоянные магниты: Справочник. Под ред. Ю.М. Пятина. М.: Энергия, 1971. – 486 с.

УДК 621.313.333.2.078.3

РАЗРАБОТКА БАЗОВЫХ СХЕМ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ

Бочкарев И.В., Кадыров И.Ш., Галбаев Ж.Т.

КГТУ им. И.Раззакова

Предложены базовые схемы микропроцессорного управления, позволяющие обеспечить оптимальные условия движения рабочих органов наиболее распространенных машинных агрегатов, имеющих различные типы электромеханических систем

Возросшие требования к скорости и точности выполняемых электромеханической системой (ЭМС) движений, необходимость обеспечить взаимную связь одновременных движений нескольких рабочих органов машины или ряда агрегатов технологической цепи при оптимальных показателях и заданных ограничениях существенно усложнили функции управления усилительных устройств с силовыми тиристорами (тиристорный электропривод). Для управления тиристорными электроприводами можно применять микропроцессорные системы (МПС), основанные как на серийно выпускаемых универсальных микро-ЭВМ, так и на специально разработанных микропроцессорных управляющих и вычислительных средствах. При этом для унификации разрабатываемых МПС и обеспечения возможности их применения для различных машинных агрегатов целесообразно применять универсальные принципы, методы и алгоритмы построения

асинхронными двигателями, с маломощными коллекторными двигателями.

В структуре машины автоматического действия двигатель, как исполнительное устройство, является основным элементом ЭМС. Существующее разнообразие машин автоматического действия и машинных агрегатов, а также различные условия движения их рабочих органов требуют применения различных по назначению исполнительных двигателей, которые отличаются друг от друга не только конструктивными особенностями, но и принципом действия. Поэтому для обеспечения оптимального режима работы ЭМС, обеспечивающего благоприятные условия протекания технологического процесса, необходим не только тщательный анализ условий эксплуатации, режимов работы и конструктивных исполнений сочленения двигателя с рабочей машиной, но и учет особенностей статических и динамических свойств различных типов исполнительных

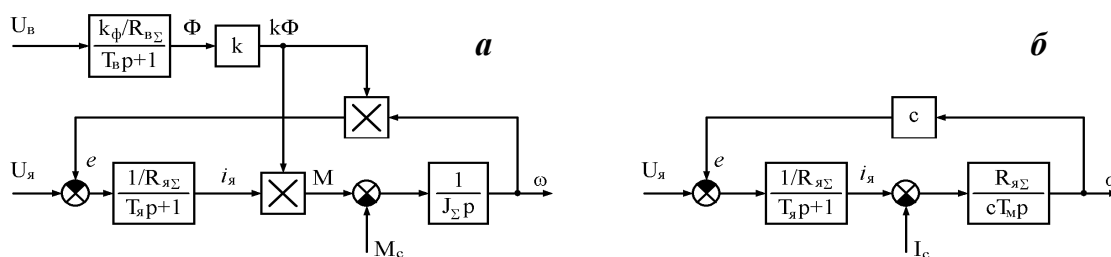


Рис. 1. Структурные схемы двигателя независимого возбуждения

систем управления, разбив для этого машинные агрегаты (МА) на отдельные базовые группы, объединенные схожестью структур системы машины автоматического действия. Этот принцип построения основан на том, что каждый механизм машинного агрегата в рамках выделенной группы должен иметь одинаковую ЭМС, содержащую автоматизированный электропривод с управляемым преобразователем, у которого система управления состоит из однотипных элементов, узлов и блоков. Тем самым обеспечиваются предпосылки синтеза систем управления с подчиненными регулированием координат для МА, имеющих электроприводы различного типа: с двигателями постоянного тока с независимым и смешанным возбуждением,

двигателей.

В связи с огромным разнообразием различных МА и областей их использования, в одной работе невозможно охватить все возможные их исполнения. Поэтому для дальнейших исследований выберем наиболее распространенные из них по функциональному назначению, а именно, **технологические и транспортные машины**. Именно для этих МА и целесообразно разработать принципы, методы и алгоритмы построения их систем управления, причем в таком виде, чтобы в дальнейшем они могли быть использованы практически для любого конкретного исполнения машинного агрегата [1].

Поскольку технологические и транспортные машины, в свою очередь, также от-

личаются огромным разнообразием, то выделим среди них такие, которые являются наиболее обобщенными с точки зрения их структуры и режимов работы. Среди технологических машин таковыми являются металлорежущие станки и шагающие экскаваторы.

В металлорежущих станках особый интерес вызывает проектирование главного привода, в котором в качестве исполнительного двигателя применяются двигатели постоянного тока с независимым возбуждением. При построении структуры управления ЭМС станка её необходимо подчинить задачам достижения оптимальной скорости резания в процессе обработки детали и обеспечения максимальной производительности станка.

Магнитный поток в воздушном зазоре двигателя Φ является функцией тока возбуждения i_e , протекающего по обмотке возбуждения, и определяется кривой намагничивания машины $\Phi = f(i_e)$. Для удобства анализа линеаризуем кривую намагничивания и представим ее в виде уравнения $\Phi = k_\Phi i_e$. Тогда структурная схема двигателя независимого возбуждения будет иметь вид, показанный на рис. 1, а, где $R_{e\Sigma} = R_e + R_{d.e}$; $R_{я\Sigma} = R_я + R_{д.я}$; $L_{я\Sigma} = L_я + L_{д.п} + L_{к.о}$; $T_e = L_e / R_{e\Sigma}$ – электромагнитная постоянная времени; L_e , R_e – индуктивность и сопротивление контура независимой обмотки возбуждения.

В двигателях с независимым возбуждением все режимы работы, кроме регулирования скорости ослаблением поля, осуществляется при неизменном номинальном напряжении возбуждения U_e . Поэтому при анализе свойств двигателя целесообразно считать поток номинальным, тем более что процессы, протекающие в цепи якоря, не оказывают влияние на цепь возбуждения. Вводя константу c равную $c = k\Phi_{ном}$, структурную схему на рис. 1, а, можно преобразовать к виду, удобному для практического использования (рис. 1, б). В структурной схеме на рис. 1, б через T_M обозначена электромеханическая постоянная времени, численно равна времени для разгона двигателя до скорости, равной 0,63 от номинальной: $T_M = J_\Sigma R_{я\Sigma} / c^2$.

Синтез системы управления для регулирования скорости двигателя постоянного тока с независимым возбуждением путем ос-

лаблением поля двигателя существенно упрощается, если нелинейность в кривой намагничивания магнитопровода электродвигателя учитывать с применением вычислительного контроллера.

Для организации микропроцессорного способа управления электроприводом главного движения металлорежущих станков разработана схема, показанная на рис. 2. В этой схеме в цепь обратной связи по ЭДС двигателя включено микропроцессорное вычислительное устройство (МВУ). Использование МВУ позволяет производить вычисление сигнала пропорционального ЭДС вращения двигателя в реальном масштабе времени с учетом кривой намагничивания двигателя. При этом каждому значению тока возбуждения будет соответствовать вполне определенное значение потока двигателя, поэтому можно констатировать, что функция $\Phi = f(i_e)$ (рис. 2) является детерминированной.

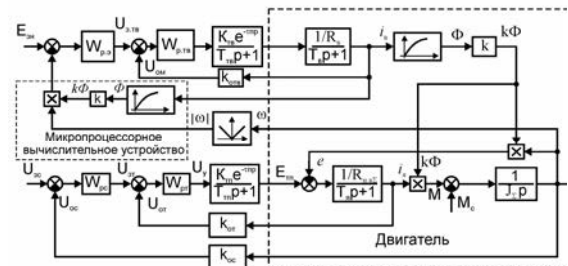


Рис. 2. Структурная схема электропривода с двухзонным регулированием скорости

Особый интерес вызывает управление электромеханических систем основных механизмов шагающих экскаваторов, которые относятся к классу **землеройных машин**. Требование увеличения производительности экскаватора при неотъемлемом условии обеспечения целостности конструкции дорогостоящего механического оборудования привело к внедрению в них более прогрессивных электромеханических систем с электроприводами по системе **НПЧ-АД**. Крупные МА имеют ряд особенностей: наличие гибких валов для передачи момента от двигателя к исполнительному механизму; большие кратности момента инерции механического оборудования по отношению к валу двигателя; значительные зазоры в передачах, связанные с неточным изготовлением и изношенностью зубьев. Немаловажным является вопрос предотвращения режимов опрокидывания инвертора, характерных для используемых в электроприводах экскаваторов управляемых преобразователей, которые возника-

ют в связи с внезапным отключением питающего напряжения, связанным со сбоями в энергосистеме из-за слабости электрических сетей. Все это выдвигает указанное оборудование в разряд сложных объектов управления.

Проведенные исследования показали, что наиболее высокоэкономичным способом является частотно-токовое регулирование с использованием в экскаваторном электроприводе асинхронного короткозамкнутого

$$\left. \begin{aligned} i_{1x} &= 0; i_{1y} = I_{1\max} = \text{const}; \\ d\psi_{2x}/dt &= p_n(\omega_0 - \omega)\psi_{2y} - R'_2 i'_{2x}; \\ d\psi_{2y}/dt &= -p_n(\omega_0 - \omega)\psi_{2x} - R'_2 i'_{2y}; \\ M &= p_n L_{12} i'_{2x} I_{1\max}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где p_n - число пар полюсов машины; ω_0 - угловая скорость поля двигателя, называемая синхронной; ω - угловая скорость ротора; R'_2 - приведенное к цепи статора сопротивление ротора; $i_{1x}, i_{1y}, i'_{2x}, i'_{2y}$ - токи обмоток

$$\left. \begin{aligned} \psi_{2x} &= L_2 i'_{2x}; \\ \psi_{2y} &= L_{12} I_{1\max} + L_2 i'_{2y}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где L_2 - индуктивность ротора.

Уравнения движения в электромеханической системе имеет вид:

$$M - M_c = J_\Sigma d\omega/dt, \quad (3)$$

где M_c - момент сопротивления на валу двигателя; J_Σ - суммарный приведенный момент инерции ЭМС.

Принципиальная схема разработанной микропроцессорной системы управления системы НППЧ-АД представлена на рис. 3. Здесь структурная схема электромеханического преобразования энергии в асинхронном двигателе при питании от источника тока со-

двигателя при питании его с выхода непосредственного преобразователя частоты, работающего в режиме источника тока [2].

Анализ электромеханических свойств асинхронного двигателя в динамических процессах можно произвести с помощью его структурной схемы, построенной по уравнениям механической характеристики обобщенной двухфазной электрической машины, которые записаны относительно производной потокосцепления в следующем виде:

статора и ротора; ψ_{2x}, ψ_{2y} - потокосцепление обмоток ротора; M - момент двигателя; L_{12} - взаимная индуктивность машины.

Потокосцепление машины в (1.4) могут быть выражены через токи ротора:

ставлена по уравнениям (1)-(3). Система управления содержит аналоговые регуляторы момента и скорости, так как для этой системы высокие требования к точности регулирования координат при заданном диапазоне скорости не предъявляются.

Анализ показал, что для любой скорости асинхронного двигателя при поддержании тока статора $\dot{I}_1 = \text{const}$ увеличение нагрузки на валу двигателя будет вызывать увеличение тока ротора $\dot{I}'_2$. При этом за счет увеличения размагничивающего действия тока ротора будет быстро уменьшаться намагничивающий ток машины. Для устранения этого явления разработанная система управления НППЧ, с целью поддержания постоянства потокосцепления ротора $\psi_2 = \text{const}$, обеспечивает постоянство тока намагничивания на заданном уровне $\dot{I}_\mu = \text{const}$, а возрастание тока ротора $\dot{I}'_2$ компенсирует увеличением тока статора $\dot{I}_1$ за счет регулирования фазы ϕ_1 , т.е. $\dot{I}_1 = I_{1\max} e^{j(\omega_0 t + \phi_1)}$.

В этой системе в прямой канал введен микропроцессорный генератор синусоидаль-

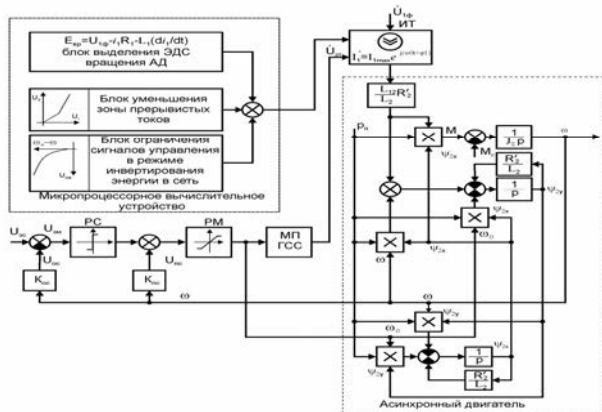


Рис. 3. Микропроцессорное управление системой НППЧ-АД

ных сигналов, который вырабатывает сигналы управления, подаваемые на входы тиристорных преобразователей постоянного тока, работающих в режиме источника тока и подключенных к каждой фазе асинхронного двигателя. Таким образом, в составе непосредственного преобразователя частоты со свойствами источника тока (ИТ) питание на каждую фазу АД подается с выхода тиристорного преобразователя со встроенным ИП-регулятором тока, обеспечивающего постоянство тока в фазах АД. С помощью МП ГСС вырабатывается задание на ток каждой фазы таким образом, чтобы потокосцепление в воздушном зазоре АД поддерживалось на постоянном уровне, то есть. В этом случае МП ГСС должен регулировать в выходных сигналах амплитуду, фазу и частоту согласно выражению $U_{\Sigma T} = U_m \sin(\omega t + \varphi)$.

Разработанная функциональная схема для системы ИПЧ-АД, показанная на рис. 3, не имеет в явно выраженном виде контуров типовой структуры. Однако и для этой системы за счет применения микропроцессорных МП ГСС и формирующей положитель-

ной обратной связи по скорости появляется возможность разработать методику синтеза системы управления электроприводом, отвечающего требованиям технологического процесса, в котором участвует машинный агрегат.

К транспортным машинам относятся рабочие машины, получившие название машины напольного безрельсового электро-транспорта, которые широко используются на промышленных предприятиях. К ним относятся электрокары, приводимые в движение исполнительным двигателем, получающим питание от аккумуляторной батареи, установленной на самой тележке. Характерной особенностью построения систем управления ЭМС для электрокаров является использование электродвигателей постоянного тока со смешанным возбуждением, которые имеют две обмотки возбуждения: независимую и последовательную. Структурная схема такого двигателя может быть построена по уравнениям динамической механической характеристики:

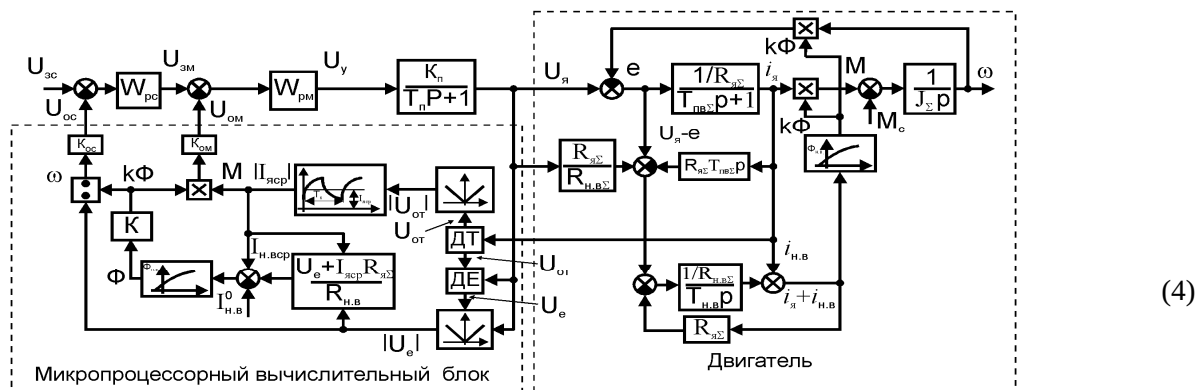


Рис. 4. Микропроцессорное управление системой ШИП-

$$R_{\Sigma} T_{н.в} p i_{н.в} = \frac{R_{\Sigma}}{R_{н.в} \Sigma} u_{\Sigma} + u_{\Sigma} - k \Phi \omega - (i_{\Sigma} + i_{н.в}) R_{\Sigma} - R_{\Sigma} T_{н.в} p i_{\Sigma};$$

$$R_{\Sigma} T_{н.в} p i_{\Sigma} = u_{\Sigma} - k \Phi \omega - i_{\Sigma} R_{\Sigma};$$

$$J_{\Sigma} \omega p = M - M_c;$$

$$M = k \Phi i_{\Sigma},$$

где $\Phi = f(i_{\Sigma} + i_{н.в})$.

Требование улучшения условий перевозок, необходимость экономичного управления тяговыми двигателями с улучшенными энергетическими показателями потребовала использование замкнутых систем управления. При этом питание на якорь двигателя необходимо подавать через полупроводниковые преобразователи энергии, а сигналы обратных связей по скорости и моменту формировать на выходе встроенных в двигатель датчиков момента и скорости. Анализ пока-

зал, что наиболее эффективным способом управления является использование широтно-импульсных преобразователей ШИП [3].

При отсутствии встроенных в двигатель датчиков необходимо предусмотреть в канале обратной связи по скорости и моменту вычислительный микроконтроллер и определять косвенно сигналы, пропорциональные моменту и скорости двигателя в реальном масштабе времени по уравнениям, где переменными являются электрические сигналы, снимаемые с контрольных точек.

Для вычисления с помощью микропроцессора основного потока машины $\Phi = f(i_{я} + i_{н.в} - I_{н.в}^0)$ необходимо иметь информацию в любой момент времени как о напряжении, так и о токе якоря, с учетом направления вращения двигателя.

Разработанная структурная схема системы ШИП-Д с микропроцессорным вычислением $U_{ос}$ и $U_{ом}$ имеет вид, представленный на рис. 4.

При расчете $\Phi = f(i_{я} + i_{н.в} - I_{н.в}^0)$ слагаемые аргумента функции $i_{я}$ и $i_{н.в}$ найдем из сигнала датчика тока $|U_{от}|$ и датчика ЭДС $|U_e|$, предварительно выделив с помощью микропроцессора среднее значение тока якоря $|I_{я.ср}|$ за один период коммутации T_k силового коммутатора, чтобы исключить большой разброс вычисляемых переменных, связанных с пульсирующим характером изменения тока якоря.

В широтно-импульсном преобразователе пульсации тока якоря происходят за счет искусственной коммутации силовых вентилях с частотой 400 Гц. Поэтому во избежание разброса результатов математических действий имеет смысл выделить цикл для вычисления среднего значения тока якоря $I_{я.ср}$.

Введение в двухконтурную структуру системы ШИП-Д микропроцессорного вычисления в реальном масштабе времени текущих значений сигналов обратной связи по моменту $U_{ом}$ и по скорости $U_{ос}$ позволяют производить синтез регуляторов момента и скорости по аналогии электропривода по системе ТП-Д.

Промышленные роботы можно отнести к машинам, выполняющим подъемно-транспортные операции, которые могут обслуживать основное технологическое оборудование, например, автоматически выполнять операции установки и снятия заготовок, деталей или инструментов. Большой диапазон регулирования скорости (10000:1) и отсутствие перерегулирования скорости в переходных процессах пуска и торможения являются основной причиной использования в составе ЭМС механизмов робота электропривода по системе ТП-Д. При построении систем управления электроприводами роботов стремятся создать безопасные условия эксплуатации исполнительного двигателя

путем введения зависимого от скорости токоограничения, а также введением ограничений на ускорение, скорость и момент двигателя во избежание поломок звеньев механической части робота.

Анализ электромеханической системы промышленного робота можно производить по структурной схеме на рис. 1, б при постоянном потоке двигателя. Эта схема учитывает важнейшие особенности электромеханических систем приводов постоянного тока в наиболее простом и удобном для анализа виде.

На рис. 5 показан разработанный вариант микропроцессорного управления электроприводом постоянного тока. Здесь применен модульный принцип построения системы управления за счет использования микроконтроллеров фирмы *Atmel*, реализующих функции микропроцессорных регуляторов скорости МП РС и тока МП РТ, а также микропроцессорной системы импульсно фазового управления и блока логики МП СИФУ и БЛ. В отличие от МП-системы с фиксированной структурой, в этой системе связь между микропроцессорными модулями (МПМ) как аналоговая за счет использования цифро-аналоговых преобразователей, так и цифровая за счет использования SPI – шины. Это выполнено для того, чтобы каждый МПМ работал автономно без согласования разрядности математического аппарата их микропроцессоров, обеспечивая тем самым требования к точности управления объектом и задачам унификации. Сигналы задания и обратных связей поступают на входы МПМ в аналоговом виде и преобразуются в цифровой код при помощи встроенных в микроконтроллер аналого-цифровых преобразователей АЦП. При этом требуемые для вычисления алгоритмы МПМ производятся синхронизировано в цифровом виде с помощью обмена данными по шине SPI ведомые МПМ СИФУ и БЛ.

При более «глубоком» проникновении МП в систему управления электроприводом, то есть при реализации с помощью МПМ функции регулятора тока, СИФУ и БЛ, быстроедействие данной системы может оказаться не достаточным. При прямом цифровом управлении тиристорным электроприводом, не смотря на использование микроконтроллеров с производительностью в 16 млн. операций в секунду, необходимо принимать дополнительные меры для обеспечения

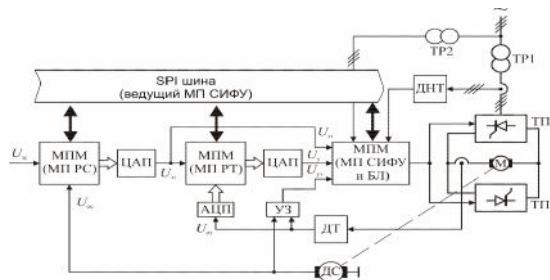


Рис. 5. Микропроцессорная система для управления электроприводом постоянного тока

быстродействия работы контура регулирования, то есть использовать внешние АЦП, так как операции преобразования напряжения в цифровой код может занимать значительное время. В МП СИФУ и БЛ основные математические вычисления, связанные с обработкой синусоидальных синхронизирующих напряжений, необходимо производить с помощью аналоговых микросхем, тем более что выходные сигналы синхронизатора представляют собой прямоугольные напряжения с длительностью, равной опорному напряжению СИФУ. При такой организации структур МП СИФУ и БЛ чувствительность ее будет не хуже $0,1^\circ$, что является достаточным для управления прецизионными электроприводами, обеспечивающих диапазон регулирования скорости достигающих $1000 \div 1$.

Литература

1. Кадыров И.Ш. Принципы, методы и алгоритмы построения микропроцессорных систем управления электромеханическими машинными агрегатами. – Бишкек: Издательство КГТУ, 2007. – 206 с.
2. Бочкарев И.В., Кадыров И.Ш. Оптимизация параметров устройства управления электромеханической системой экскаваторов // Научно-технический журнал «Электротехника», № 2, 2009. – Москва: – С. 2-7.
3. Бочкарев И.В., Кадыров И.Ш., Галбаев Ж.Т. Выбор оптимальных параметров силовых элементов широтно – импульсного преобразователя системы управления электроприводом постоянного тока // Проблемы автоматики и управления: Научно-техн. журнал НАН КР. – Б.: Илим, 2007. С.185-189

УДК 621.

О ПОТЕНЦИАЛЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Суеркулов М.А., Попова И.Э.

КГТУ им. И. Раззакова

Энергетические проблемы всегда находились в центре внимания человека, поскольку энергия – это непосредственное условие человеческой деятельности, но особенно большое значение эти проблемы приобретают со временем широкое использование технических устройств, которые проводятся различными источниками энергии, в том числе электрической.

Новая эпоха, высокооснащенная техникой и технологиями, характеризуется совершенством преобразования одного вида в другое.

Массовое применение энергетических устройств позволило получить колоссальный резерв – тот не только в производственной сфере, но и во всех аспектах социальной жизни вплоть до радикального преобразования всей системы социальных отношений.

Получение энергии в мире непрерывно растет, удваиваясь каждые 5-7 лет. При этом более 80% современной энергии является топливной, использующей углеродное топливо.

Поэтому устойчивое развитие экономики, социальной сфере и других сфер жизни

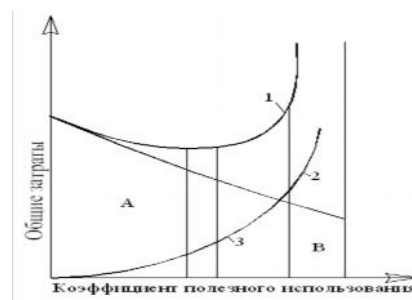


Рис. 1. Зависимость затрат от КПД при рациональном расходовании энергии

напрямую зависит от эффективной и надежной работы энергетического хозяйства.

Различие между теми мероприятиями по экономии энергии, которые экономически выгодны в принципе, и теми, которые могут быть реализованы на практике, представлены на рис. 1. Многие методы экономии энергии, для которых уже создана необходимая техническая база, вполне осуществимы, но при нынешних ценах на энергию они были чрезмерно дорогими. Однако ряд методов повышения эффективности использования энергии дают экономию, как энергии, так и денежных средств [1].

1 - общие затраты (затраты на энергию плюс капиталовложения); 2 - стоимость энергии; 3 - капиталовложения, направленные на повышение

эффективности использования энергии; А - экономический оптимум; В - технически возможное повышение КПД энергии.

На рисунке 1 отражены возможности повышения коэффициента полезного использования энергии, т.е. величины возможного пути экономии энергии.

Основным показателем любого государства является ВВП. Одной из составляющих ВВП является энергетическая составляющая.

Процентное соотношение электроэнергетической составляющей приведено в таблице 1. Здесь же приведена величина удельной составляющей электроэнергии, приходящейся на 1 человека в Кыргызстане.

Таблица 1

Показатель	Годы				
	2004	2005	2006	2007	2008
Валовой внутренний продукт, млн. сом:					
-всего	94350.7	100899.2	113800.1	132749.4	185000
-на душу населения	18.5	19.6	21.9	26.7	34.8
Произведено электроэнергии, млн. кВт. ч	15141	14891	14523.2	14800	13800
Стоимость электроэнергии, млн. сом	10704	9887.6	11008	10952	11730
Численность постоянного населения, тыс. сом	5092.3	5138.7	5189.8	5224.3	5306.6
Удельная электроэнергия на 1 человека, кВтч	2.97	2.89	2.79	2.83	2.6
Удельная составляющая электроэнергии в ВВП, %	11.4	9.7	9.6	7.8	6.14

Основные показатели

Сегодня среднее потребление электроэнергии по всему миру составляет 2 кВт.ч/чел. В некоторых странах потребление существенно меньше: в Китае – 0.75 кВт.ч/чел, в Б.-0.5 кВт.ч/чел, в Европе – 6 кВт.ч/чел, США – 12 кВт.ч/чел, в Кыргызстане – в среднем – 2.8 кВт.ч на одного жителя.

Анализ статистических источников показал, что энергетическая составляющая электроэнергии в ВВП еще остается достаточно высокой. Удельный показатель электроэнергии с одной стороны показывает широкое применение автоматических устройств, а с другой – величину расхода энергии в технологическом производстве, в быту и т.д.

В настоящее время в различных странах идет процесс снижения энергетической составляющей ВВП. Например, в России намечилось ежегодное снижение на 4%, но Россия занимает 12-ое место в мире по энергорасточительности.

Согласно [4] реальный тем прироста ВВП в Кыргызстане в 2007 году.....составляет 5.7, а фактический рост – 8.2% [5], а к 2010 году – 6.0%.

Эффективность использования электроэнергии характеризуется потерей электроэнергии. Анализ опубликованных данных по энергосистеме Кыргызстана показывает, что потери электроэнергии за счет хищения колеблются от 25 до 30%. Технические потери в 1999 году составляли 1064 млн.кВт.ч, в 2005 году – 4923 млн.кВт.ч, т.е. возросло в 4.6 раза, в настоящее время - колеблется от 35 до 40%. Эти цифры показывают как эффективно используется электроэнергия в энергосистемах Кыргызстана.

Согласно среднему прогнозируемому сценарию организации ООН, численность населения мира вырастет с 6.5 млрд. человек до 8 млрд. к 2030 году, при этом 80% населения будет проживать в развивающихся странах. Численность населения Земли существенно влияет на потребление энергии, но в большей степени энергобаланс зависит от темпов ин-

дустриального развития. Например, в XX веке население мира выросло в 3.6 раза, в то время, как мировой энергобаланс увеличился более чем в 10 раз. Многократное увеличение объема мирового баланса неизбежно ведет к значительному истощению природных ресурсов.

Для уменьшения этих негативных последствий огромное значение имеет **энергосбережение**, которое позволяет производить продукцию и полезную работу с гораздо меньшим потреблением энергии. В XX веке эффективно использовалось около 20% первичной энергии, в то время как новейшие технологии позволяют повысить коэффициент полезного действия энергетических установок в 1.5-2 раза. По экспертным оценкам реализация программ энергосбережения позволит сократить потребление энергии на 30-40%.

В связи с этим, каждая страна разработала Программу энергосбережения. В этом вопросе огромную работу проделали в России. Программа энергосбережения разработана от государственного уровня до каждого хозяйства. В нашей стране программа разработана на государственном уровне, но не доведена до каждого пользователя энергии, это показывает, что потребителями энергии в Кыргызстане фактически не занимаются.

Темпы внедрения более эффективных методов использования энергии зависят также и от наличия свободного капитала. Любая взятая в отдельности компания ограничена в своих возможностях мобилизации средств; подчас приходится выбирать между расширением масштабов деятельности компании и мерами по повышению эффективности использования энергии. В результате во многих случаях необходимые капиталовложения так и не будут сделаны, особенно если имеются другие варианты, сулящие более высокую норму прибыли.

Основной мерой экономии энергии является повышение эффективности ее использования. Понятие «эффективность», которая представляет собой отношение теоретического минимума работы ЭТ, необходимого для осуществления данного технологического процесса, и фактически затраченной полезной работе (ЭФ). Если обозначить коэффициент эффективности – $K_{эф}$, то можно его можно выразить:

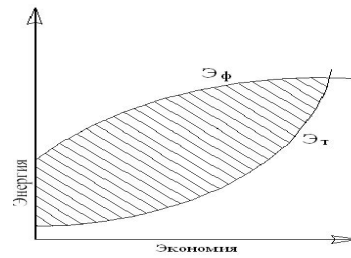


Рис. 2. Потенциал возможной экономии электроэнергии

Чем больше разница $\Delta\phi$ и Δm , тем ниже значение коэффициента $K_{эф}$. Теоретически максимальное значение $K_{эф}=1$. Исходя из этого, можно предположить возможный потенциал экономии энергии. Прежде чем разработать различные мероприятия по экономии энергии, необходимо знать величину потенциально возможной экономии энергии. В различных источниках величина потенциально возможной экономии энергии составляет от 10 до 40%. Например, для выполнения какой-то работы используется три агрегата, последовательно выполняющие операцию. Каждый из которых имеет КПД 0.8, тогда общий КПД равен 0.52. Если принять какие-то меры, и КПД каждого агрегата довести до 0.82, то их общий КПД составит 0.77. Разница $0.77-0.52=0.25$, т.е. возможный потенциал экономии энергии составляет 25%.

В опубликованных материалах в журнале «Энергосбережение» (№ 11 2008 г.) показано, что при годовом потреблении ТЭР в г. Женева 33 млн.т.у.т потенциал энергосбережения составляет 11 млн.т.у.т., т.е более 33%.

В России технический потенциал экономии электроэнергии составляет 420 млн.т.у.т, а это 45% от сегодняшнего уровня потребления ЭЭ в России, что равно 2% мирового потребления энергетических ресурсов. А это означает, что если бы был реализован этот потенциал энергосбережения, вся мировая экономика могла бы затормозить рост энергопотребления примерно на 1 год. Эти примеры показывают, какое немаловажное значение имеет экономия электроэнергии.

Возможный потенциал экономии электроэнергии можно получить в течении года или позже. Поэтому возможный потенциал экономии энергии согласно [1] по срокам осуществления может быть различным, т.е. немедленно (в пределах одного года), краткосрочный (2-5 лет) и долгосрочный (96-25 лет).

На рис. 2 показана величина потенциально возможной экономии электроэнергии.

Зная потенциал экономии энергии, можно разработать программу экономии энергии. Согласно [1] программа экономии состоит из нескольких этапов:

1 ЭТАП – поддержка со стороны руководства;

2 ЭТАП – контрольное обследование и анализ (энергоаудит);

3 ЭТАП – осуществление программы энергосбережения.

В качестве основных барьеров повышения эффективности стоит указать:

- **Недостаток мотивации.** Бюджетные ограничения и изъятие получаемой экономии в бюджетном и тарифном процессах.

- **Недостаток информации.** Информационное и мотивационное обеспечение подготовки и реализации решений часто игнорируется. В стране большой выбор энергоэффективных лампочек, но кто знает о даваемой ими экономии?

- **Недостаток финансовых ресурсов.** Требования к окупаемости проектов по повышению энергоэффективности и снижению издержек существенно более жесткие, чем требования к проектам с новым строительством. Действительно, во многих случаях нужно вкладывать средства.

- **Недостаток организации и координации.** Имеет место на всех уровнях принятия решений. Например, на государственном уровне практически нет государственной политики повышения энергоэффективности. Но, на уровне страны в целом, имеющей огромный потенциал энергосбережения и массу проблем в экономике, особенно в сегодняшней кризисной ситуации.

В стране Закон «Об энергосбережении», от которого мало пользы, и практически нет финансирования энергосберегающих мероприятий. А в других странах, например, в Корее, Японии, США, Голландии, с очень и не очень рыночной экономикой сегодня выделяются фантастические по нашим меркам средства на реализацию энергоэффективных программ.

- **Избегание неопределенности.** Мы живем и работаем в условиях неопределенности, действуем по стереотипам, в которых

не укоренился рациональный стиль поведения. Эффект от мер по повышению энергоэффективности воспринимается как менее гарантированный.

- **Низкая долгосрочная ориентация,** а все вопросы надо обязательно проигрывать на перспективу. Наша неспособность решать стратегические задачи и осознать, какие выгоды в решении перспективных экономических задач дает повышение энергоэффективности. Отсюда следует, что нужно сформировать совершенно новую отрасль экономики, которая будет заниматься повышением энергоэффективности и которая сможет этот потенциал реализовать.

Разработать новую программу по «Энергосбережению», на основе которой каждый потребитель, организация должны разработать краткосрочную, долгосрочную программы энергосбережения. В каждой организации должен быть отдел, занимающийся внедрением программы энергосбережения с соответствующей финансовой поддержкой.

Литература

1. Craid B, Smith Editon «Эффективное использование электроэнергии». /Пер. с англ. –М.: Энергия, 1981 г., 400 с.
2. Кыргызстан в цифрах. Статистический сборник. Бишкек: 2008 г., 326 с.
3. Отчет о реализации целей развития Декларации тысячелетия. Кыргызская Республика. Бишкек: 2003 г., 11-12 стр.
4. Комплексная основа развития Кыргызской Республики до 2010 года. Общенациональная стратегия. Бишкек: 2001 г., 96 с.
5. Национальный банк КР. Годовой отчет за 2007 г. Бишкек: 2008 г., 188 с.
6. Абдымаликов К. Экономика Кыргызстана. Учебное пособие. –Б.: 2007 г., 560 с.

УДК.: 621.316

ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЙ И ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Суркулов М.А., Асанов А.К., Попова И.Э.

КГТУ им. И. Раззакова

В работе отражаются вопросы об ЭМС и ЭМО. При эксплуатации электронных устройств и цифровой техники необходимо рассматривать вопросы ЭМС. Для технических специальностей ввести дисциплину «Электромагнитная совместимость».

Развитием системы автоматических управлений и регулирований в промышленности, в сельском хозяйстве и в быту с широким внедрением многофункциональных автоматических устройств, построенных на основе современных полупроводниковых устройств, получающих электрическую энергию непосредственно от электрооборудований. Возникла проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) т. к. эти устройства получают питания через трансформаторы, токопроводов, т. е. они связаны источником электроэнергии электрически. В процессе передачи электрической энергии возникают различные помехи (электрические, магнитные), они влияют на технико-экономические показатели, режим работы электронных устройств (ЭУ).

Новый этап осмысления проблемы обеспечения безопасности начался после крупных катастроф на химическом комбинате в Бхопале. На АЭС в Три-майл-Айланде и Чернобыле, на космическом корабле многоразового использования Челленджер, приведших к человеческим жертвам, потере огромных материальных ценностей и экологическим бедствиям. Все это послужило толчком в развитии теории безопасности, т.к. суммарные расходы на исследование по безопасности АЭС в западных странах составляет ежегодно более 1 млрд. долларов.

К нарушениям условий безопасности могут привести не только отказы элементов микроэлектронных систем управления ЭУ, но и сбои, вызванные действием электромагнитных помех.

Проблема обеспечения электромагнитной совместимости при заданном уровне безопасности, настолько актуальна, насколько актуальна на современном этапе развития техники и проблема обеспечения безопасности ЭУ. Более того, проблема ЭМС выдвигается на первый план, о чем свидетельствует отношение к ней в западных странах, где микроэлектронные системы управления стали применяться раньше чем у нас в стране. Об эффективности решения проблемы ЭМС в известной степени можно судить по наличию нормативно-технической документации (НТД) в области стандартизации, нормирования и сертификации. В странах европей-

ского сообщества директивой 89/336/ЕЕС [4] с 1992 г. Введены единые нормы и обязательная сертификация на ЭМС любой электронной аппаратуры. С 1.01.96г. в Европейском сообществе, согласно принятых законов, на рынок не допускается ни одно электронное или электрическое изделие, не отвечающее требованиям по ЭМС. Огромное внимание уделяется в США проблеме ЭМС в области военных РЭС, где впервые требования по ЭМС были стандартизированы. В настоящее время только США по данным [4] во всех родах войск и в авиакосмической промышленности действует более 50 стандартов и норм по ЭМС на различное электронное оборудование. Согласованная практика международного регулирования в области ЭМС директивные требования Европейского экономического сообщества (директива ЭМС 89/366/ЕЕС) и стандарты МЭК требуют значительного внимания к проблеме ЭМС при создании конкурентоспособной электронной аппаратуры. Становится очевидным необходимость углубленной подготовки инженеров-конструкторов в области ЭМС.

В нашей стране в этой области используются нормативы, разработанные в России, в частности, ГОСТ 13109-97 [1] и СО 34.35.311.-2004 [2]. Согласно ГОСТ 13109-97 нормируются показатели качества электроэнергии, а именно: установившееся отклонение напряжения δU_V ; размах изменения напряжения δU_t ; доза фликера P_f ; коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U ; коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$; коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} ; коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} ; отклонение частоты Δf ; длительность провала напряжения Δt_{II} ; импульсное напряжение $U_{имп}$; коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$.

Согласно [1] для показателей качества электроэнергии (КЭ) указаны нормально и предельно допустимые значения. Выход за пределы показателей существенно влияет на технико-экономические показатели прием-

ников электрической энергии (ПЭЭ) и режимы ЭУ.

Например, при несоблюдении пределов отклонения напряжения нарушается режимы работы тиристорных, транзисторных. Если искажается синусоидальная форма кривой напряжения, то возникают высшие гармоники и в этом случае нарушаются режимы работы многих ЭУ, преждевременный выход из строя слаботочных ЭУ.

Согласно [2,3,4] источники помех чрезвычайно разнообразны. По сути дела каждое изменение напряжения или тока в любой электрической цепи и сопутствующее ему изменения напряженности электрических полей могут рассматриваться как потенциальный источник помех. Можно выделить следующие звенья, рисунок 1.

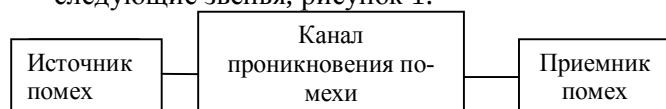


Рис. 1. Распространение помехи

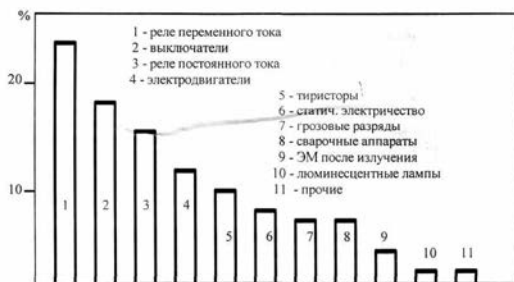


Рис. 2. Источники образования помех.

Согласно экспертной оценке специалистов 20 крупнейших японских электронных фирм наиболее частыми источниками и путями проникновения помех являются: рисунок 2.

Пути проникновения помех в ЭУ показаны в рис.3.

Источники электромагнитных помех в электростанциях показаны в рисунке 4.

Из выше изложенного согласно [1,2,4] вытекают следующие основные понятия:

Электромагнитная совместимость (ЭМС) согласно по определению МЭК – это одновременное существование полезного сигнала и помехи, которое, не сопровождается потерей информации, содержащей в полезном сигнале.



Рис.3. Пути проникновения помех.

Электромагнитная совместимость микроэлектронных систем управления ответственными технологическими процессами определяется способностью микроэлектронной аппаратуры или системы функционировать

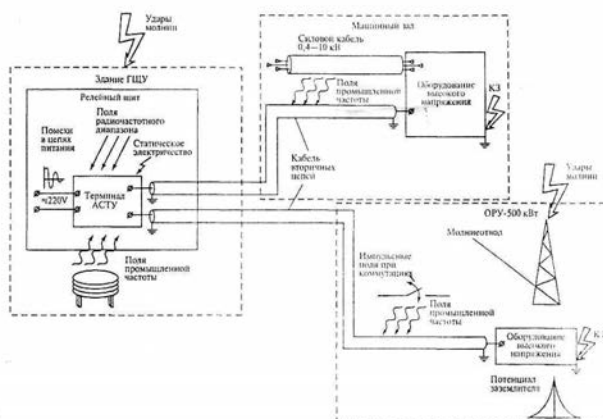


Рис. 4 Источники электромагнитных помех: ГШУ – главный шит управления; ОРУ – открытое распределительное устройство.

вать с заданными параметрами надежности и безопасности при воздействии электромагнитных помех определенного уровня не создавать недопустимых электромагнитных помех другим микроэлектронным, в том числе и радиоэлектронным системам.

Электромагнитная обстановка (ЭМО) – совокупность электромагнитных явлений, существующих в рассматриваемом пространстве. Описывается характеристиками установленного оборудования, реализованными и нереализованными мероприятиями по повышению электромагнитной совместимости, а также неэлектрическими характеристиками окружающей среды, влияющими на электромагнитную совместимость (влажность воздуха, наличие поблизости материалов с трибоэлектрическими свойствами и т.д.).

Уровень совместимости – допустимая вероятность сбоев, при которой обеспечивается заданный уровень надежности и безопасности функционирования системы, устройства

Электромагнитная совместимость изделия наиболее эффективно достигается с учетом эксплуатационных и экономических условий путем планомерной и непрерывной работы на стадии проектирования изделия. При этом понятие «обоснованные затраты» при возможных внешних воздействиях не следует понимать с позиции достижения абсолютной устойчивости любой ценой. Прежде всего, необходимо добиться минимизации общей стоимости K_G , обусловленной стоимостью потерь K_F вследствие работы системы с учетом влияния электромагнитной несовмес-

тимости и стоимости дополнительных мероприятий K_E по повышению электромагнитной совместимости. Это означает, что процесс повышения надежности в т.е. результирующую зависимость K_G (W_F). Известны затраты на обеспечение совместимости для различных объектов. Они составляют от 2 до 10% стоимости разработки.

Чтобы решить вопросы ЭМС необходимо определить наиболее неблагоприятный ЭМО, характеризуемой наибольшими, но реально возможными электромагнитными воздействиями в местах расположения ЭУ, проверки ЭМС ЭУ на действующих объектах и в случае необходимости разработки предложений по улучшению ЭМО, разработки требований по их сессам, жесткости испытаний на помехоустойчивость ЭУ, устанавливаемый на объектах применительно электрическим станциям ЭМС изложено в [2]. отношении электромагнитной совместимости требует все больших затрат (область левее точки P_{opt} на рис.5. Однако практически трудно определить зависимости K_F (W_F) и K_E (W_F),

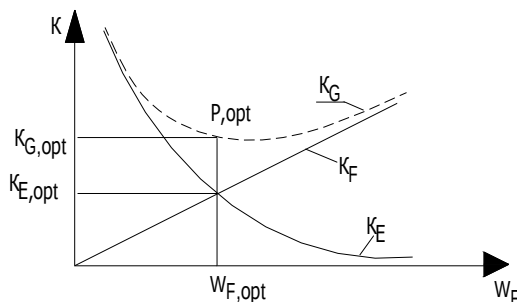


Рис.5. Зависимости стоимости затрат K от вероятности нарушений функционирования W_F вследствие недостаточной электромагнитной совместимости

Часто, помехи проникают в электрическую цепь через гальванические связи. В качестве примера рассмотрим схему двухпроводной линии связи (в начале линии – передающее устройство, в конце – приемное устройство) показанную на рис.

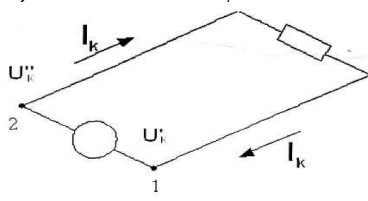


Рис. 6. Схема двухпроводной линии связи.

Мешающий ток гармоник будет определяться разностью $U_K' - U_K''$, наведенных влияющей линией. Поэтому для определения напряжения для двухпроводной линии.

Используется формула

$$U_{ш} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (U_k P_k \eta_k)^2} \quad (1)$$

где η_k – коэффициент чувствительности

$$\eta_k = \frac{U_k' - U_k''}{U_k'} \quad (2)$$

и колеблется в пределах 0,001 – 0,01.

Для однопроводной линии связи $\eta_k = 1,0$. Указанные значения η_k говорят о том, что двухпроводная линия связи на два-три порядка менее чувствительна к помехам, чем однопроводная. Расчет напряжения шума по формуле (1) вызывает большие затруднения, так как количество гармоник, формирующих $U_{ш}$, может достигать нескольких десятков. Поэтому в практических расчетах используют упрощенную методику.

Если влияющая линия – ЛЭП трехфазного тока, проложенная вдоль линии связи и содержащая гармоники-то необходимо по формуле (1) рассчитать для каждой гармоники значения наведенных напряжений шума в линии связи от каждой фазы $\dot{U}_{AK}, \dot{U}_{BK}, \dot{U}_{CK}$ по влияющим токам $\dot{I}_{AK}, \dot{I}_{BK}, \dot{I}_{CK}$. Затем производится их геометрическое суммирование:

$$\dot{U}_K = \dot{U}_{AK} + \dot{U}_{BK} + \dot{U}_{CK} \quad (3)$$

Определив модули $\dot{U}_K$ для влияющего диапазона частот по формуле (1) находят результирующее напряжение шума.

Рассчитанные напряжения шума сравнивают с нормами. Допустимые нормы зависят от типа линии связи. Например, для междугородной линии связи Министерства связи и МПС норма на усилительный участок равна 1,5мВ.

Литература

1. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике. Пер. с нем. И.П.Кужекина; Под ред. Б.К.Максимова. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 304 с.
2. ГОСТ 29280-92. Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Общие положения.
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. – М: Энергия, 1989.
4. Лезнов С.И., Тайц А.А. Обслуживание электрооборудования электростанций и подстанций. – М.: Высшая школа, 1960.

5. Нормы испытания электрооборудования. - М: Атомиздат, 1978.
6. Суеркулов М.А., Асанов А.К. Электромагнитная совместимость в КР. Вестник КТУ им.И.Раззакова, №5, Бишкек, 2002.

7. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

УДК 621.3.026.5 621.311. (575.2)

АНАЛИЗ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 110-500 КВ КЫРГЫЗСТАНА

Симаков Ю. П., Жолдошова Б.М.*

*КРСУ им. Б.Ельцина, КГТУ им. И.Раззакова**

Рассмотрены особенности компенсации реактивной мощности в распределительных сетях и проведен анализ компенсации реактивной мощности в электрических сетях Кыргызстана. В качестве примера рассмотрены электрические сети южного региона республики.

Для электрической сети в целом требуется равенство генерации и потребления активной и реактивной мощности. Основным нормативным показателем поддержания баланса активной мощности в каждый момент времени является частота переменного тока, представляющая собой общесистемный критерий. А основным нормативным показателем поддержания баланса реактивной мощности является уровень напряжения – местный критерий, различный для каждого узла нагрузки и ступени номинального напряжения. Поэтому в отличие от баланса активной мощности необходимо обеспечить баланс и резерв реактивной мощности не только в целом по энергосистеме, но и в узлах нагрузки.

Указанные балансы обеспечиваются рациональным взаимодействием электрических станций, электрической сети и потребителей электроэнергии, которые образуют единый процесс производства и потребления электроэнергии. Состояние энергосистемы и ее надежность характеризуется устойчивостью установившихся и послеаварийных режимов, обеспечиваемой применением различного рода устройств.

В настоящее время, темпы роста производства и развития инфраструктуры городов, способствующие резкому увеличению энергопотребления, привели к значительным технологическим проблемам:

- к возрастанию потоков реактивной мощности в ЛЭП всех классов напряжения, в том числе в электрических сетях потребителей;
- к возникновению дефицита реактивной мощности в узлах нагрузки и, как следствие, к снижению напряжения на шинах нагрузок и подстанций и снижению запаса статической устойчивости нагрузки по напряжению;
- к увеличению до предельно допустимых значений загрузки ЛЭП и подстанций токами полной нагрузки и ограничению их пропускной способности по активной

мощности из-за необоснованной загрузки реактивной мощностью;

- к существенному росту потерь активной мощности в электрических сетях и системах электроснабжения потребителей и значительному ухудшению технико-экономических показателей работы.

Отсутствие заинтересованности в компенсации потребляемой реактивной мощности со стороны потребителей, а также долговременный спад электропотребления и отсутствие необходимости в использовании источников реактивной мощности в узлах потребления э привели к исключению части источников реактивной мощности из общего баланса выработки электроэнергии.

С другой стороны, элементы распределительной сети (линии электропередачи, понижающие трансформаторы) в силу особенностей конструктивного исполнения имеют продольное индуктивное сопротивление. Поэтому, даже для нагрузки потребляющей только активную мощность, в начале распределительной сети будет иметь место индуктивная составляющая – реактивная мощность. Величина потерь реактивной мощности зависит от индуктивного сопротивления распределительной сети и при отсутствии компенсирующих устройств (КУ) может быть израсходована в элементах этой распределительной сети.

Передача от источника питания к потребителю реактивную мощность приводит:

1. В распределительной сети возникают дополнительные потери активной мощности – потери при транспорте электрической энергии: $\Delta P = (P_n^2 + Q_n^2) \cdot R$, часть которых (а иногда и значительную) составляют потери от транспорта реактивной мощности.
2. Величина напряжения у потребителя, а, следовательно, и качество электрической энергии, снижается:

$$U_n = U - (P \cdot R + Q \cdot X) / U.$$

3. Увеличивается загрузка распределительной сети током, что приводит $I_n \geq I_{\text{доп}}$.

Таким образом, транспортировка реактивной мощности по распределительным сетям от центров питания к потребителям превращается в сложную технико-экономическую проблему, затрагивающую как вопросы экономичности, так и вопросы надежности систем электроснабжения. Классическим решением данной проблемы в распределительных сетях является компенсация реактивной мощности у потребителя путём установки у него дополнительных источников реактивной мощности – синхронных компенсаторов (СК), батареи конденсаторов (БК), а также источников реактивной мощности (ИРМ). В настоящее время в состав национальной электрической сети Кыргызстана (НЭС) входят 76 подстанций. На 17 подстанциях из них установлены компенсирующие устройства. На северном регионе республики КУ установлены на следующих подстанциях: Тамга (БК), Покровка (БК), Пржевальская (СК), Восточная (БК), Пристань (БК), Тюп (БК), Бостери (БК), Чолпон-Ата(БК), Иссык-Кульская(СК), Талаская(БК), Нарын-1(БК), Жетиген(БК). Подробная информация о КУ на южном регионе приводится в таблице №1.

В данной статье ставится задача выявления узлов нагрузок, где необходимо регулирование и компенсация реактивной мощности. В качестве примера рассматривается южный регион республики. На рисунке 1 показана схема потокораспределения зимнего контрольного замера 17.12. 2008г. 21-00. на южном регионе республики.

В таблице 1 приведены отчет о загрузке трансформаторов и автотрансформаторов на ПС 220-110 кВ ОшПВЭС (17.12.08.) и подробная информация о наличии компенсирующих устройств. Из таблицы №1 можно увидеть, что в основном компенсирующие устройства установлены не только на 5 подстанциях. Это связано с тем, что выработка мощности сосредоточены на юге. Однако электростанции вырабатываются только 60 % необходимой реактивной мощности. По ре-

зультатам замеров в зимний период видно, что на подстанциях Алай, Анар, Беш-мойнок, Памирская. Кара-Суу, Узген, Кара-Кульджа, Каратай, Кара-Шоро, Суфи-Курган, Сарыташ, Мангит, Табачная, Кашкар-кишлак уровень напряжения ниже требуемого. На подстанциях Памирская. Кара-Суу, Узген, Каратай установлены батареи конденсаторов. По всей вероятности КУ на этих подстанциях выведены из работы. Вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что к КУ не уделяется должного внимания.

Вопросы компенсации реактивной мощности в распределительных сетях были актуальны и ранее, но в настоящее время данный вопрос требует к себе особого внимания в сложившихся условиях работы энергосистемы Кыргызстана.

1. Анализ показал, что существующий уровень компенсации реактивной мощности недостаточен, т.к. в ряде узлов нагрузок уровень напряжения низкий.

2. Режим работы требует более детального исследования с целью определения оптимальной мощности источников реактивной мощности и мест их установки с учетом возможности регулирования напряжения путем изменения коэффициентов трансформации.

Литература

1. Горожанкин П.А., Майоров А.В., Макаровский С.Н., Рубцов А.А. Управление напряжением и реактивной мощностью в электроэнергетических системах. Европейский опыт. – Электрические станции, 2008, №6.
2. Кочкин В.И., Майоров А.В. Проблемы нормализации напряжений в электрических сетях ОАО «МОЭСК». – Электрические станции, 2008, №7
3. Бурман А.П., Строев В.А. Основы современной энергетики. М.: Изд. дом МЭИ, 2008

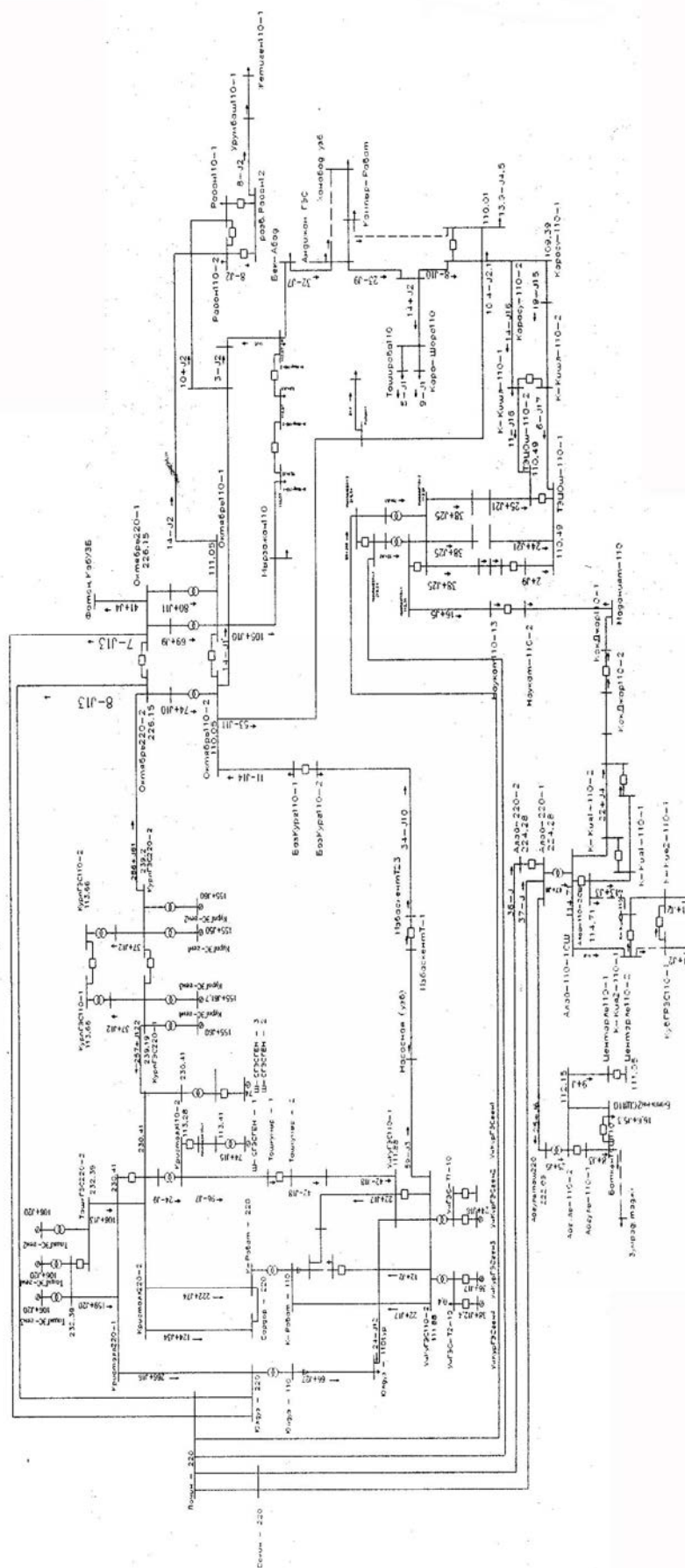


Таблица 1

№ п/п	Наименование подстанции	Сном транс- форматора МВА	Максимальная загрузка тр-ра на ВН		Напряжение (факт.) кВ			% загрузки трансформатора			Наличие КУ	Мощн ость КУ МВАр
			P МВт	Q МВар	ВН	СН	НН	ВН	СН	НН		
1	Узловая	125	95	33	215	110		95.8	90.8	-0		
		125	95	48	215	110		96.5	93.3	0		
2	Алай	125	71.3	32.4	214	108	9.5	69.6	73.1	0	-	
3	Тюлейкан	25	14.4	5.9		35	10	57.4	39.9	94.5	БК	1x5.3
4	Анар	10	5	1.9			10.1	49		57.5		
		10	6.7	2.6			5.8	67.7		81.2		
5	Учар	6.3	2.6	0.9			6	0		48.4		
6	Беш-мойнок	2.5	2.4	0.9			9.7			114.5		
7	Мады	2.5	0	0						0		
8	Центр	25	20.1	8.5		36	6.4	91.6	52.5	38		
		1.6	0.2	0.1			10.7		18.9	11.4		
9	Памирская	16	5.8	2.3	95	37.8	9.8	0	0	48.8	БК	1x5.3
		15	0	0						0		
10	Ош-6	25	20.7	7.7	108	35	10	95.5	37.8	58.3		
		16	11.7	4.9	108	36		87.2	83.3	0		
11	Кара-Суу	25	10.4	4.4	110	9.8	5.9	43.8	58.2	36.6	БК	2x4.7
		31.5	13.9	6	110	36	6	50.6	38.1	22		
12	Узген	16	7.5	3.1	102	33		49.8	58.3	0	БК	1x5.3
		16	7.2	2.9	102	33	9.4	49.8	32.5	23.2		
13	Кара-Кульджа	16	8.8	3.4		32		56.	70.8	0		
		10	4.9	1.9			9.5	49.8	0	61		
14	Карагай	6.3	4.2	1.4			9.5	66.5	00	83.1	БК	1x5.3
		10	0	0			0			0		
15	Кара-Шоро	25	8.9	3.5	102	34	9.5	39.8	45.3	41.2		
		10	1.8	0.6	100		6			21		
16	Кадамжай	16	10.4	4.4	100	37.8		68.5	70.8			
		25	9.5	3.6	110	36	6	39.8	29.3	14.4		
17	Металлургичес- кая	25	0	0						0		
		16	9.2	3.5		37	6.2	62.3	35.4	29.3		
18	Центральная	16	0	0						0		
		16	0	0		0				0		
19	Плавильная	16	0	0		0				0		

20	Гульча	10	5.1	1.9		0		51.8	18.7	41		
21	Суфи-Курган	10	5.3	2		35	10.1	55.8		61.9		
22	Сары-таш	2.5	1	0.3			9.8			43.6		
		10	4.4	1.7		34.3	9.4	49.7	48.7	4.2		
		6.3	0	0		0		0	0			
23	Уч-добо	2.5	0.5	0.2			10			25.1		
24	Мангит	16	11.3	4.6		35.2	9.9	80.1	1.8	9		
		6.3	0	0						0		
25	Тепе-Курган	6.3	4.4	1.4			10.2			72.5		
		6.3	1.5	0.5			10.5			25.7		
26	Наукаг	10	4.4	1.7		34		44	53.3			
		10	4.4	1.7		34		44.	53.3			
		25	11.8	4			10			53.1		
							10			52.4		
27	Маданият	16	5.6	2.1			10	34.8		41.1		
28	Кок-Джар	10	2.1	0.7	105		10	22		24.8		
		10	4.4	1.7		34	10	49.8	33.3	16.2		
29	Салиевой	10	1.8	0.6			9.8	19.9		21		
30	Табачная	10	3.7	1.3			10.3	39.8		41.9		
31	Таширова	10	5.4	1.9			9.7	53.8		64.8		
32	Кашкар-кишлак	10	3.6	1.2			10.2	39.8		41		
		10	9.4	3.2			10.3	107.6		107.6		
33	Кызыл-Кия-1	10	8	3			6	77.7	36.7	54.1		
		10	9.4	3.7		35	6	97.1	60	46.4		
34	Кызыл-Кия-2	1	0.3	4		36	6			11.4		
		16	14.4	5.7		36	6.1	93.4	89.6	13.2		
35	Джин-Джиган	10	5.4	2		35		61.8	63.3			
		5.6	3.2	1.1			6.2	68		68		
36	Самат	10	6	2.3		35.1			70			
		6.3	1.6	0.6			10			30.3		
37	Арка	16	2.6	0.9		36	6.4	18.7	18.8	0		
38	Целинная	10	0	0			0	0				
39	Морская	10	0	0			0	0				
40	Баткен	25	0	0			0	0				
		25	16.6	6.2		38		75.2	40.5	32.4		
41	Айгул-Таш	125	25.8	9.7	212	106		22.4	23			

УДК 004.72: 621.3.049.776

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ ПЕТРИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСКРЕТНЫХ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Асанова С. М.

КГТУ им. И.Раззакова

В настоящей работе для дискретных схем замещения линейных двухполюсных элементов и многополюсных индуктивно связанных элементов электрических цепей разрабатываются соответствующие им вычислительные сети Петри для формирования из них структурированных (многокомпонентных) вычислительных алгоритмов для расчета переходных процессов в сложных электрических цепях.

Известно, что расчет переходных процессов в электрических цепях методом переменных состояния [1] эффективен лишь для цепей с небольшим числом реактивных и нелинейных элементов. С ростом сложности цепи, т.е. числа реактивных и многополюсных нелинейных элементов, усложняется процедура формирования уравнений состояния из-за отсутствия универсальных алгоритмов. Разработка же для каждой новой цепи специального алгоритма формирования представляет собой довольно сложную задачу, и реализация подобных алгоритмов требует существенных вычислительных затрат. При этом, вопросы эффективности автоматического формирования уравнений начинают играть не меньшую роль, чем вопросы последующего их решения. Поэтому при компьютерном моделировании сложных электрических цепей предпочтение отдается такому методу, в котором процедура формирования уравнений наиболее проста, универсальна, согласована с последующим численным решением и легко реализуема на компьютере. Таким требованиям более всего удовлетворяет метод дискретных схем замещения [1,2], и использование для его реализации аппарата вычислительных сетей Петри (ВСП) [3,4,5].

Постановка задачи. Для дискретных схем замещения двухполюсных элементов и многополюсных индуктивно связанных элементов разработать соответствующие им ВСП для расчета токов в этих элементах, используемых при формировании структурированных (многокомпонентных) итерационных последовательно-параллельных (ПП) вычислительных алгоритмов расчета переходных процессов в сложных электрических цепях, согласованных с методами дискретных схем замещения и узловых напряжений.

Замечание. Описание рассматриваемых ниже схем ВСП дается без лишних комментариев, поскольку коды и соответствующие им алгоритмы функционирования всех вычислительных элементов ВСП даны в таблице, приведенной в конце настоящей работы.

ВСП для отдельных элементов сложных электрических цепей.

1) Дискретная модель времени (рис. 1, а) и ВСП_{θ_n} для ее реализации (рис. 1, б, в)

$$n = 0, 1, 2, \dots, \quad (1)$$

$$\theta_{n+1} = \theta_n + \Delta t, \quad \theta_0 = 0, \quad \text{при } n = 0 \quad (2)$$

$$\theta_n < T. \quad (3)$$

Здесь $n, \theta_n, \Delta t, T$ - соответственно номер такта, время, дискрета по времени, финальное время. Схема ВСП_{θ_n} для вычисления (1)-(3) приведена на рис. 1,б, где состоянием позиций $d_{q_T}, d_{q_{dt}}, q_{\theta_n}, p_n, p_{ex}, p_{bix}$ являются соответственно $\sigma(d_{q_T}) = T, \sigma(d_{q_{dt}}) = \Delta t, \mu(q_{\theta_n}) = \theta_n, \mu(p_n) = n, \mu(p_{ex}) \in \{0, 1\}, \mu(p_{bix}) \in \{0, 1\}; \lambda_0 = 0, \lambda_1 = 1$ - позиции логических констант, интерпретируемые, соответственно, как «ложь», «истина». На рис. 1,в приведено обобщенное условно-графическое обозначение, введенное как удобное средство при построении многокомпонентных ВСП по модульному принципу.

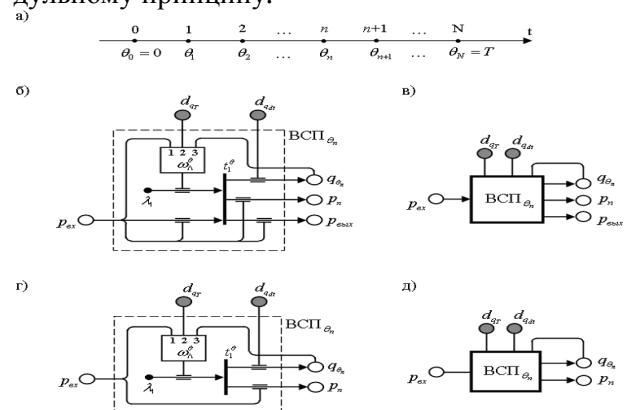


Рис. 1. ВСП_{θ_n} для моделирования дискретного времени

Как видно из рис. 1,б, ВСП_{θ_n} состоит из одного вычислительного модуля (ВМ) $V(t_1^\theta)$ перехода t_1^θ , который, в свою очередь, состоит из вычислительных элементов (ВЭ) $V(\lambda_1, t_1^\theta), V(t_1^\theta, q_{\theta_n}), V(t_1^\theta, p_n), V(p_{ex}, t_1^\theta),$

$V(t_1^\theta, p_{\text{вх}})$. Здесь $V(\lambda_1, t_1^\theta)$ - ВЭ для проверки активности ВМ $V(t_1^\theta)$ перехода t_1^θ , код описания которого и соответствующий этому коду алгоритм функционирования показан в таблице. В данном ВЭ используются условия (3) и $\mu(p_{\text{вх}}) = 1$. В результате срабатывания ВЭ $V(t_1^\theta, q_{\theta_n})$, $V(t_1^\theta, p_n)$ $V(p_{\text{вх}}, t_1^\theta)$, $V(t_1^\theta, p_{\text{вх}})$ модифицируются состояние $\mu(q_{\theta_n})$, $\mu(p_n)$, $\mu(p_{\text{вх}})$, $\mu(p_{\text{вх}})$ позиций соответственно q_{θ_n} , p_n , $p_{\text{вх}}$, $p_{\text{вх}}$. Коды описания этих ВЭ и соответствующие этим кодам алгоритмы функционирования показаны в таблице. При этом ВЭ $V(t_1^\theta, q_{\theta_n})$ модифицирует состояние $\mu(q_{\theta_n})$ согласно (2), т.е. увеличивает значение текущего времени θ_n на величину Δt ; ВЭ $V(t_1^\theta, p_n)$ увеличивает состояние $\mu(p_n)$ на единицу и этим самым реализует счетчик такта времени (1); ВЭ $V(p_{\text{вх}}, t_1^\theta)$ обнуляет состояние позиции $p_{\text{вх}}$, а ВЭ $V(t_1^\theta, p_{\text{вх}})$ модифицирует состояние позиции $p_{\text{вх}}$ из $\mu(p_{\text{вх}}) = 0$ в $\mu(p_{\text{вх}}) = 1$, подтверждая этим, что ВМ $V(t_1^\theta)$ сработал. На рис. 1,2,д, показаны схема ВСП $_{\theta_n}$ и соответствующее условно-графическое обозначение для случая когда отсутствуют ВЭ $V(p_{\text{вх}}, t_1^\theta)$, $V(t_1^\theta, p_{\text{вх}})$. Отметим, что принцип обобщенного обозначения ВСП $_{\theta_n}$, показанный на рис. 1, в,д, будет использован и для других ВСП элементов электрических цепей.

2) *Дискретные модели двухполюсных резистивных, емкостных, индуктивных элементов и соответствующие им ВСП.*

После разностной аппроксимации уравнений $C \frac{du_C(t)}{dt} = i_C(t)$, $L \frac{di_L(t)}{dt} = u_L(t)$ соответственно емкостного C и индуктивного L элементов неявным методом Эйлера запишем уравнения для напряжений u_{kl} и токов i_{kl} ветвей ($k \rightarrow l$), $k, l \in \{0, 1, 2, \dots, m\}$, $k \neq l$, цепи в дискретные моменты времени θ_n , $n = 0, 1, 2, \dots$, и построим соответствующие им дискретные схемы замещения и ВСП:

- для напряжений u_{kl} ветвей ($k \rightarrow l$), $k, l \in \{0, 1, \dots, m\}$, $k \neq l$ (рис. 2)

$$u_{kl}(\theta) = u_{k0}(\theta) - u_{l0}(\theta), \quad \forall \theta \in \{\theta_0, \theta_1, \theta_2, \dots\} \quad (4)$$

Здесь $u_{k0}(\theta)$, $u_{l0}(\theta)$, $u_{kl}(\theta)$ - напряжения соответственно узлов k , l и ветви ($k \rightarrow l$) в момент времени θ (рис. 2,а,б). Схема ВСП $_{u_{kl}}$ для вычисления (4) приведена на рис. 2,в, где состоянием позиций $q_{u_{k0}}$, $q_{u_{l0}}$, $q_{u_{kl}}$, $p_{\text{вх}}$ являются соответственно $\mu(q_{u_{k0}}) = u_{k0}(\theta)$, $\mu(q_{u_{l0}}) = u_{l0}(\theta)$, $\mu(q_{u_{kl}}) = u_{kl}(\theta)$, $\mu(p_{\text{вх}}) \in \{0, 1\}$. На рис. 2,г приведено обобщенное условно-графическое обозначение.

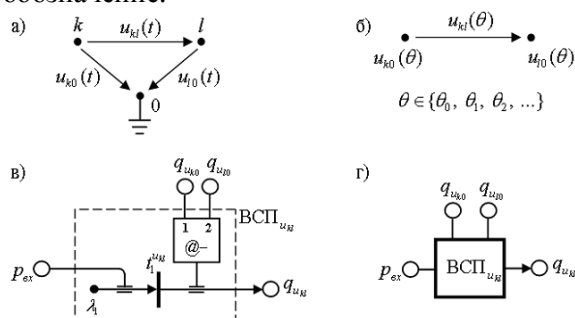


Рис. 2. Напряжение $u_{kl}(t)$ ветви ($k \rightarrow l$) (а); дискретная схема замещения (б); ВСП $_{u_{kl}}$ для вычисления $u_{kl}(\theta)$ (в) и ее условное обозначение (г)

Как видно из рис. 2,в, ВСП $_{u_{kl}}$ состоит из одного ВМ $V(t_1^{u_{kl}})$ перехода $t_1^{u_{kl}}$, который, в свою очередь, состоит из ВЭ $V(\lambda_1, t_1^{u_{kl}})$, $V(t_1^{u_{kl}}, q_{u_{kl}})$. Здесь $V(\lambda_1, t_1^{u_{kl}})$ - ВЭ для проверки активности ВМ $V(t_1^{u_{kl}})$ и модификации состояния $\gamma(t_1^{u_{kl}})$ перехода $t_1^{u_{kl}}$, код описания которого и соответствующий этому коду алгоритм функционирования показан в таблице. В данном ВЭ используется условие $\mu(p_{\text{вх}}) = 1$. В результате срабатывания ВЭ $V(t_1^{u_{kl}}, q_{u_{kl}})$ модифицируется состояние $\mu(q_{u_{kl}})$ позиции $q_{u_{kl}}$ согласно (4). Код описания данного ВЭ и соответствующий этому коду алгоритм функционирования показан в таблице.

- для токов i_{kl} ветвей ($k \xrightarrow{g_{kl}} l$) содержащих резистивные элементы с проводимостями g_{kl} , $k, l \in \{0, 1, 2, \dots, m\}$, $k \neq l$ (рис. 3)

$$i_{kl}^g(\theta) = g_{kl} \cdot u_{kl}(\theta), \quad \forall \theta \in \{\theta_0, \theta_1, \theta_2, \dots\}, \quad (5)$$

$$g_{kl} = g_{lk} = g. \quad (6)$$

Здесь $i_{kl}^g(\theta)$, $u_{kl}(\theta)$, g_{kl} - соответственно ток, напряжение, проводимость ветви ($k \xrightarrow{g} l$) в момент времени θ (рис. 3, а, б) (выражение (6) показывает о симметричности проводимости). Схема ВСП_g для вычисления (5) приведена на рис. 3, в, где состоянием позиций $q_{u_{kl}}$, $q_{g_{kl}}$, $q_{i_{kl}^g}$, p_{ex} являются соответственно $\mu(q_{u_{kl}}) = u_{kl}(\theta)$, $\mu(q_{g_{kl}}) = g_{kl}$, $\mu(q_{i_{kl}^g}) = i_{kl}^g(\theta)$, $\mu(p_{ex}) \in \{0, 1\}$. На рис. 3, г приведено обобщенное условно-графическое обозначение.

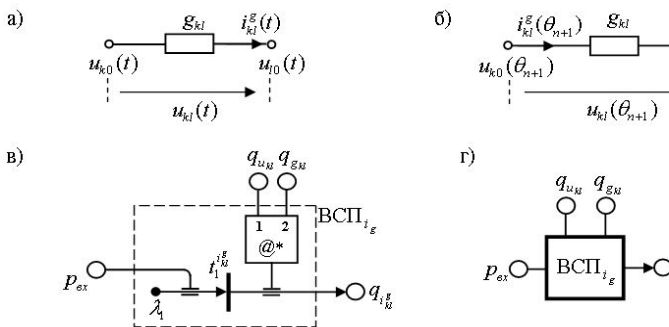


Рис. 3. Двухполюсный резистивный элемент (а); дискретная схема замещения (б); ВСП_g для моделирования дискретной схемы замещения (в) и ее условное обозначение г)

Как видно из рис. 3, в, ВСП_g состоит из одного ВМ $V(t_1^{i_{kl}^g})$ перехода $t_1^{i_{kl}^g}$, который, в свою очередь, состоит из ВЭ $V(\lambda_1, t_1^{i_{kl}^g})$, $V(t_1^{i_{kl}^g}, q_{i_{kl}^g})$. Здесь $V(\lambda_1, t_1^{i_{kl}^g})$ - ВЭ для проверки активности ВМ $V(t_1^{i_{kl}^g})$ и модификации состояния $\gamma(t_1^{i_{kl}^g})$ перехода $t_1^{i_{kl}^g}$, код описания которого и соответствующий этому коду алгоритм функционирования показан в таблице. В данном ВЭ используется условие $\mu(p_{ex})=1$. В результате срабатывания ВЭ $V(t_1^{i_{kl}^g}, q_{i_{kl}^g})$ модифицируется состояние $\mu(q_{i_{kl}^g})$ позиции $q_{i_{kl}^g}$ согласно (5). Код описания данного ВЭ и соответствующий этому коду алгоритм функционирования показан в таблице; для токов i_{kl} ветвей ($k \xrightarrow{C} l$), $k, l \in \{0, 1, 2, \dots, m\}$, $k \neq l$, содержащих емкостные элементы C (рис. 4)

$$i_{kl}(\theta_{n+1}) = g_{kl} \cdot u_{kl}(\theta_{n+1}) - J_{kl}(\theta_n) = i_{kl}^g(\theta_{n+1}) - J_{kl}(\theta_n), \quad (7)$$

$$i_{kl}^g(\theta_{n+1}) = g_{kl} \cdot u_{kl}(\theta_{n+1}), \quad (8)$$

$$J_{kl}(\theta_n) = i_{kl}^g(\theta_n), \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (9)$$

$$g_{kl} = g_{lk} = g = \frac{C}{\Delta t}. \quad (10)$$

Здесь $i_{kl}(\theta_{n+1})$, $u_{kl}(\theta_{n+1})$ - соответственно ток и напряжение ветви ($k \xrightarrow{C} l$) в момент времени θ_{n+1} ; g_{kl} , $i_{kl}^g(\theta_{n+1})$ и $J_{kl}(\theta_n)$ - соответственно проводимость, ток проводимости в момент времени θ_{n+1} и ток источника в момент времени θ_n дискретной схемы замещения ветви ($k \xrightarrow{C} l$) (рис. 4, а, б). Схема ВСП_{ic} для вычисления (7)-(10) является объединением ВСП_g и ВСП_{ic}* (рис. 4, в, г). Схема ВСП_{ic} приведена на рис. 3, в, г.

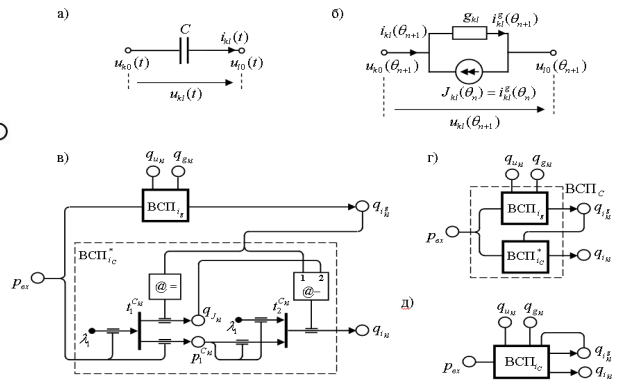


Рис. 4. Двухполюсный емкостной элемент C (а); дискретная схема замещения (б); ВСП_{ic} для моделирования дискретной схемы замещения (в) и ее условное обозначение (г, д)

В рамках ВСП_{ic} она предназначена для вычисления тока $i_{kl}^g(\theta_{n+1})$ (8), протекающего через проводимость g_{kl} (10) дискретной схемы замещения (рис. 4, б). Состоянием позиций $q_{i_{kl}^g}$, $q_{J_{kl}}$, $q_{i_{kl}}$, p_{ex} , $p_1^{C_{kl}}$ ВСП_{ic}* являются соответственно $\mu(q_{i_{kl}^g}) = i_{kl}^g(\theta_{n+1})$, $\mu(q_{J_{kl}}) = J_{kl}(\theta_n)$, $\mu(q_{i_{kl}}) = i_{kl}(\theta_{n+1})$, $\mu(p_{ex}) \in \{0, 1\}$, $\mu(p_1^{C_{kl}}) \in \{0, 1\}$. На рис. 4, д приведено обобщенное условно-графическое обозначение ВСП_{ic}. Как видно из рис. 4, в, ВСП_{ic}* состоит из двух ВМ $V(t_1^{C_{kl}})$, $V(t_2^{C_{kl}})$. ВМ $V(t_1^{C_{kl}})$ состоит из ВЭ $V(\lambda_1, t_1^{C_{kl}})$, $V(t_1^{C_{kl}}, q_{J_{kl}})$, $V(t_1^{C_{kl}}, p_1^{C_{kl}})$, а ВМ $V(t_2^{C_{kl}})$ -

$V(\lambda_1, t_2^{C_{kl}}), V(p_1^{C_{kl}}, t_2^{C_{kl}}), V(t_2^{C_{kl}}, q_{i_{kl}})$. Здесь $V(t_1^{C_{kl}}, q_{j_{kl}}), V(t_2^{C_{kl}}, q_{i_{kl}})$ реализуют выражения соответственно (9), (7), а остальные ВЭ служат для управления последовательностью срабатывания ВМ соответствующих переходов. Коды ВЭ и соответствующие им алгоритмы функционирования показаны в таблице.

- для токов i_{kl} ветвей ($k \xrightarrow{L} l$), $k, l \in \{0, 1, 2, \dots, m\}$, $k \neq l$, содержащих индуктивные элементы L (рис. 5)

$$i_{kl}(\theta_{n+1}) = g_{kl} \cdot u_{kl}(\theta_{n+1}) + J_{kl}(\theta_n) = i_{kl}^g(\theta_{n+1}) + J_{kl}(\theta_n) \quad (11)$$

$$i_{kl}^g(\theta_{n+1}) = g_{kl} \cdot u_{kl}(\theta_{n+1}), \quad (12)$$

$$J_{kl}(\theta_n) = i_{kl}(\theta_n), \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (13)$$

$$g_{kl} = g_{lk} = g = \frac{\Delta t}{L}. \quad (14)$$

Здесь $i_{kl}(\theta_{n+1}), u_{kl}(\theta_{n+1})$ - соответственно ток и напряжение ветви ($k \xrightarrow{L} l$) в момент времени θ_{n+1} ; $g_{kl}, i_{kl}^g(\theta_{n+1})$ и $J_{kl}(\theta_n)$ - соответственно проводимость, ток проводимости в момент времени θ_{n+1} и ток источника в момент времени θ_n дискретной схемы замещения ветви ($k \xrightarrow{L} l$) (рис. 5, а, б). Схема ВСП _{i_L} для реализации (11)-(13) приведена на рис. 5, в, а обобщенное условно-графическое обозначение - на рис. 5, г. Состоянием позиций $q_{u_{kl}}, q_{g_{kl}}, q_{i_{kl}}, p_{ex}$ ВСП _{i_L} являются соответственно $\mu(q_{u_{kl}}) = u_{kl}(\theta_{n+1}), \mu(q_{g_{kl}}) = g_{kl}, \mu(q_{i_{kl}}) = i_{kl}(\theta_{n+1}), \mu(p_{ex}) \in \{0, 1\}$.

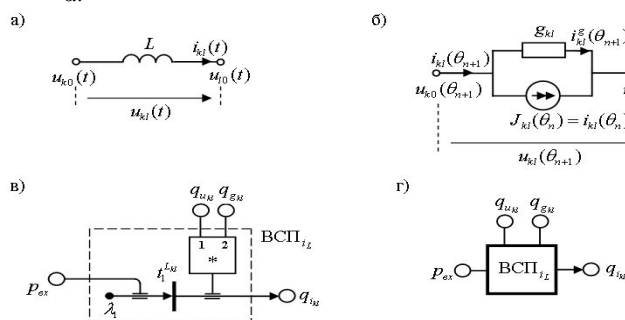


Рис. 5. Двухполюсный индуктивный элемент L (а); дискретная схема замещения (б); ВСП _{i_L} для моделирования дискретной схемы замещения (в) и ее условное обозначение (г)

Как видно из рис. 5, в, ВСП _{i_L} состоит из одного ВМ $V(t_1^{L_{kl}})$ перехода $t_1^{L_{kl}}$, который, в свою очередь, состоит из ВЭ $V(\lambda_1, t_1^{L_{kl}}), V(t_1^{L_{kl}}, q_{i_{kl}})$. Здесь ВЭ $V(\lambda_1, t_1^{L_{kl}})$ служит для управления срабатыванием ВМ $V(t_1^{L_{kl}})$. При срабатывании ВЭ $V(t_1^{L_{kl}}, q_{i_{kl}})$ к текущему состоянию $\mu(q_{i_{kl}}) = i_{kl}(\theta_n)$ (13) позиции $q_{i_{kl}}$ складывается вычисленное данным ВЭ значение $i_{kl}^g(\theta_{n+1}) = g_{kl} \cdot u_{kl}(\theta_{n+1})$ (12), в результате чего новое состояние позиции $q_{i_{kl}}$ примет значение $\mu(q_{i_{kl}}) = i_{kl}(\theta_{n+1})$ (11). Это же значение $\mu(q_{i_{kl}})$ есть новое значение тока источника $J_{kl}(\theta_{n+1})$ дискретной схемы замещения (рис. 5, б), т.е. $J_{kl}(\theta_{n+1}) = \mu(q_{i_{kl}}) = i_{kl}(\theta_{n+1})$ (13).

3) Дискретные модели многополюсных индуктивно связанных элементов и соответствующие им ВСП.

Рассмотрим $2N$ -полюсный элемент с индуктивной связью, который состоит из N индуктивных ветвей, связанных между собой потоками взаимной индукции. Для простоты изложения примем $N = 3$ (рис. 6, а). В качестве примера запишем дискретную модель ветви ($a_1 \xrightarrow{L_a} a_2$) данного многополюсника и построим соответствующую этой ветви ВСП. Отметим, что модель (11)-(14) и ВСП (рис. 5) для двухполюсного индуктивного элемента без магнитной связи является частным случаем модели и ВСП для ветви ($a_1 \xrightarrow{L_a} a_2$) этого многополюсника.

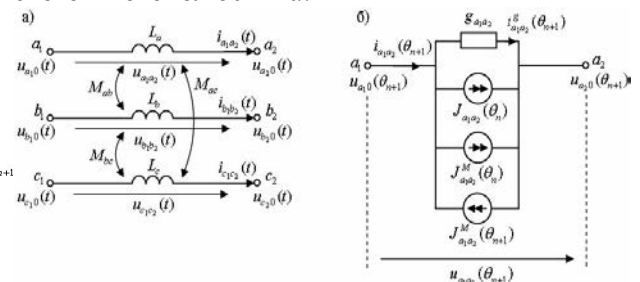


Рис. 6. $2N$ -полюсный элемент с индуктивной связью ($N=3$) (а); дискретная схема замещения элемента L_a (б)

После разностной аппроксимации уравнения ветви ($a_1 \xrightarrow{L_a} a_2$)

$$L_a \frac{di_{a_1a_2}(t)}{dt} + u_{a_1a_2}^M(t) = u_{a_1a_2}(t),$$

$$u_{a_1a_2}^M(t) = M_{ab} \frac{di_{b_1b_2}(t)}{dt} + M_{ac} \frac{di_{c_1c_2}(t)}{dt}$$

неявным методом Эйлера запишем уравнение тока $i_{a_1 a_2}$ данной ветви в дискретные моменты времени θ_n , $n = 0, 1, 2, \dots$, и по-

строим соответствующие ему дискретную схему замещения (рис.6,б) и ВСП (рис.7):

$$i_{a_1 a_2}(\theta_{n+1}) = \frac{\Delta t}{L_a} \cdot u_{a_1 a_2}(\theta_{n+1}) + i_{a_1 a_2}(\theta_n) + \left(\frac{M_{ab}}{L_a} \cdot i_{b_1 b_2}(\theta_n) + \frac{M_{ac}}{L_a} \cdot i_{c_1 c_2}(\theta_n) \right) - \left(\frac{M_{ab}}{L_a} \cdot i_{b_1 b_2}(\theta_{n+1}) + \frac{M_{ac}}{L_a} \cdot i_{c_1 c_2}(\theta_{n+1}) \right) = i_{a_1 a_2}^g(\theta_{n+1}) + J_{a_1 a_2}(\theta_n) + \Delta J_{a_1 a_2}^M(\theta_{n+1}), \quad (15)$$

$$i_{a_1 a_2}^g(\theta_{n+1}) = g_{a_1 a_2} \cdot u_{a_1 a_2}(\theta_{n+1}), \quad g_{a_1 a_2} = \frac{\Delta t}{L_a}, \quad (16)$$

$$J_{a_1 a_2}(\theta_n) = i_{a_1 a_2}(\theta_n), \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (17)$$

$$\Delta J_{a_1 a_2}^M(\theta_{n+1}) = J_{a_1 a_2}^M(\theta_n) - J_{a_1 a_2}^M(\theta_{n+1}) \quad (18)$$

$$J_{a_1 a_2}^M(\theta) = K_{ab}^i \cdot i_{b_1 b_2}(\theta) + K_{ac}^i \cdot i_{c_1 c_2}(\theta), \quad \forall \theta \in \{\theta_0, \theta_1, \theta_2, \dots\}, \quad (19)$$

$$K_{ab}^i = \frac{M_{ab}}{L_a}; \quad K_{ac}^i = \frac{M_{ac}}{L_a}. \quad (20)$$

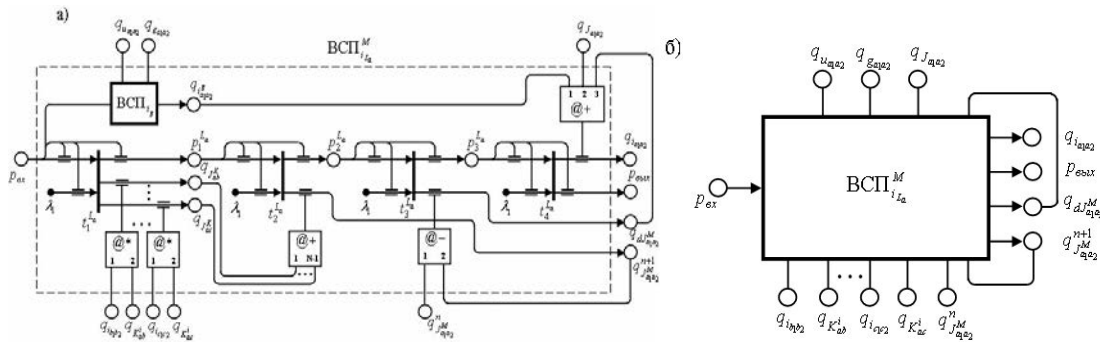


Рис. 7. ВСП $_{i_{La}}^M$ для моделирования дискретной схемы замещения элемента L_a

многополюсника (рис. 6) (а); условное обозначение (б)

Схема ВСП $_{i_{La}}^M$ для реализации (15)-(20) приведена на рис. 7. Состоит она из ВСП $_{i_g}$ (рис.3,в,з) и четырех ВМ $V(t_1^{L_a})$, $V(t_2^{L_a})$, $V(t_3^{L_a})$, $V(t_4^{L_a})$. ВСП $_{i_g}$ предназначена для вычисления тока $i_{a_1 a_2}^g(\theta_{n+1})$ (16), протекающего через проводимость $g_{a_1 a_2}$ дискретной

схемы замещения (рис.6,б). Состоянием позиций $q_{i_{b_1 b_2}}$, $q_{K_{ab}^i}$, $q_{J_{ab}^K}$, $q_{i_{c_1 c_2}}$, $q_{K_{ac}^i}$, $q_{J_{ac}^K}$, $q_{J_{a_1 a_2}^{n+1}}$, $q_{J_{a_1 a_2}^n}$, $q_{dJ_{a_1 a_2}^M}$, $q_{i_{a_1 a_2}^g}$, $q_{J_{a_1 a_2}}$, $q_{i_{a_1 a_2}}$, p_{ex} , $p_{вых}$, $p_1^{L_a}$, $p_2^{L_a}$, $p_3^{L_a}$ ВСП $_{i_{La}}^M$ являются соответственно

$$\begin{aligned} \mu(q_{i_{b_1 b_2}}) &= i_{b_1 b_2}(\theta_{n+1}), & \mu(q_{K_{ab}^i}) &= K_{ab}^i, & \mu(q_{J_{ab}^K}) &= K_{ab}^i \cdot i_{b_1 b_2}(\theta_{n+1}), \\ \mu(q_{i_{c_1 c_2}}) &= i_{c_1 c_2}(\theta_{n+1}), & \mu(q_{K_{ac}^i}) &= K_{ac}^i, & \mu(q_{J_{ac}^K}) &= K_{ac}^i \cdot i_{c_1 c_2}(\theta_{n+1}), \\ \mu(q_{J_{a_1 a_2}^{n+1}}) &= J_{a_1 a_2}^M(\theta_{n+1}), & \mu(q_{J_{a_1 a_2}^n}) &= J_{a_1 a_2}^M(\theta_n), & \mu(q_{dJ_{a_1 a_2}^M}) &= \Delta J_{a_1 a_2}^M(\theta_{n+1}), \\ \mu(q_{i_{a_1 a_2}^g}) &= i_{a_1 a_2}^g(\theta_{n+1}), & \mu(q_{J_{a_1 a_2}}) &= J_{a_1 a_2}(\theta_n), & \mu(q_{i_{a_1 a_2}}) &= i_{a_1 a_2}(\theta_{n+1}), \\ \mu(p_{ex}), \mu(p_{вых}), \mu(p_1^{L_a}), \mu(p_2^{L_a}), \mu(p_3^{L_a}) &\in \{0, 1\}. \end{aligned}$$

ВЭ $V(t_1^{L_a}, q_{J_{ab}^K})$, $V(t_1^{L_a}, q_{J_{ac}^K})$ предназначены для вычисления значений слагаемых выражения (19), а $V(t_2^{L_a}, q_{J_{a_1 a_2}^{n+1}})$ - значение $J_{a_1 a_2}^M(\theta_{n+1})$ выражения (19). ВЭ $V(t_3^{L_a}, q_{dJ_{a_1 a_2}^M})$ определяет $\Delta J_{a_1 a_2}^M(\theta_{n+1})$ по формуле (18), а $V(t_4^{L_a}, q_{i_{a_1 a_2}})$ - значение тока $i_{a_1 a_2}(\theta_{n+1})$ ветви $(a_1 \xrightarrow{L_a} a_2)$ согласно (15). Состояние позиции $q_{J_{a_1 a_2}}$ из ВЭ $V(t_4^{L_a}, q_{i_{a_1 a_2}})$ определяется согласно (17), т.е.

$\mu(q_{J_{a_1 a_2}}) = i_{a_1 a_2}(\theta_n)$. ВЭ $V(\lambda_1, t_1^{L_a}), V(p_{ex}, t_1^{L_a}), V(t_1^{L_a}, p_1^{L_a}), V(\lambda_1, t_2^{L_a}), V(p_1^{L_a}, t_2^{L_a}), V(t_2^{L_a}, p_2^{L_a}), V(\lambda_1, t_3^{L_a}), V(p_2^{L_a}, t_3^{L_a}), V(t_3^{L_a}, p_3^{L_a}), V(\lambda_1, t_4^{L_a}), V(p_3^{L_a}, t_4^{L_a}), V(t_4^{L_a}, p_{ex})$ служат для управления последовательностью срабатывания ВМ.

Вычислительные элементы для проверки активности вычислительных модулей переходов и для модификации состояния позиций ВСП

	ВМ $V(t)$ перехо- дов t	ВЭ для проверки активности ВМ и мо- дификации состояния позиций	Коды ВЭ $((\lambda_i, t), (\omega, x_1, x_2, \dots))$ $\lambda_i \in \{\lambda_0, \lambda_1\}$, где $\lambda_0 = 0, \lambda_1 = 1$, $((x, t), (\omega, x_1, x_2, \dots))$, $((t, x), (\omega, x_1, x_2, \dots))$	Интерпретация кодов ВЭ (алгоритм модификации состояния: $\gamma(t)$ переходов t и $\mu(x)$ позиций x , где $\gamma(t) \in \{0, 1\}$, $V(t)$ -активный, при $\gamma(t) = 1$, $V(t)$ -пассивный, при $\gamma(t) = 0$)
1	2	3	4	5
1	$V(t_1^\theta)$	$V(\lambda_1, t_1^\theta)$	$((\lambda_1, t_1^\theta), (\omega_\Lambda^\theta, p_{ex}, d_{q_r}, q_{\theta_n}))$	$\gamma(t_1^\theta) = \begin{cases} 1, & \text{при } (\mu(p_{ex}) = \lambda_1) \& (\mu(q_{\theta_n}) < \sigma(d_{q_r})) \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$
		$V(p_{ex}, t_1^\theta)$	$((p_{ex}, t_1^\theta), (=, p_{ex}))$	$\mu'(p_{ex}) = \mu(p_{ex}) - \mu(p_{ex})$
		$V(t_1^\theta, q_{\theta_n})$	$((t_1^\theta, q_{\theta_n}), (=, d_{q_{dt}}))$	$\mu'(q_{\theta_n}) = \mu(q_{\theta_n}) + \sigma(d_{q_{dt}})$
		$V(t_1^\theta, p_n)$	$((t_1^\theta, p_n), (=, p_{ex}))$	$\mu'(p_n) = \mu(p_n) + \mu(p_{ex})$
		$V(t_1^\theta, p_{ex})$	$((t_1^\theta, p_{ex}), (=, p_{ex}))$	$\mu'(p_{ex}) = \mu(p_{ex}) + \mu(p_{ex})$
2	$V(t_1^{u_{kl}})$	$V(\lambda_1, t_1^{u_{kl}})$	$((\lambda_1, t_1^{u_{kl}}), (=, p_{ex}))$	$\gamma(t_1^{u_{kl}}) = 1$ при $\mu(p_{ex}) = \lambda_1$, и 0 в прот.случ.
		$V(t_1^{u_{kl}}, q_{u_{kl}})$	$((t_1^{u_{kl}}, q_{u_{kl}}), (@ -, q_{u_{k0}}, q_{u_{i0}}))$	$\mu'(q_{u_{kl}}) = \mu(q_{u_{k0}}) - \mu(q_{u_{i0}})$
3	$V(t_1^{i_{kl}^g})$	$V(\lambda_1, t_1^{i_{kl}^g})$	$((\lambda_1, t_1^{i_{kl}^g}), (=, p_{ex}))$	$\gamma(t_1^{i_{kl}^g}) = 1$ при $\mu(p_{ex}) = \lambda_1$, и 0 в прот.случ.
		$V(t_1^{i_{kl}^g}, q_{i_{kl}^g})$	$((t_1^{i_{kl}^g}, q_{i_{kl}^g}), (@ *, q_{u_{kl}}, q_{g_{kl}}))$	$\mu'(q_{i_{kl}^g}) = \mu(q_{u_{kl}}) * \mu(q_{g_{kl}})$
4	$V(t_1^{C_{kl}})$	$V(\lambda_1, t_1^{C_{kl}})$	$((\lambda_1, t_1^{C_{kl}}), (=, p_{ex}))$	$\gamma(t_1^{C_{kl}}) = 1$ при $\mu(p_{ex}) = \lambda_1$, и 0 в прот.случ.
		$V(t_1^{C_{kl}}, q_{J_{kl}})$	$((t_1^{C_{kl}}, q_{J_{kl}}), (@ =, q_{i_{kl}^g}))$	$\mu'(q_{J_{kl}}) = \mu(q_{i_{kl}^g})$
		$V(t_1^{C_{kl}}, p_1^{C_{kl}})$	$((t_1^{C_{kl}}, p_1^{C_{kl}}), (=, p_{ex}))$	$\mu'(p_1^{C_{kl}}) = \mu(p_1^{C_{kl}}) + \mu(p_{ex})$
	$V(t_2^{C_{kl}})$	$V(\lambda_1, t_2^{C_{kl}})$	$((\lambda_1, t_2^{C_{kl}}), (=, p_1^{C_{kl}}))$	$\gamma(t_2^{C_{kl}}) = 1$ при $\mu(p_1^{C_{kl}}) = \lambda_1$, и 0 в прот.случ.
		$V(p_1^{C_{kl}}, t_2^{C_{kl}})$	$((p_1^{C_{kl}}, t_2^{C_{kl}}), (=, p_1^{C_{kl}}))$	$\mu'(p_1^{C_{kl}}) = \mu(p_1^{C_{kl}}) - \mu(p_1^{C_{kl}})$
		$V(t_2^{C_{kl}}, q_{i_{kl}})$	$((t_2^{C_{kl}}, q_{i_{kl}}), (@ -, q_{i_{kl}^g}, q_{J_{kl}}))$	$\mu'(q_{i_{kl}}) = \mu(q_{i_{kl}^g}) - \mu(q_{J_{kl}})$
5	$V(t_1^{L_{kl}})$	$V(\lambda_1, t_1^{L_{kl}})$	$((\lambda_1, t_1^{L_{kl}}), (=, p_{ex}))$	$\gamma(t_1^{L_{kl}}) = 1$ при $\mu(p_{ex}) = \lambda_1$, и 0 в прот.случ.
		$V(t_1^{L_{kl}}, q_{i_{kl}})$	$((t_1^{L_{kl}}, q_{i_{kl}}), (*, q_{u_{kl}}, q_{g_{kl}}))$	$\mu'(q_{i_{kl}}) = \mu(q_{i_{kl}}) + \mu(q_{u_{kl}}) * \mu(q_{g_{kl}})$
6	$V(t_1^{L_a})$	$V(\lambda_1, t_1^{L_a})$	$((\lambda_1, t_1^{L_a}), (=, p_{ex}))$	$\gamma(t_1^{L_a}) = 1$ при $\mu(p_{ex}) = \lambda_1$, и 0 в прот.случ.
		$V(p_{ex}, t_1^{L_a})$	$((p_{ex}, t_1^{L_a}), (=, p_{ex}))$	$\mu'(p_{ex}) = \mu(p_{ex}) - \mu(p_{ex})$
		$V(t_1^{L_a}, p_1^{L_a})$	$((t_1^{L_a}, p_1^{L_a}), (=, p_{ex}))$	$\mu'(p_1^{L_a}) = \mu(p_1^{L_a}) + \mu(p_{ex})$
		$V(t_1^{L_a}, q_{J_{ab}^K})$	$((t_1^{L_a}, q_{J_{ab}^K}), (@ *, q_{i_{b_2}}, q_{K_{ab}^i}))$	$\mu'(q_{J_{ab}^K}) = \mu(q_{i_{b_2}}) * \mu(q_{K_{ab}^i})$
		$V(t_1^{L_a}, q_{J_{ac}^K})$	$((t_1^{L_a}, q_{J_{ac}^K}), (@ *, q_{i_{c_2}}, q_{K_{ac}^i}))$	$\mu'(q_{J_{ac}^K}) = \mu(q_{i_{c_2}}) * \mu(q_{K_{ac}^i})$
	$V(t_2^{L_a})$	$V(\lambda_1, t_2^{L_a})$	$((\lambda_1, t_2^{L_a}), (=, p_1^{L_a}))$	$\gamma(t_2^{L_a}) = 1$ при $\mu(p_1^{L_a}) = \lambda_1$, и 0 в прот.случ.
		$V(p_1^{L_a}, t_2^{L_a})$	$((p_1^{L_a}, t_2^{L_a}), (=, p_1^{L_a}))$	$\mu'(p_1^{L_a}) = \mu(p_1^{L_a}) - \mu(p_1^{L_a})$
		$V(t_2^{L_a}, p_2^{L_a})$	$((t_2^{L_a}, p_2^{L_a}), (=, p_1^{L_a}))$	$\mu'(p_2^{L_a}) = \mu(p_2^{L_a}) + \mu(p_1^{L_a})$

	$V(t_2^{L_a}, q_{J_{a1a2}}^{n+1})$	$((t_2^{L_a}, q_{J_{a1a2}}^{n+1}), (@+, q_{J_{ab}^K}, q_{J_{ac}^K}, \dots))$	$\mu(q_{J_{a1a2}}^{n+1}) = \mu(q_{J_{ab}^K}) + \mu(q_{J_{ac}^K}) + \dots$
$V(t_3^{L_a})$	$V(\lambda_1, t_3^{L_a})$	$((\lambda_1, t_3^{L_a}), (=, p_2^{L_a}))$	$\gamma(t_3^{L_a}) = 1$ при $\mu(p_2^{L_a}) = \lambda_1$, и 0 в прот.случ.
	$V(p_2^{L_a}, t_3^{L_a})$	$((p_2^{L_a}, t_3^{L_a}), (=, p_2^{L_a}))$	$\mu'(p_2^{L_a}) = \mu(p_2^{L_a}) - \mu(p_2^{L_a})$
	$V(t_3^{L_a}, p_3^{L_a})$	$((t_3^{L_a}, p_3^{L_a}), (=, p_2^{L_a}))$	$\mu'(p_3^{L_a}) = \mu(p_3^{L_a}) + \mu(p_2^{L_a})$
	$V(t_3^{L_a}, q_{dJ_{a1a2}}^M)$	$((t_3^{L_a}, q_{dJ_{a1a2}}^M), (@-, q_{J_{a1a2}}^n, q_{J_{a1a2}}^{n+1}))$	$\mu'(q_{dJ_{a1a2}}^M) = \mu(q_{J_{a1a2}}^n) - \mu(q_{J_{a1a2}}^{n+1})$
$V(t_4^{L_a})$	$V(\lambda_1, t_4^{L_a})$	$((\lambda_1, t_4^{L_a}), (=, p_3^{L_a}))$	$\gamma(t_4^{L_a}) = 1$ при $\mu(p_3^{L_a}) = \lambda_1$, и 0 в прот.случ.
	$V(p_3^{L_a}, t_4^{L_a})$	$((p_3^{L_a}, t_4^{L_a}), (=, p_3^{L_a}))$	$\mu'(p_3^{L_a}) = \mu(p_3^{L_a}) - \mu(p_3^{L_a})$
	$V(t_4^{L_a}, q_{i_{a1a2}})$	$((t_4^{L_a}, q_{i_{a1a2}}), (@+, q_{i_{a1a2}}^g, q_{J_{a1a2}}^M, q_{dJ_{a1a2}}^M))$	$\mu'(q_{i_{a1a2}}) = \mu(q_{i_{a1a2}}^g) + \mu(q_{J_{a1a2}}) + \mu(q_{dJ_{a1a2}}^M)$
	$V(t_4^{L_a}, p_{ablx})$	$((t_4^{L_a}, p_{ablx}), (=, p_3^{L_a}))$	$\mu'(p_{ablx}) = \mu(p_{ablx}) + \mu(p_3^{L_a})$

Таким образом, в настоящей работе получены следующие **результаты**: для дискретных схем замещения двухполюсных элементов и многополюсных индуктивно связанных элементов разработаны соответствующие им схемы ВСП; приведены коды ВЭ, используемые при формировании структурированных (многокомпонентных) вычислительных алгоритмов.

Литература

1. Демирчян К.С., Нейман Л.Р. и др. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 2. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 576 с.
2. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Нелинейные цепи. Учеб. Пособие для вузов. М., «ВШ», 1977. 272 с.
3. Асанов М.С., Асанова С.М., Сатаркулов К.А. Вычислительные сети Петри для структурно-подобного моделирования сложных физико-технических систем. – Вестник КНУ им. Ж.Баласагына. Сер. 3. Физ. и физ. образование: достижения и перспективы развития. Бишкек. 2006. Вып. 3. С. 103-111.
4. Асанов М.С., Асанова С.М., Сатаркулов К.А. Структурная модель вычислительных сетей Петри. – Известия КГТУ им. И.Раззакова. №13. Бишкек. 2008. с.78-85.
5. Асанов М.С., Асанова С.М., Сатаркулов К.А. Вычислительные компоненты, язык описания и правила функционирования вычислительных сетей Петри. – Известия КГТУ им. И.Раззакова. №13. Бишкек. 2008. С. 85-95.

УДК.: 004.72: 621.3.011.752

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ ПЕТРИ ДЛЯ УЗЛОВ ДИСКРЕТНЫХ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Асанова С. М.

КГТУ им. И.Раззакова

В настоящей работе разрабатывается вычислительная сеть Петри для расчета узловых напряжений, используемых при формировании из них и из вычислительных сетей Петри для токов ветвей, приведенных в [1], структурированных (многокомпонентных) итерационных последовательно-параллельных вычислительных алгоритмов для расчета переходных процессов в сложных электрических цепях, согласованных с методами дискретных схем замещения и узловых напряжений.

В работе [1] для удобства формирования и повышения вычислительной эффективности алгоритмов расчета переходных процессов в электрических цепях предлагается использовать метод дискретных схем замещения и аппарат вычислительных сетей Петри (ВСП) для его реализации. В связи с этим, в указанной работе разработаны для дискретных схем замещения двухполюсных резистивных, емкостных, индуктивных элементов и многополюсных индуктивно свя-

занных элементов соответствующие им ВСП для расчета токов в них.

Поскольку узлы цепей являются связующими элементами, где устанавливаются равновесие токов ветвей, соединенных этими узлами, то для формирования ВСП, реализующих вычислительные алгоритмы расчета переходных процессов в электрических цепях, помимо вышеперечисленных ВСП [1], необходимы, также, ВСП для расчета узло-

вых напряжений с учетом равновесия токов в узлах.

Разработать ВСП для расчета узловых напряжений, используемых при формировании из них и из ВСП для токов ветвей, приведенных в [1], структурированных (многокомпонентных) итерационных последовательно-параллельных (ПП) вычислительных алгоритмов для расчета переходных процессов в сложных электрических цепях, согласованных с методами дискретных схем замещения и узловых напряжений.

ВСП для расчета узловых напряжений дискретных схем замещения цепи.

В результате замены двухполюсных и многополюсных индуктивно связанных элементов сложной электрической цепи соответствующими им дискретными схемами замещения [1] вместо исходной цепи получим резистивную цепь. Далее, для простоты изложения, будем предполагать, что источники напряжения цепи преобразованы в эквивалентные источники тока. Если исходная цепь является линейной, то функциями времени θ_n , $n = 0, 1, 2, \dots$, являются только значения источников тока дискретной схемы замещения. Если же в цепи содержатся нелинейные элементы, то соответствующие им проводимости дискретных схем также будут функциями времени. Для расчета такой схемы в каждый дискретный момент времени θ_n , $n = 0, 1, 2, \dots$, очевидно, можно применить все методы анализа резистивных цепей.

Среди широко используемых на практике является метод узловых напряжений, одним из важных достоинств которого – применимость для анализа цепей любой конфигурации, универсальность процедуры формирования уравнений и относительная простота ее реализации итерационными методами, например, Якоби, Гаусса-Зейделя и их модификации [2].

Для удобства введем обобщенный узел, где соединены концы определенного набора различных типов элементов (ветвей) – двухполюсных резистивных, емкостных, индуктивных и многополюсных индуктивно связанных. Из обобщенного узла получаются частные варианты узлов в результате задания количества элементов каждого типа, включая ноль. Аналоговая схема показана на рис. 1, а, а ее дискретная схема замещения – на рис. 1, б.

Запишем для дискретного варианта обобщенного узла k (рис. 1, б) уравнение узлового напряжения u_{k0} в дискретные моменты времени θ_n , $n = 0, 1, 2, \dots$, в несколько иной форме в отличие от общепринятой и построим соответствующую этому узлу ВСП: Здесь: $u_{k0}(\theta_{n+1})$ – напряжение (1) узла k в дискретные моменты времени θ_{n+1} , $n = 0, 1, 2, \dots$; $i_{k0}(\theta_{n+1})$ – наложение токов $i_{k0}^g(\theta_{n+1})$, $i_{k0}^{LM}(\theta_{n+1})$, $J_{k0}(\theta_n)$ на k -ом узле (2);

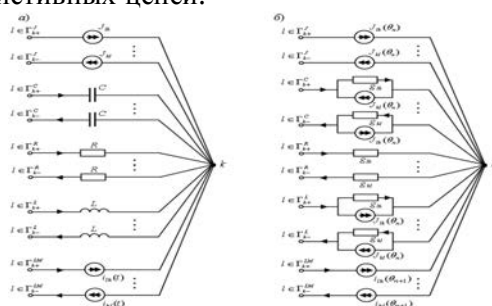


Рис. 1. Аналоговая схема обобщенного узла k (а); дискретная схема замещения (б)

$$u_{k0}(\theta_{n+1}) = \frac{1}{g_{kk}} \cdot i_{k0}(\theta_{n+1}), \quad g_{kk} = \sum_{l \in \Gamma_{k+}^g} g_{lk} + \sum_{l \in \Gamma_{k-}^g} g_{kl}, \quad (1)$$

$$i_{k0}(\theta_{n+1}) = i_{k0}^g(\theta_{n+1}) + i_{k0}^{LM}(\theta_{n+1}) + J_{k0}(\theta_n), \quad (2)$$

$$i_{k0}^g(\theta_{n+1}) = \sum_{l \in \Gamma_{k+}^g \setminus \{0\}} g_{lk} u_{l0}(\theta_{n+1}) + \sum_{l \in \Gamma_{k-}^g \setminus \{0\}} g_{kl} u_{l0}(\theta_{n+1}), \quad (3)$$

$$i_{k0}^{LM}(\theta_{n+1}) = \sum_{l \in \Gamma_{k+}^{LM}} (+1) i_{lk}(\theta_{n+1}) + \sum_{l \in \Gamma_{k-}^{LM}} (-1) \cdot i_{kl}(\theta_{n+1}), \quad (4)$$

$$J_{k0}(\theta_n) = \sum_{l \in \Gamma_{k+}^0} (+1) J_{lk}(\theta_n) + \sum_{l \in \Gamma_{k-}^0} (-1) \cdot J_{kl}(\theta_n), \quad (5)$$

$$\Gamma_{k+}^g = \Gamma_{k+}^R \cup \Gamma_{k+}^C \cup \Gamma_{k+}^L, \quad \Gamma_{k-}^g = \Gamma_{k-}^R \cup \Gamma_{k-}^C \cup \Gamma_{k-}^L, \quad (6)$$

$$\Gamma_{k+}^0 = \Gamma_{k+}^J \cup \Gamma_{k+}^C \cup \Gamma_{k+}^L, \quad \Gamma_{k-}^0 = \Gamma_{k-}^J \cup \Gamma_{k-}^C \cup \Gamma_{k-}^L, \quad (7)$$

$i_{k0}^g(\theta_{n+1})$ - наложение токов в ветвях проводимостей $g_{kl(lk)}$ от действия напряжений $u_{l0}(\theta_{n+1})$, $\forall l \in (\Gamma_{k+}^g \cup \Gamma_{k-}^g) \setminus \{0\}$ при $u_{k0}(\theta_{n+1}) = 0$ (3), где $\{0\}$ - базовый узел, напряжение которого $u_{l0} = u_{00} = 0$; $i_{k0}^{LM}(\theta_{n+1})$ - наложение токов $i_{lk}(\theta_{n+1})$, $\forall l \in \Gamma_{k+}^{LM}$ и $i_{kl}(\theta_{n+1})$, $\forall l \in \Gamma_{k-}^{LM}$ (4), где $i_{kl(lk)}(\theta_{n+1})$ - ток ветви $(k(l) \xrightarrow{LM} l(k))$ многополюсного индуктивно связанного элемента LM [1]; $J_{k0}(\theta_n)$ - наложение токов $J_{lk}(\theta_n)$, $\forall l \in \Gamma_{k+}^0$ и $J_{kl}(\theta_n)$, $\forall l \in \Gamma_{k-}^0$ (5) в дискретные моменты времени θ_n , $n = 0, 1, 2, \dots$, где $J_{lk}(\theta_n)$ при $l \in \Gamma_{k+}^J$ и $J_{kl}(\theta_n)$ при $l \in \Gamma_{k-}^J$ - токи источников тока исходной цепи (рис.1,а) в дискретные моменты

времени θ_n , $n = 0, 1, 2, \dots$, а $J_{lk}(\theta_n)$ при $l \in \Gamma_{k-}^C \cup \Gamma_{k+}^L$ и $J_{kl}(\theta_n)$ при $l \in \Gamma_{k+}^C \cup \Gamma_{k-}^L$ - токи источников тока дискретных схем замещения двухполюсных емкостных и индуктивных элементов.

Схема ВСП $_{u_{k0}}$ для реализации (1)-(7) показана на рис. 2. Используется она при составлении ВСП для расчета узловых напряжений итерационными методами Якоби или Гаусса-Зейделя. ВСП $_{u_{k0}}$ состоит из пяти вычислительных модулей (ВМ) $V(t_0^{u_{k0}})$, $V(t_1^{u_{k0}})$, $V(t_2^{u_{k0}})$, $V(t_3^{u_{k0}})$, $V(t_4^{u_{k0}})$. Состоянием позиций числового типа $q_{i_{k0}^g}$, $q_{i_{k0}^{LM}}$, $q_{J_{k0}}$, $q_{i_{k0}}$, $q_{g_{kk}}$, $q_{u_{k0}}$, $q'_{u_{k0}}$, $q_{|du_{k0}|}$, $p_{ex1}^{u_{k0}}$, $p_{ex2}^{u_{k0}}$, $p_3^{u_{k0}}$, $p_4^{u_{k0}}$, $p_5^{u_{k0}}$, $p_{вых}^{u_{k0}}$ являются соответственно

$$\mu(q_{i_{k0}^g}) = i_{k0}^g(\theta_{n+1}), \quad \mu(q_{i_{k0}^{LM}}) = i_{k0}^{LM}(\theta_{n+1}), \quad \mu(q_{J_{k0}}) = J_{k0}(\theta_n), \quad (8)$$

$$\mu(q_{i_{k0}}) = i_{k0}(\theta_{n+1}), \quad \mu(q_{g_{kk}}) = \mu_{g_{kk}}, \quad \mu(q_{u_{k0}}) = u_{k0}^{(m+1)}(\theta_{n+1}), \quad \mu(q'_{u_{k0}}) = u_{k0}^{(m)}(\theta_{n+1}), \quad (9)$$

$$\mu(q_{|du_{k0}|}) = |\mu(q_{u_{k0}}) - \mu(q'_{u_{k0}})| = |u_{k0}^{(m+1)}(\theta_{n+1}) - u_{k0}^{(m)}(\theta_{n+1})|, \quad (10)$$

$$\mu(p_{ex1}^{u_{k0}}), \mu(p_{ex2}^{u_{k0}}), \mu(p_3^{u_{k0}}), \mu(p_4^{u_{k0}}), \mu(p_5^{u_{k0}}), \mu(p_{вых}^{u_{k0}}) \in \{0, 1\}, \quad (11)$$

где m - номер шага итерации.

Состоянием $\mu(s_u^k)$, $\mu(s_g^k)$, $\mu(s_{i_{k0}^{LM}}^k)$, $\mu(s_{b_{LM}}^k)$, $\mu(s_J^k)$, $\mu(s_{b_J}^k)$ позиций символьного типа s_u^k , s_g^k , $s_{i_{k0}^{LM}}^k$, $s_{b_{LM}}^k$, s_J^k , $s_{b_J}^k$ являются соответствующим образом упорядоченными списками, элементы которых образуют набор имен позиций, а именно:

$$\mu(s_u^k) \rightarrow \{q_{u_{l0}} \mid l \in \Gamma_{k+}^g \setminus \{0\}\} \cup \{q_{u_{l0}} \mid l \in \Gamma_{k-}^g \setminus \{0\}\} \quad (12)$$

$$\mu(s_g^k) \rightarrow \{q_{g_{lk}} \mid l \in \Gamma_{k+}^g \setminus \{0\}\} \cup \{q_{g_{kl}} \mid l \in \Gamma_{k-}^g \setminus \{0\}\} \quad (13)$$

$$\mu(s_{i_{k0}^{LM}}^k) \rightarrow \{q_{i_{lk}} \mid l \in \Gamma_{k+}^{LM}\} \cup \{q_{i_{kl}} \mid l \in \Gamma_{k-}^{LM}\}, \quad (14)$$

$$\mu(s_{b_{LM}}^k) \rightarrow \{b_{lk} \mid l \in \Gamma_{k+}^{LM}\} \cup \{b_{kl} \mid l \in \Gamma_{k-}^{LM}\}, \quad (15)$$

$$b_{lk} = p_{+1}, \quad \forall l \in \Gamma_{k+}^{LM}, \quad b_{kl} = p_{-1}, \quad \forall l \in \Gamma_{k-}^{LM}$$

$$\mu(s_J^k) \rightarrow \{q_{J_{lk}} \mid l \in \Gamma_{k+}^0\} \cup \{q_{J_{kl}} \mid l \in \Gamma_{k-}^0\}, \quad (16)$$

$$\mu(s_{b_J}^k) \rightarrow \{b_{lk} \mid l \in \Gamma_{k+}^0\} \cup \{b_{kl} \mid l \in \Gamma_{k-}^0\}, \quad (17)$$

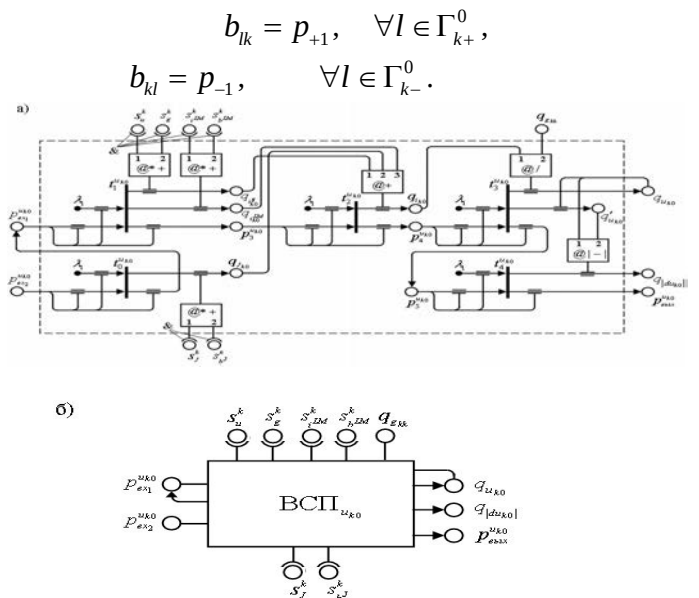


Рис. 2. ВСП $_{u_{k0}}$ для моделирования дискретной схемы замещения обобщенного узла k (а); условное обозначение (б)

Состоянием позиций числового типа $q_{u_{l0}}$, $q_{g_{lk}}$, $q_{g_{kl}}$, $q_{i_{lk}}$, $q_{i_{kl}}$, $q_{J_{lk}}$, $q_{J_{kl}}$, p_{+1} , p_{-1} из выражений (12)-(17) являются соответственно

$$\mu(q_{u_{l_0}}) = u_{l_0}(\theta_{n+1}), \quad \mu(q_{g_{l_k}}) = g_{l_k},$$

$$\mu(q_{g_{kl}}) = g_{kl}, \quad (18)$$

$$\mu(q_{i_{l_k}}) = i_{l_k}(\theta_{n+1}),$$

$$\mu(q_{i_{kl}}) = i_{kl}(\theta_{n+1}), \quad (19)$$

$$\mu(q_{J_{l_k}}) = J_{l_k}(\theta_n),$$

$$\mu(q_{J_{kl}}) = J_{kl}(\theta_n), \quad (20)$$

$$\mu(p_{+1}) = +1,$$

$$\mu(p_{-1}) = -1. \quad (21)$$

Эти позиции на рис. 2 не показаны.

Указатели $\& s_u^k$, $\& s_g^k$, $\& s_{i_{LM}}^k$, $\& s_{b_{LM}}^k$, $\& s_J^k$, $\& s_{b_J}^k$ по определению [3], указывают на позиции, имена которых записаны в s_u^k , s_g^k , $s_{i_{LM}}^k$, $s_{b_{LM}}^k$, s_J^k , $s_{b_J}^k$ в виде соответствующим образом упорядоченного списка (12)-(17), т.е.

$$\& s_u^k = \mu(s_u^k), \quad \& s_g^k = \mu(s_g^k),$$

$$\& s_{i_{LM}}^k = \mu(s_{i_{LM}}^k),$$

$$\& s_{b_{LM}}^k = \mu(s_{b_{LM}}^k),$$

$$\& s_J^k = \mu(s_J^k), \quad \& s_{b_J}^k = \mu(s_{b_J}^k), \quad (22)$$

где $\&$ - операция макроподстановки, осуществляющая подстановку содержимого $\mu(s)$ памяти s указателя $\&s$ в качестве набора позиций вместо самого указателя.

Таким образом, выражения (8)-(22) дают интерпретацию позиций, используемых показаны в таблице.

Вычислительные элементы для проверки активности вычислительных модулей переходов и для модификации состояния позиций ВСП

	ВМ $V(t)$ переходов t	ВЭ для проверки активности ВМ и мо- дификации состояния позиций	Коды ВЭ $((\lambda_i, t), (\omega, x_1, x_2, \dots))$ $\lambda_i \in \{\lambda_0, \lambda_1\}$, где $\lambda_0 = 0$, $\lambda_1 = 1$, $((x, t), (\omega, x_1, x_2, \dots))$, $((t, x), (\omega, x_1, x_2, \dots))$	Интерпретация кодов ВЭ (алгоритм модификации состояния: $\gamma(t)$ переходов t и $\mu(x)$ позиций x , где $\gamma(t) \in \{0, 1\}$, $V(t)$ -активный, при $\gamma(t) = 1$, $V(t)$ -пассивный, при $\gamma(t) = 0$)
1	2	3	4	5
1	$V(t_0^{u_{k0}})$	$V(\lambda_1, t_0^{u_{k0}})$	$((\lambda_1, t_0^{u_{k0}}), (=, p_{ex_2}^{u_{k0}}))$	$\gamma(t_0^{u_{k0}}) = 1$ при $\mu(p_{ex_2}^{u_{k0}}) = \lambda_1$, и 0 в прот.случ.
		$V(p_{ex_2}^{u_{k0}}, t_0^{u_{k0}})$	$((p_{ex_2}^{u_{k0}}, t_0^{u_{k0}}), (=, p_{ex_2}^{u_{k0}}))$	$\mu'(p_{ex_2}^{u_{k0}}) = \mu(p_{ex_2}^{u_{k0}}) - \mu(p_{ex_2}^{u_{k0}})$
		$V(t_0^{u_{k0}}, q_{J_{k0}})$	$((t_0^{u_{k0}}, q_{J_{k0}}), (@*+, \& s_J^k, \& s_{b_J}^k))$	$\mu'(q_{J_{k0}}) = \sum_{\substack{x_i \in \& s_J^k \\ y_i \in \& s_{b_J}^k}} \mu(x_i) * \mu(y_i)$
		$V(t_0^{u_{k0}}, p_{ex_1}^{u_{k0}})$	$((t_0^{u_{k0}}, p_{ex_1}^{u_{k0}}), (=, p_{ex_2}^{u_{k0}}))$	$\mu'(p_{ex_1}^{u_{k0}}) = \mu(p_{ex_1}^{u_{k0}}) + \mu(p_{ex_2}^{u_{k0}})$
2	$V(t_1^{u_{k0}})$	$V(\lambda_1, t_1^{u_{k0}})$	$((\lambda_1, t_1^{u_{k0}}), (=, p_{ex_1}^{u_{k0}}))$	$\gamma(t_1^{u_{k0}}) = 1$ при $\mu(p_{ex_1}^{u_{k0}}) = \lambda_1$, и 0 в прот.случ.
		$V(t_1^{u_{k0}}, p_{ex_1}^{u_{k0}})$	$((p_{ex_1}^{u_{k0}}, t_1^{u_{k0}}), (=, p_{ex_1}^{u_{k0}}))$	$\mu'(p_{ex_1}^{u_{k0}}) = \mu(p_{ex_1}^{u_{k0}}) - \mu(p_{ex_1}^{u_{k0}})$

в ВСП $_{u_{k0}}$ для любого k -го узла электрической цепи.

Вычислительные элементы (ВЭ), из которых составлены ВМ ВСП $_{u_{k0}}$, выполняют следующие функции: ВЭ $V(t_1^{u_{k0}}, q_{i_{k0}^g})$ - вычисление тока $i_{k0}^g(\theta_{n+1})$ по формуле (3); ВЭ $V(t_1^{u_{k0}}, q_{i_{k0}^{LM}})$ - вычисление тока $i_{k0}^{LM}(\theta_{n+1})$ по формуле (4); ВЭ $V(t_0^{u_{k0}}, q_{J_{k0}})$ - вычисление тока $J_{k0}(\theta_n)$ по формуле (5); ВЭ $V(t_2^{u_{k0}}, q_{i_{k0}})$ - вычисление тока $i_{k0}(\theta_{n+1})$ по формуле (2); ВЭ $V(t_3^{u_{k0}}, q_{u_{k0}})$ - вычисление узлового напряжения $u_{k0}^{(m+1)}(\theta_{n+1})$ по формуле (1) на $m+1$ -ом шаге итерации; ВЭ $V(t_3^{u_{k0}}, q'_{u_{k0}})$ - для сохранения узлового напряжения $u_{k0}^{(m)}(\theta_{n+1})$ вычисленного по формуле (1) на m -ом шаге итерации, в позиции $q'_{u_{k0}}$; ВЭ $V(t_4^{u_{k0}}, q_{|du_{k0}|})$ - для вычисления значения $|u_{k0}^{(m+1)}(\theta_{n+1}) - u_{k0}^{(m)}(\theta_n)|$, используемого далее для проверки условия останова итерационного процесса $|\cdot| \leq \varepsilon$, где ε - заданная точность вычисления узловых напряжений цепи; остальные ВЭ служат для управления последовательностью срабатывания ВМ соответствующих переходов. Коды ВЭ и соответствующие им алгоритмы функционирования

		$V(t_1^{u_{k0}}, q_{ig}^{u_{k0}})$	$((t_1^{u_{k0}}, q_{ig}^{u_{k0}}), (@*+, \& s_u^k, \& s_g^k))$	$\mu'(q_{ig}^{u_{k0}}) = \sum_{\substack{x_i \in \& s_u^k \\ y_i \in \& s_g^k}} \mu(x_i) * \mu(y_i)$
		$V(t_1^{u_{k0}}, q_{iLM}^{u_{k0}})$	$((t_1^{u_{k0}}, q_{iLM}^{u_{k0}}), (@*+, \& s_{iLM}^k, \& s_{bLM}^k))$	$\mu'(q_{iLM}^{u_{k0}}) = \sum_{\substack{x_i \in \& s_{iLM}^k \\ y_i \in \& s_{bLM}^k}} \mu(x_i) * \mu(y_i)$
		$V(t_1^{u_{k0}}, p_3^{u_{k0}})$	$((t_1^{u_{k0}}, p_3^{u_{k0}}), (=, p_{ax1}^{u_{k0}}))$	$\mu'(p_3^{u_{k0}}) = \mu(p_3^{u_{k0}}) + \mu(p_{ax1}^{u_{k0}})$
3	$V(t_2^{u_{k0}})$	$V(\lambda_1, t_2^{u_{k0}})$	$((\lambda_1, t_2^{u_{k0}}), (=, p_3^{u_{k0}}))$	$\gamma(t_2^{u_{k0}}) = 1$ при $\mu(p_3^{u_{k0}}) = \lambda_1$, и 0 в прот. случ.
		$V(p_3^{u_{k0}}, t_2^{u_{k0}})$	$((p_3^{u_{k0}}, t_2^{u_{k0}}), (=, p_3^{u_{k0}}))$	$\mu'(p_3^{u_{k0}}) = \mu(p_3^{u_{k0}}) - \mu(p_3^{u_{k0}})$
		$V(t_2^{u_{k0}}, q_{ik0}^{u_{k0}})$	$((t_2^{u_{k0}}, q_{ik0}^{u_{k0}}), (@+, q_{ig}^{u_{k0}}, q_{jk0}^{u_{k0}}, q_{iLM}^{u_{k0}}))$	$\mu'(q_{ik0}^{u_{k0}}) = \mu(q_{ig}^{u_{k0}}) + \mu(q_{jk0}^{u_{k0}}) + \mu(q_{iLM}^{u_{k0}})$
		$V(t_2^{u_{k0}}, p_4^{u_{k0}})$	$((t_2^{u_{k0}}, p_4^{u_{k0}}), (=, p_3^{u_{k0}}))$	$\mu'(p_4^{u_{k0}}) = \mu(p_4^{u_{k0}}) + \mu(p_3^{u_{k0}})$
4	$V(t_3^{u_{k0}})$	$V(\lambda_1, t_3^{u_{k0}})$	$((\lambda_1, t_3^{u_{k0}}), (=, p_4^{u_{k0}}))$	$\gamma(t_3^{u_{k0}}) = 1$ при $\mu(p_4^{u_{k0}}) = \lambda_1$, и 0 в прот. случ.
		$V(p_4^{u_{k0}}, t_3^{u_{k0}})$	$((p_4^{u_{k0}}, t_3^{u_{k0}}), (=, p_4^{u_{k0}}))$	$\mu'(p_4^{u_{k0}}) = \mu(p_4^{u_{k0}}) - \mu(p_4^{u_{k0}})$
		$V(t_3^{u_{k0}}, q_{uk0}^{u_{k0}})$	$((t_3^{u_{k0}}, q_{uk0}^{u_{k0}}), (@/, q_{ik0}^{u_{k0}}, q_{gkk}^{u_{k0}}))$	$\mu'(q_{uk0}^{u_{k0}}) = \mu(q_{ik0}^{u_{k0}}) / \mu(q_{gkk}^{u_{k0}})$
		$V(t_3^{u_{k0}}, q'_{uk0}^{u_{k0}})$	$((t_3^{u_{k0}}, q'_{uk0}^{u_{k0}}), (=, q_{uk0}^{u_{k0}}))$	$\mu'(q'_{uk0}^{u_{k0}}) = \mu(q'_{uk0}^{u_{k0}}) + \mu(q_{uk0}^{u_{k0}})$
		$V(t_3^{u_{k0}}, p_5^{u_{k0}})$	$((t_3^{u_{k0}}, p_5^{u_{k0}}), (=, p_4^{u_{k0}}))$	$\mu'(p_5^{u_{k0}}) = \mu(p_5^{u_{k0}}) + \mu(p_4^{u_{k0}})$
5	$V(t_4^{u_{k0}})$	$V(\lambda_1, t_4^{u_{k0}})$	$((\lambda_1, t_4^{u_{k0}}), (=, p_5^{u_{k0}}))$	$\gamma(t_4^{u_{k0}}) = 1$ при $\mu(p_5^{u_{k0}}) = \lambda_1$, и 0 в прот. случ.
		$V(p_5^{u_{k0}}, t_4^{u_{k0}})$	$((p_5^{u_{k0}}, t_4^{u_{k0}}), (=, p_5^{u_{k0}}))$	$\mu'(p_5^{u_{k0}}) = \mu(p_5^{u_{k0}}) - \mu(p_5^{u_{k0}})$
		$V(t_4^{u_{k0}}, q_{ du_{k0} }^{u_{k0}})$	$((t_4^{u_{k0}}, q_{ du_{k0} }^{u_{k0}}), (@ - , q_{uk0}^{u_{k0}}, q'_{uk0}^{u_{k0}}))$	$\mu'(q_{ du_{k0} }^{u_{k0}}) = \mu(q_{uk0}^{u_{k0}}) - \mu(q'_{uk0}^{u_{k0}}) $
		$V(t_4^{u_{k0}}, p_{6bIX}^{u_{k0}})$	$((t_4^{u_{k0}}, p_{6bIX}^{u_{k0}}), (=, p_5^{u_{k0}}))$	$\mu'(p_{6bIX}^{u_{k0}}) = \mu(p_{6bIX}^{u_{k0}}) + \mu(p_5^{u_{k0}})$

Таким образом, в настоящей работе получены следующие **результаты**: для узлов дискретных схем замещения сложных электрических цепей разработаны соответствующие им схемы ВСП; приведены коды ВЭ, используемые совместно с кодами ВЭ ВСП для токов ветвей, приведенных в [1], для формирования структурированных (многокомпонентных) вычислительных алгоритмов.

Достоинствами предлагаемого в настоящей работе подхода являются:

- возможность автоматизации формирования структурированных, легко интерпретируемых вычислительных алгоритмов;
- возможность организации последовательно-параллельных вычислений, что существенно повышает быстродействие вычислительных процессов;
- коды ВСП являются одновременно и моделью, и алгоритмом, и программой реализации на ЭВМ (см. таблицу) в среде программирования интеллектуальных систем структурного и логического анализа и моделирова-

ния, разрабатываемой в настоящее время на базе аппарата ВСП.

В дальнейшем **планируется** разработка: ВСП для нелинейных элементов электрических цепей; общей методики формирования вычислительных алгоритмов из ВСП типовых линейных и нелинейных элементов цепей при моделировании переходных процессов в цепях сложных электроэнергетических систем.

Литература

1. Асанова С.М. Вычислительные сети Петри для реализации дискретных схем замещения линейных элементов электрических цепей. Настоящий сборник.
2. Валях Е. Последовательно-параллельные вычисления. Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 456 с.
3. Асанов М.С., Асанова С.М., Сатаркулов К.А. Структурная модель вычислительных сетей Петри. – Известия КГТУ им. И.Раззакова. №13. Бишкек. 2008. с.78-85.

УДК 621.316.8:004.021

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЯ СИЛОВОГО РЕЗИСТОРА С УПРАВЛЯЕМОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Иманакунова Ж.С.

КГТУ им. И.Раззакова

В настоящей работе построен алгоритм расчета множества всех величин эквивалентного сопротивления R_{Σ} электрической схемы замещения, соответствующих всевозможным комбинациям позиционирования (состояния) дисков каждого слоя устройства ВР.

В работе [1] предложен высокоомный резистор (ВР), предназначенный для оптимизации режима нейтрали высоковольтных электросистем за счет возможности регулирования как вольтамперных характеристик (ВАХ), так и величин сопротивления. Конструкция устройства ВР, показанная на рис.1 (а), выполнена в виде пакета из одного неподвижного диска D_0 0-го слоя и N вращающихся соосных дисков $\{D_1, D_2, \dots, D_N\}$, образующих слои $i = 1, 2, \dots, N$.

Диск D_i каждого i -го слоя, в свою очередь, разбит на K равных, изолированных друг от друга, секторов (колонн), заполненных композиционными электропроводящими материалами с разными ВАХ и сопротивлениями R_{ij} , $i = 0, 1, 2, \dots, N$,

$j = 1, 2, \dots, K$. Диски, совершая позиционное вращательное движение, образуют из K своих секторов K параллельных колонн, каждая из которых состоит из $N + 1$

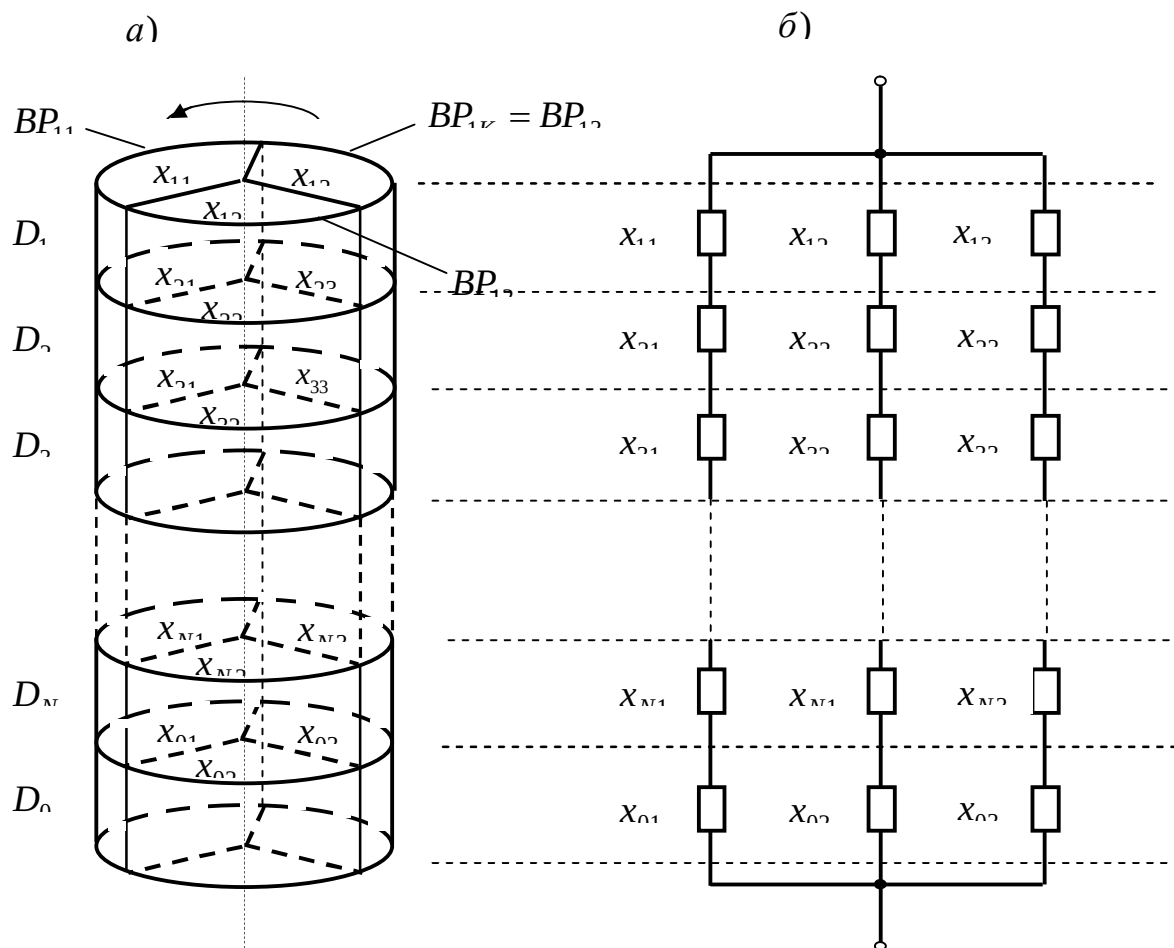


Рис. 1. Конструкция устройства ВР (а), схема замещения (б)

последовательно соединенных сопротивлений. Таким образом, позиционируя диски каждого i -го слоя, регулируется ВАХ и величина эквивалентного сопротивления устройства ВР, схема замещения которого

показана на рис.1 (б), где X_{ij} -состояние ячейки BP_{ij} устройства ВР, физическая величина которого- сопротивление. Величина X_{ij} зависит от номера положения

$n_i \in \{1, 2, \dots, K\}$ диска D_i i -го слоя, характеризующего текущее состояние данного диска.

Постановка задачи. Построить алгоритм расчета множества всех величин эквивалентного сопротивления R_{Σ} электрической схемы замещения, соответствующих всевозможным комбинациям позиционирования (состояния) дисков $\{D_1, D_2, \dots, D_N\}$, устройства ВР.

Математическая модель функционирования управляемого устройства ВР. Запишем модель функционирования управляемого устройства ВР, используемую далее при формировании алгоритма расчета всевозможных величин R_{Σ} . Она состоит из модели состояния дисков и ячеек сопротивления устройства ВР:

- модель состояния $n_i(m)$ i -го диска D_i , $\forall i \in \{1, 2, \dots, N\}$, на любом m -ом такте функционирования устройства ВР:

$$n_i(m+1) = \begin{cases} n_i(m)+1, & \text{при } (P_i(m)=1) \& (n_i(m) < K), \\ 1, & \text{при } (P_i(m)=1) \& (n_i(m)=K), \\ n_i(m), & \text{при } (P_i(m)=0); m=0, 1, 2, \dots; \end{cases} \quad (1)$$

$$n_i(0) = 1, \text{ при } m = 0, \quad (2)$$

$$P_i(m) \in \{0, 1\}, \quad \forall m \in \{0, 1, 2, \dots\}, \quad (3)$$

Здесь: $P_i(m)$ - двухпозиционное управляющее воздействие (3), где $P_i(m)=1$ соответствует команде вращения диска D_i против часовой стрелки на одну позицию, а $P_i(m)=0$ - остановка диска; выражение (1) описывает закон изменения состояния $n_i(m)$ диска D_i в зависимости от управления $P_i(m)$, а (2) начальное значение состояния $n_i(m)$ при $m=0$.

- модель состояния $x_{ij}(m)$, $j \in \{1, 2, \dots, K\}$ ячеек BP_{ij} , $j \in \{1, 2, \dots, K\}$, i -го слоя, $\forall i \in \{1, 2, \dots, N\}$, на любом m -ом такте функционирования устройства ВР:

$$\begin{cases} x_{i1}(m+1) = \begin{cases} x_{ik}(m), & \text{при } P_i(m) = 1, \\ x_{i1}(m), & \text{при } P_i(m) = 0, \end{cases} \\ x_{i2}(m+1) = \begin{cases} x_{i1}(m), & \text{при } P_i(m) = 1, \\ x_{i2}(m), & \text{при } P_i(m) = 0, \end{cases} \\ x_{i3}(m+1) = \begin{cases} x_{i2}(m), & \text{при } P_i(m) = 1, \\ x_{i3}(m), & \text{при } P_i(m) = 0, \end{cases} \\ \vdots \\ x_{ik-1}(m+1) = \begin{cases} x_{i, k-2}(m), & \text{при } P_i(m) = 1, \\ x_{ik-1}(m), & \text{при } P_i(m) = 0, \end{cases} \\ x_{ik}(m+1) = \begin{cases} x_{ik-1}(m), & \text{при } P_i(m) = 1, \\ x_{ik}(m), & \text{при } P_i(m) = 0 \end{cases} \end{cases} \quad (4)$$

или в матричной форме

$$x_i(m+1) = \begin{cases} A \cdot x_i(m), & \text{при } P_i(m) = 1, \\ x_i(m), & \text{при } P_i(m) = 0, \end{cases} \quad (5)$$

где

$$x_i(m) = [x_{i1}(m), x_{i2}(m), x_{i3}(m), \dots, x_{ik-1}(m), x_{ik}(m)]^T;$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix};$$

Модель (5) можно записать в более компактной форме (6)

$$x_i(m+1) = x_i(m) + (Ax_i(m) - x_i(m)) \cdot P_i(m).$$

Здесь: $x_i(m) - (K \times 1)$ вектор сопротивлений ячеек i -го слоя; $A - (K \times K)$ матрица вращения сопротивлений ячеек i -го слоя на одну позицию против часовой стрелки;

$P_i(m)$ - скалярное двухпозиционное управляющее воздействие.

Таким образом, выражения (1) - (3) и (6) (или (4), или (5)) образуют модель механической части управляемого устройства ВР.

Расчет эквивалентного сопротивления $R_{\Sigma}(m)$ схемы замещения на любом m -ом такте функционирования управляемого устройства ВР:

- расчет эквивалентного сопротивления $R_{\Sigma j}(m)$ для каждой j -ой колонны BP_j , $j \in \{1, 2, \dots, K\}$, устройства ВР.

Сопротивление $R_{\Sigma j}(m)$ j -ой колонны,

$\forall j \in \{1, 2, \dots, K\}$, является j -ым элементом вектора $x(m)$, полученного в результате суммирования векторов состояния

$x_i(m)$, всех слоев $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ из (6), включая

$$x_0(m) = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0k})^T = (R_{01}, R_{02}, \dots, R_{0k}), \forall m,$$

элементами которого являются сопротивления ячеек неподвижного диска D_0 -го слоя

$$x(m) = (R_{\mathcal{O}1}(m), R_{\mathcal{O}2}(m), R_{\mathcal{O}3}(m), \dots, R_{\mathcal{O}K-1}(m), R_{\mathcal{O}K}(m))^T = \sum_{i=0}^N x_i(m) = \left(\sum_{i=0}^N x_{i1}(m), \sum_{i=0}^N x_{i2}(m), \dots, \sum_{i=0}^N x_{iK}(m) \right)^T, \quad (7)$$

т.е. сопротивление $R_{\mathcal{O}j}(m)$ для любой j -ой колонны определяется как

$$R_{\mathcal{O}j}(m) = \sum_{i=0}^N x_{ij}(m), \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, K\}. \quad (8)$$

- расчет эквивалентного сопротивления $P_{\mathcal{O}}(m)$, $\forall m \in \{0, 1, 2, \dots\}$:

$$R_{\mathcal{O}}(m) = \frac{1}{g_{\mathcal{O}}(m)}, \quad (9)$$

$$g_{\mathcal{O}}(m) = \sum_{j=1}^K g_{\mathcal{O}j}(m) = \sum_{j=1}^K \frac{1}{R_{\mathcal{O}j}(m)}, \quad (10)$$

где $g_{\mathcal{O}}(m)$ – эквивалентная проводимость схемы замещения управляемого устройства ВР

Таким образом, выражения (7)-(10) образуют модель расчета параметров $P_{\mathcal{O}}(m)$, $g_{\mathcal{O}}(m)$ электрической части управляемого устройства ВР, т.е. его электрической схемы замещения, и она связана с моделью механической части (1)-(6) через состояние $x_{ij}(m)$ ячеек сопротивления BP_{ij} $\forall j \in \{1, 2, \dots, K\}$ и $\forall i \in \{0, 1, 2, \dots, N\}$.

Алгоритм расчета все возможных величин эквивалентного сопротивления $P_{\mathcal{O}}$ схемы замещения управляемого устройства ВР. Суть процедуры расчета всевозможных величин $P_{\mathcal{O}}$ заключается в управлении динамической моделью механической части управляемого устройства ВР таким образом, чтобы в результате формировалась всевозможная комбинация позиционирования дис-

$i = 0$:

ков $\{D_1, D_2, \dots, D_N\}$, относительно неподвижного D_0 нулевого слоя $i = 0$.

Алгоритм расчета содержит следующие этапы:

Шаг 0. Задаются значения переменным состояния

$n_i(m)$, $x_{ij}(m)$, $\forall i \in \{0, 1, 2, \dots, K\}$ для нулевого (начального) такта $m = 0$:

$$n_i(0) = 1, x_{ij}(0) = R_{ij}; i = 0, 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, K. \quad (11)$$

Шаг 1. Двухпозиционное управляющее воздействие $P_1(m)$ для слоя $i = 1$ на каждом m -ом такте определяется как предикатная функция $P(n_N(m))$ от состояния $n_N(m)$ N -го слоя:

$$P_1(m) = P(n_N(m)) = \begin{cases} 1, & \text{при } n_N(m) < K, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (12)$$

а) Если $P_1(m) = 1$, то перейти к выполнению шага 2.

б) В противном случае – останов алгоритма.

Шаг 2. Двухпозиционное управляющее воздействие $P_i(m)$ для любого слоя $i = 2, 3, \dots, N$ на каждом m -ом такте определяется как предикатная функция $P(n_{i-1}(m))$ от состояния $n_{i-1}(m)$ предыдущего слоя $i - 1$:

$$P_i(m) = P(n_{i-1}(m)) = \begin{cases} 1, & \text{при } n_{i-1}(m) = K, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (13)$$

$$\forall i \in \{2, 3, \dots, N\}.$$

Перейти к выполнению шага 3: **Шаг 3.** Моделирование механической части управляемого устройства ВР на каждом m -ом такте (1), (6). Перейти к выполнению шага 4: **Шаг 4.** Расчет эквивалентного сопротивления $R_{\mathcal{O}}(m)$ схемы замещения на каждом m -ом такте (7) и (10). Перейти к выполнению шага 1 для $m + 1$ такта.

Результаты расчета представляются в форме, показанной в таблице:

m	Коды позиций дисков $n_1(m), n_2(m), \dots, n_N(m)$				$R_{\mathcal{O}}(m)$
	$n_1(m)$	$n_2(m)$	$\dots$	$n_N(m)$	
0	$n_1(0)$	$n_2(0)$	$\dots$	$n_N(0)$	$R_{\mathcal{O}}(0)$
1	$n_1(1)$	$n_2(1)$	$\dots$	$n_N(1)$	$R_{\mathcal{O}}(1)$
2	$n_1(2)$	$n_2(2)$	$\dots$	$n_N(2)$	$R_{\mathcal{O}}(2)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$

Модель и алгоритмы предложенные в настоящей работе используются в дальнейшем для решения задач- проектирование, а именно:

- определение значений сопротивлений ячеек управляемых дисков каждого слоя с целью получения ряда шкалированных величин эквивалентного сопротивления устройства ВР;

УДК 621.186.842

К ОДНОЙ ИЗ ЗАДАЧ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЗОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ТЕПЛА

Насирдинова С.М.

КГТУ им. И.Раззакова

Задачи удовлетворения существующих потребностей населения и промышленности в тепловой энергии, особенно в районах, удаленных от централизованных энергетических сетей, приводят к необходимости использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии, в том числе нетрадиционной. Это также обусловлено необходимостью решения глобальных проблем обеспечения человечества энергией в будущем, связанных с ограниченностью запасов ископаемых видов топлива и требованиями обеспечения экологической безопасности.

Среди возобновляемых источников энергии солнечная радиация по масштабам ресурсов, экологической чистоте и повсеместной распространенности является наиболее перспективным ресурсом для получения тепла и холода, особенно в области невысоких температур.

Годовое количество солнечной энергии, падающее на земную поверхность, равно $1,06 \cdot 10^{18}$ кВт·ч. Из него только $2 \cdot 10^{17}$ кВт·ч приходится на поверхность суши.

Расположение Кыргызстана в сравнительно низких широтах среди пустынных равнин у границы субтропического пояса обуславливает значительную интенсивность солнечной радиации. Приход солнечного тепла составляет в Кыргызстане 120-160 ккал/см², что превышает подобные параметры в большинстве других регионов СНГ. Характерна также большая продолжительность солнечного сияния. Она изменяется от 1700 часов в узких долинах до 2965 часов на сыртах Верхнего Нарына [1].

В настоящее время солнечную энергию в Кыргызской Республике используют, в основном для горячего водоснабжения сезонных потребителей. Но уже сейчас экономически целесообразно строить энергосберегающие дома и устанавливать системы для круглогодичного теплоснабжения.

- определение эквивалентных ВАХ для каждой комбинации позиционирования дисков каждого слоя устройства ВР.

Литература

1. Патент № 1030 KG, Сатаркулов К.А. и др.

Энергосберегающие технологии для солнечного дома являются наиболее приемлемы по экономической эффективности их использования.

Их применение позволит снизить энергопотребление в домах до 30 %. Строительство энергоэффективных зданий в настоящее время, широко осуществляется во всем мире. Особенно впечатляюще в этом отношении успех стран Западной Европы и Скандинавии. Суммарный эффект экономии тепла во вновь возводимых жилых и коммерческих зданиях здесь составляет 50-70% [1].

Столь существенная экономия позволяет быстро окупить затраты от применения энергосберегающих технологий. Отличительной особенностью корпуса экодому состоит в существенно более высоких требованиях к сохранению тепла, чем в обычном доме. Достаточно сказать, что тепловое сопротивление ограждающих конструкций экодому должно быть не менее 6 кв.м.град/Вт, что примерно в 5-6 раз больше чем у обычных домов из кирпича с традиционной теплозащитой.

Главными инженерными элементами его являются расположенные на крыше или стенах солнечные коллекторы для нагрева воздуха и воды. Для сохранения тепла применяется буферное зонирование, предполагающие использование различных не отапливаемых (или частично отапливаемых) подсобных помещений вокруг дома.

Солнечная архитектура позволяет спроектировать дом, как с пассивной, так и активной системой отопления. Пассивное солнечное отопление заключается в использовании архитектурных, объемно-планировочных форм и элементов конструкции здания в качестве теплоприемников и аккумуляторов солнечной энергии. При этом весь дом как бы превращается в солнечный коллектор. В пассивных системах солнечного теплоснаб-

жения (ПССТ) используется естественная циркуляция нагретого воздуха (рис. 1), т. е. гравитационные силы.

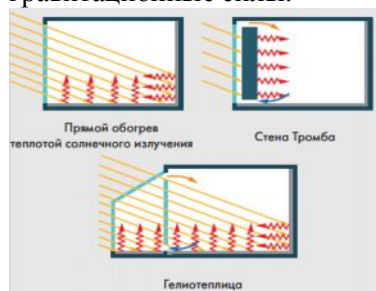


Рис. 1. Пассивные солнечные системы теплоснабжения

Пассивные аккумуляторы являются элементами конструкции дома и представляют собой массивы из тяжелого материала с высокой теплоемкостью, например кирпича или грунтоблоков. Они, как правило, используются для увеличения тепловой инерции дома.

В последние годы все большее распространение получают солнечные системы отопления с использованием, так называемых сезонных аккумуляторов тепла. В активных системах теплоснабжения (рис. 2) задействованы дополнительные источники энергии для обеспечения ее работы (например, электроэнергия).

Теплота солнечного излучения поступает на солнечные коллекторы, где частично аккумулируется и передается промежуточному теплоносителю, который насосами транспортируется и распределяется по помещениям.

Активные аккумуляторы представляют собой самостоятельную конструкцию, поэтому более сложны по устройству, чем пассивные. Например, такой суточный активный аккумулятор может, быть встроен в одну из перегородок представляя собой несущую стенку с размещенными внутри баками с водой, через которые проходят трубы от систем солнечного отопления и дымовые трубы от печи.

Хорошая теплоизоляция обеспечивает медленное остывание бака с водой, для поддержания приемлемой температуры в комнате. На рис. 2 показан пример активной системы большего размера, в которой бак аккумулятор расположен ниже коллекторов и циркуляция теплоносителя осуществляется с помощью насоса. Такие системы используются для нужд и горячего водоснабжения и отопления. Как правило, в активных системах, участвующих в покрытии части нагрузки отопления, предусматривается дублирующий источник тепла, использующий

электроэнергию или газ [4].



Рис. 2. Тепловая схема активной солнечной системы горячего водоснабжения и отоп-е

Сравнительно новым явлением в практике использования солнечного теплоснабжения являются крупные системы способные обеспечить нужды горячего водоснабжения и отопления многоквартирных домов или целых жилых кварталов. В таких системах используется либо суточное, либо сезонное аккумулирование тепла. Суточное аккумулирование предполагает возможность работы системы с использованием накопленного тепла в течение нескольких суток, сезонное – в течение нескольких месяцев.

В качестве сезонных аккумуляторов используются резервуары с водой, контейнеры с гравием и галькой, соли, обладающими низкими температурами фазового перехода.

По форме аккумуляторы могут быть любой формы, но наиболее применяемые и безопасные – это цилиндрическая, сферическая и квадратичная. Аккумуляторы могут быть выполнены как горизонтального, так и вертикального положения. Если говорить о наиболее приемлемом типе аккумулятора для жилых домов и помещений, проектируемых для условий Кыргызстана то целесообразно выбирать водяные аккумуляторы.

Актуальной задачей является правильный расчет аккумуляторов с учетом всех нестационарных процессов зарядки и разрядки аккумуляторов.

Нами были проведены предварительные теоретические исследования теплопотерь простого металлического бака-аккумулятора (без изоляции и с изоляцией) при внутренней температуре аккумулятора 80°C и определенных фиксированных температурах внешней среды было рассчитано время охлаждения бака-аккумулятора до температуры равновесия с окружающей средой.

Данный расчет может быть применен для систем теплоснабжения зданий, основан-

ной на закономерностях стационарного теплопереноса и для предварительной, приближенной оценки времени охлаждения бака-аккумулятора, до температуры равновесия с окружающей средой. В реальных условиях использование этих методов иногда не обеспечивает требуемую точность расчетов. Это связано с тем, что факторы, которые определяют интенсивность теплообмена и прежде всего температура наружного воздуха непрерывно меняется, т.е. процесс является нестационарным.

Этот факт является основной проблемой при проектировании солнечных зданий и выбора аккумулятора.

Поэтому основными задачами в настоящее время для теплоснабжения солнечных зданий на наш взгляд является:

1. Разработка теории, преобразования и передачи энергии при нестационарных режимах работы систем;
2. Построение математической модели для описания зарядки и разрядки аккумуляторов;
3. Определение Δt – дополнительного времени для восстановления потери тепла, с учетом суточного и месячного колебания температуры окружающей среды;
4. Выбор оптимального режима подогрева воды, в аккумуляторе обеспечивающего наиболее экспериментальную работу.

УДК 330.101

ИЗ ИСТОРИИ ТАРИФОВ

Бузурманкулова Ч.М.

КГТУ им. И. Раззакова

В данной работе рассмотрена история развития тарифов на электроэнергию и где впервые зародилось слово «тариф».

Энергия – это товар за который надо платить. В отличие от большинства товаров электроэнергию невозможно запастись для последующего потребления. Потребление электроэнергии характеризуется мгновенной связью между производителем и конечным потребителем.

Тариф – система ставок, определяющая размер платы за различные услуги или оплата за пользование, чемнибудь. Слово «тариф» происходит от названия небольшого города Тарифы близ Гибралтарского пролива. Во время владычества над обоими берегами пролива арабы вносили в Тарифе по особой таблице сбор со всех судов, проходивших через пролив, соответственно качеству и количеству груза. Впоследствии таблицы для взимания разного рода сборов, в том числе и таможенных, стали применяться

5. Определение оптимальной толщины изоляции здания и аккумулятора.

Решение вышеизложенных задач позволит разработать научно обоснованные методы расчета и выбора параметров солнечных систем теплоснабжения и решить вопросы рационального проектирования солнечных домов для условий Кыргызской Республики.

Литература

1. Обозов А.Дж., Боровик Л.А. Автономный солнечный дом с системой комбинированного энергоснабжения. ИА НАН РК – Бишкек, 1991г., с.23.
2. Zhao Jinling, Chen Bin, Liu Jingjun, Wang Yongxun Dynamic thermal performance simulation of an improved passive solar house with trombe wall ISES Solar word Congress, 2007, Beijing China, Vols 1-V: 2234–2237.
3. Zhao Jinling, Chen Bin, Chen Cuiying, Sun Yuanyuan Study on dynamic thermal response of the passive solar heating systems. Journal of Harbin Institute of Technology (New Series). 2007. Vol. 14: 352–355.
4. Журнал Энергия, №12, 2005. Доктор технических наук Б.И.Казанджан. Московский Энергетический Институт (технический университет), Россия. Журнал Энергия, №12, 2005.

и в других странах, и слово «тариф» вошло во всеобщее употребление.

Первое применение электрической энергии к потребностям повседневной жизни, получившее не только обширное распространение, но и общегосударственное значение – это применение слабых токов для передачи условных сигналов на далекие расстояния, известное под названием электромагнитного телеграфа (П.Л. Шиллинг, Россия 1832 г.)

В 1872 г. А.Н.Лодыгин организует «Товарищество электрического освещения Лодыгин и К⁰». В 1874 г. получает патент «Способ и аппараты дешевого электрического освещения». Вскоре после получения патента начали поступать заявки на установку электрического освещения.

4 июля 1886 г. император Александр III утвердил устав «Акционерного общества электрического освещения» в Санкт-Петербурге. Общество на первом же заседании постановило распространить свою деятельность на Москву, а уже 31 июля 1887 г. был заключен первый контракт на поставку электроэнергии с владелицей «Пассажа Постникова» (ул. Тверская, д.5) г. Москва.

В декабре 1886 первая центральная электростанция в Москве начала выработку электрической энергии. Одновременно появились и документы, регламентирующие электроснабжение:

- условия присоединения к электрической сети в Москве установленные «Обществом электрического освещения» в 1886 г.

- общие условия пользования электрической энергией московского «Общества электрического освещения», утвержденные Московской Городской Думой 23 сентября 1896 г.

«Общество» гарантировало надежное электроснабжение и принимало на себя обязательства возмещать ущерб в размере 10 коп. единовременной выплаты за каждую имеющуюся у абонента лампочку (для сравнения – 1 килограмм хлеба тогда стоил 5 коп, зарплата рабочего – 25 руб./мес.).

Абоненту предоставлялось право выбора: взять счетчик в аренду у «Общества» за 3,5 руб./год (однофазный) и 7 руб./год (трехфазный) или приобрести их в собственность.

Стоимость электроэнергии в Москве составляла 20 коп./кВт·ч. Учитывая, что стоимость электроэнергии в Москве была очень высокой (впрочем, как и везде на заре электрификации), «Общество» поощряло абонентов покупать большее количество электроэнергии путем предоставления скидок: во-первых, абонент, имеющий более тридцати ламп, подключался к сети бесплатно, при том, что обычно подключение стоило 12-20 руб.

Во-вторых, существовали серьезные скидки с тарифов. Так, для бытовых абонентов стоимость электроэнергии в Москве снижалась с 20 коп./кВт·ч до 10 коп./кВт·ч при потреблении более 1200 кВт·ч/год. Кстати, стоимость электроэнергии в Москве для бы-

товых нужд была в два раза выше, чем для нужд технических.

«Общество» приучало своих абонентов к регулярной оплате счетов. Документ «Общие условия пользования» гласил: «Счета за освещение выписываются и подаются за каждый месяц, причем оплата по ним должна быть произведена абонентом не позже десяти дней, считая со дня подачи счета. При просрочке платежа абонентом более одного месяца со дня подачи счета «Общество» имеет право прекратить отпуск электроэнергии и искать с него уплаты денег судом». В общем, молодая Московская энергосистема работала с абонентами вполне рыночными методами, ставя во главу угла сервис и удобство для абонента.

Взаимоотношения между энергосистемами – производителями электроэнергии и ее потребителями регулируются тарифами на электрическую энергию, от выбора которых (тарифов) по существу зависит экономика всего комплекса, включающего энергетические системы и всех потребителей электроэнергии.

Отметим, что в любом случае тариф (тарифные ставки) должны учитывать все затраты, связанные с производством, передачей, распределением и сбытом энергии, а также планируемые затраты для дальнейшего развития энергетики.

Литература

1. Баландин Д.В. Диссертация «Оценка производственной эффективности генерирующих компаний при формировании тарифов на электроэнергию».
2. Интернет источник «energufuture.ru/tarifmskhistory»
www.google.com.
3. Золотинкина Л.И. Николай Григорьевич Писаревский –организатор и первый директор Электротехнического института // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ».Сер. История науки, образования и техники.2003. №1.с.28-33.
4. Ф. Вейтков. Летопись электричества. М.-Л.: Госэнергоиздат.1946

УДК 620.9: 62-5

ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПУТЕМ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, РАБОТАЮЩИХ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Адаев М.Р.

КГТУ им. И.Раззакова

Рассмотрены пути улучшения процессов управления качеством, обеспечивающие курс на достижение цели всеобщего управления качеством и сертификации продукции путем повышения надежности технических средств, работающих на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ), как способствующих обеспечению успеха в условиях рыночной экономики.

Обзор литературы [1-5] показывает, что для современных условий рыночной экономики подтверждение соответствия и сертификация различного рода объектов: продукции, услуг, работ и т.п. техническим регламентам, стандартам и условиям договоров является действенным средством повышения эффективности деятельности предприятия, в том числе способствующим повышению качества и конкурентоспособности на рынках. Сертификация, как необходимый компонент рыночных отношений, объективно является одной из функций системы управления качеством и в конечном итоге это способствует закреплению предприятий на рынках на длительное время. В тактическом плане выпуск качественной продукции, особенно, надежных изделий способствует удовлетворению и повышению спроса, развитию научно-технического сотрудничества и торгово-экономических связей страны. В конечном итоге, все это направлено на повышение качества жизни людей.

В настоящее время одним из решений проблемы качества жизни человека является вопросы надежного и бесперебойного снабжения энергией людей, находящихся в геологических экспедициях, метеорологических и сейсмологических станциях, на отдаленных телерадиотрансляторах, на различных вахтовых службах, а также животноводов, находящихся на отдаленных пастбищах, работников лесных хозяйств, а также объекты сферы туризма, горнолыжные базы и здравницы, то есть различных объектов с небольшими масштабами потребной мощности высвечивают актуальность поставленной задачи и проблемы энерго дефицита, связанных с доставкой привозного топлива или проведения и обслуживания линий электропередач. Все это, в свою очередь, подчеркивает задачу развития высокого уровня технологии производства как электрической, так и тепловой энергии, достигаемых путем улучшения процессов управления качеством, сертификации продукции и за счет повышения надежности технических средств, работающих на возобновляемых источниках энергии.

Учитывая реалии современного этапа развития мирового сообщества, необходимо

отметить о взаимосвязи с окружающей средой и их последствия. Например, вырубка лесов для решения проблем отопления вызывает оползни, наводнения, опустынивание, которые способствуют ухудшению состояния живой природы и приводят к истощению запасов твердого и жидкого традиционного топлива. А использование традиционных видов топлива, особенно некачественных и некондиционных, как источника энергии, вызывает загрязнение воздуха и воды. Особо следует отметить проблему надежности различных технических средств, вырабатывающих энергию. Например, атомная энергетика (Чернобыль) или биогазовые установки в контексте с параметрами их безопасности напрямую взаимосвязаны с проблемами экологической безопасности и влиянием на живой организм. Вопросы улучшения качества выпускаемой продукции, как ни парадоксально, приводят к увеличению спроса на качественную, особенно надежную продукцию. Эта задача при решении проблемы качества жизни для горных районов, характеризующих проживанием в условиях большой децентрализации потребителей энергии, является приоритетной государственной политикой по удовлетворению потребностей населения, обеспечивая социальную справедливость.

Состояние вопроса таково, что согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2001 улучшение качества характеризуется как «часть менеджмента качества, направленная на увеличение способности выполнить требования к качеству» и учитывая основную идеологию тотального или всеобщего управления качеством (TOTAL QUALITY MANAGEMENT- TQM) базирующегося на принципе «нет предела совершенствованию, постоянному улучшению качества», управление качества рассматривается как стратегия, обеспечивающая достижение максимального эффекта, ориентирующая все виды деятельности на конечный максимальный эффект для производителя продукции, а для машин и различных технических средств одним из важнейших среди потребительских свойств, является показатель надежности, зависящий как от условий изготовления, так и от условий эксплуатации.

На современном этапе в во многих промышленно развитых странах наблюдается поддержка правительством компаний по повышению качества и усиливаются работы по аккредитации экспериментально-технических и испытательных лабораторий, а в Российской Федерации в соответствии ФЗ РФ «О техническом регулировании» принято, что сертификация определяется как «форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров», поэтому бесспорно, что в условиях рыночной экономики и жесткой конкуренции сертификация дает определенные гарантии потребителю в области качества продукции.

Улучшение качества жизни и новые приоритеты в сфере услуг предоставляют потребителям возможность оценить реальное соотношение их стоимости. к их полезности. Решение этой проблемы должны поощрять финансирующие организации к лучшему учету затрат, поставщиков продукции и услуг к более эффективной работе и более строгому соблюдению этических норм, а потребителей – к более рациональному подходу и выбору более лучших альтернатив.

Изучение сочетанного действия вопросов улучшения процессов управления качеством и разработки путей повышения надежности технических средств, работающих на ВИЭ для Кыргызской Республики обусловленного географическим расположением как горного края, где относительно большая часть населения живет и трудится в условиях среднегорья и высокогорья, характерной особенностью потребителей энергии является их разбросанность на больших территориях и расположенность в децентрализованных отдаленных районах [1-10]. Хотя Кыргызская Республика имеет каскад гидроэлектростанций, он, в целом, зависит от привозного топлива и на тепловых электростанциях, иногда, широко практикуется сжигание низкосортных углей, а также имеются сбои в поставке природного газа и горюче-смазочных материалов (ГСМ), то есть проблема использования ВИЭ представляет значительный интерес. Чтобы разработать необходимые регулирующие меры, нужно вначале дать научно-обоснованную оценку поведению объекта в этих новых системах, поэтому при использовании технических средств, работающих на ВИЭ, следует учитывать закономерности и факторы влияющие на технические, кибернетические и биологические особенности.

Необходимо учитывать характерные закономерности и факторы высокогорья во

взаимообусловленности при их вводе в процесс управления качеством:

- суровые климатические условия и большой суточный перепад температур;
- значительное количество осадков в виде дождя, града, снега и опасность обледенения;
- повышенная электромагнитная и ионизирующая радиация;
- влияние магнитного поля и магнитных аномалий горных пород на магнитосферу Земли;
- усиленная солнечная радиация и подвижность солнечного ветра;
- особенность биохимических и физиологических изменений;

Далее общеприемлемым путем необходимо использовать показатели, классифицированные по характеризующим свойствам, где каждая из основных групп показателей качества продукции, классифицированная по однородности характеризующих свойств, содержит ряд подгрупп и показателей, а первоочередной задачей управляющего процесса является четкое определение границ первоначального ввода ресурсов необходимых для процесса и конечного этапа, предусматривающего передачу потребителям результата как предоставление необходимой энергии.

А одним из путей комплексного решения поставленных задач по обеспечению максимальной эффективности функционирования технических средств, работающих на ВИЭ, является обеспечение качества изделий, особенно, их надежности и учет многофакторных воздействий, характерных для условий высокогорья.

В настоящее время обычно практикуется применение различных прогрессивных конструкций, а также ввод устройств и блоков, обеспечивающих учет, запоминание, а при необходимости передачу требуемой информации, ввод узлов для срабатывания адаптивных и сенсорных устройств, ввод всевозможных регуляторов, различных аккумуляторов для сохранения выработанной энергии, в том числе тепла, ввод различных функциональных подсистем, усиливающих, стабилизирующих или гибко изменяющих параметрические числовые значения и корректирующие необходимые количественные характеристики.

Расчет характеристик надежности производят по зависимостям, связывающим коэффициент запаса прочности с вероятностью наступления предельного состояния. В конструкции необходимо учесть результаты определения прочности, устойчивости, экологичности и других базовых характеристик,

обеспечивающих надежность и безопасность эксплуатации изделия в целом [9].

Отсутствие эффективных методов оценки и прогнозирования надежности изделий на стадии их разработки и создания опытных образцов приводят к выпуску ненадежных моделей, поэтому, кроме исследования и обоснования отказов функционирования, изучается процесс изменения всех основных показателей с течением времени, то есть учитывается фактор времени. Анализ надежности и качества функционирования объекта, а также его составных частей, сводится к анализу интервалов времени (наработка), в течение которых система функционирует или простаивает (восстанавливается, ремонтируется).

В данной работе считаем необходимым оценивать изменение начальных параметров в процессе эксплуатации машины и прогнозировать поведение объекта с точки зрения сохранения его выходных характеристик с установлением таких основных показателей надежности, как оптимальный запас надежности **Kn** по параметру, ресурс **Tr** и соответствующей ему, вероятность безотказной работы **P(t)**.

И так, при выборе тех или иных критериев «признаков» отказов и предельных состояний необходимо руководствоваться следующим принципом, что целью управления качеством и, особенно, надежностью объекта является обеспечение максимальной эффективности его функционирования и, в конечном итоге, улучшения всех потребительских качеств изделия, которые способствуют успешной сертификации продукции и продвижению торгово-экономических связей между странами мирового сообщества.

УДК 620.9: 62-5

СИСТЕМА КАЧЕСТВА И ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, РАБОТАЮЩИХ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Адаев М.Р.

КГТУ им. И.Раззакова

Рассмотрены пути совершенствования управления качеством и системный подход к вопросу повышения надежности технических средств, работающих на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) в условиях современного развития научно-технического прогресса (НТП).

На основе анализа работ [1-10], рассматривающих наиболее актуальные проблемы управления качеством, применительно к условиям рыночной экономики, а также научно-технических исследований в области качества, изучения разработок и передового производственного опыта в области синтеза прогрессивных конструкций технических средств, работающих на ВИЭ, учета аспектов регулирования предпринимательской дея-

Литература

1. Рудзит Я.А., Плуталов В.Н. Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении. М.: Машиностроение.- 1991.
2. Проников А.С. Надежность машин. М.: Машиностроение, 1978.- 590 с.
3. Агарков А.П. Управление качеством. М.: «Дашков и К^о» 2007.- 218с.
4. Мишин В.М. Управление качеством.- 2-е изд. перераб. и доп. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007.- 463 с
5. Регулирование предпринимательской деятельности в системах здравоохранения Европейских стран. - Ред.Солтман Р.Б., Буссе Р., Моссиалос Э., Пер. с англ.- М.: «Весь мир», 2002.- 272 с.
6. Абдуллина З.М. Биологическое действие магнитных полей на живой организм. - Ф.: Кыргызстан, 1975. 148 с.
7. Обозов А.Дж. Проблемы использования нетрадиционных ВИЭ в Кыргызстане. Ж. Теплоэнергетика.- М.: Энергоатомиздат № 12, 1991.-С. 49-52.
8. Обозов А.Дж. К использованию солнечной энергии в горных условиях Киргизской ССР. Сб. «Использование ВИЭ в Киргизии» -Ф.: Илим, 1988.-С.3-11.
9. Адаев М.Р. Повышение надежности и качества управления техническими средствами, работающими на ВИЭ // Проблемы управления и информатики: Докл. II междунар. конф. Кн. 2.- Б.:Институт Автоматики НАН КР Отпечатано в типографии ОсОО «Гульчынар», 2007.- С. 182-185.
10. Фахретдинова Э.М. Разработка и исследование солнечных установок для сушки сельхозпродукции. Автореф. канд. дисс. НПО «Солнце» Ашхабад.- 1984.

тельности и принципов государственной политики, можно отметить, что на современном этапе задачи создания высококачественной продукции решаются путем системного управления качеством, а особенность построения системы качества на основе процессного подхода состоит в организации управления с учетом выгод всех заинтересованных сторон интегрированной цепи поставок с главной ориентацией на потребителя.

Особенно подчеркивается, что эффективное достижение целей в области качества возможно только при опережающем, предупредительном характере и превентивности всех управляющих воздействий по отношению к возникающим отклонениям от установленных требований

Современный этап развития НТП характеризуется переходом к рыночной экономике, а вместе с тем вопросы конкурентоспособности продукции базируются на лучшие мировые образцы. Качество становится актуальной задачей, которое предопределяет не только стоимостные показатели на рынке сбыта, но и является практическим воплощением удовлетворения потребностей и ожиданий всех заинтересованных сторон. Аналитическая служба и экспертные комиссии, в основном, делает упор на качество продукции.

В современной системе управления качества важное место отводится вопросам непрерывного совершенствования систем качества. Практика передовых фирм зарубежных стран подтверждает, что повышение уровня качества, удовлетворяющего потребителей приводит к созданию конкурентоспособной продукции и услуг, которое неразрывно связано в конечном счете с повышением эффективности всего производства. Основное направление сосредоточено на совершенствовании всех элементов этой системы, включая автоматизацию процессов управления качеством и создание на основе управления качеством многоцелевых интегрированных систем основанных на принципах рыночной экономики, когда производство высококачественных конкурентоспособных изделий с высокой эксплуатационной надежностью обеспечивают получение максимального эффекта от затрачиваемых трудовых и материальных ресурсов. [1-5]

Актуальность использования ВИЭ состоит в том, что это основной путь достижения максимальной энергетической независимости и заключается он в комплексном, системном подходе к развитию разнообразных видов источников энергии. Одним из путей комплексного решения поставленных задач по обеспечению максимальной эффективности функционирования технических средств, работающих на ВИЭ, является обеспечение необходимого качества с учетом многофакторных воздействий, характерных для условий высокогорья где вопросы надежного и бесперебойного снабжения энергией людей, находящихся на объектах с небольшими масштабами потребной мощности и необхо-

димостью работы в автономном режиме должно обеспечить качество жизни человека .

Основной целью поставленной задачи является развитие высокого уровня технологии производства как электрической, так и тепловой энергии путем совершенствования систем качества и повышения надежности технических средств, работающих на ВИЭ.

Опыт внедрения ВИЭ и их общее применение показало, что в Кыргызской Республике эффективное применение нашли микроГЭС, а также автономный биогазо-энергетический модуль и различные гелио-энергетические устройства и сооружения для электро и теплоснабжения [6-7]. В настоящее время во многих странах мира приняты национальные программы по использованию солнечной энергии, как экологически относительно чистого и возобновляемого вида энергии.

Возрастание роли надежности обусловлено ростом требований к качеству выпускаемых машин и различных технических средств, а также необходимостью сочетания вопросов непрерывного совершенствования их во взаимосвязи, особенно при необходимости работы в автономном режиме, а также в случаях применения автоматизированных или кибернетических устройств.

Обычно формирование типажа новой техники во многих случаях, базируется на особенностях создаваемых конструкций, не уделяя должного внимания совершенствованию их технологичности, то есть возможности приспособления к требованиям серийного и массового производства, которое значительно сократило бы появление многономенклатурной и нестандартной продукции . В нашем случае совершенствование систем качества и повышение надежности технических средств, работающих на ВИЭ – это четкое разграничение функций, координация и устранение дублирования, проведение единой технической политики, введение показателей надежности, безопасности и эксплуатационной технологичности, а также постоянное улучшение всех потребительских свойств изделия. Применительно к рыночным отношениям совершенствуется технический уровень качества продукции, который характеризует техническое совершенство оцениваемой продукции.

Большая часть населения Киргизии живет и трудится в условиях среднегорья и высокогорья. Почти три четверти всей ее территории лежит на высотах 1600-3000 м и выше уровня моря. Кроме того влияние суровых

климатических условий определяется такими факторами высокогорья, как повышенная электромагнитная и ионизирующая радиация, различиями влажности, температуры, осадков, подвижности воздуха, влиянием магнитной аномалии горных пород, которые характеризуются такими специфическими особенностями, как пониженное барометрическое давление, и парциальное давление кислорода, повышенная ионизация воздуха, усиленная солнечная радиация, низкая температура[8].

Проведенный анализ исследований в области применения технических средств, работающих на ВИЭ [3-11], для индивидуально рассредоточенных и расположенных вдалеке от индустриальных центров, подходят рекомендации индийских исследователей, в которых область применения ВИЭ разделена на секторы. В специфических горных и высокогорных районах Кыргызской Республики, наиболее эффективными являются нижеследующие технические средства, работающие на ВИЭ:

- МикроГЭС;
- Биогазовые установки;
- Комбинированные фотоэлектрические преобразователи для электроснабжения с аккумулярованием энергии;
- Установки и сооружения для нагрева и охлаждения помещений в различных зданиях;
- Горячее водоснабжение за счет солнечной энергии и геотермальных вод;
- Солнечные опреснительные установки воды;
- Аэродинамические установки;
- Водные и тепловые насосы;
- Парники, теплицы, сушилки и солнечные кухни типа «горячий ящик» для запаривания овощей и кормов животным;
- Радиомаяки и сигнализирующие устройства, портативные радиостанции, телерадиотрансляторы, локаторы, адаптированные для отдаленных труднодоступных и высокогорных районов Республики.

Следует учитывать возможности использования комбинированных систем. Например, в Японии создан автомобиль, работающий на солнечной энергии и использующий при своем движении аэродинамические свойства воздушного потока. В мировой практике используют дизельные генераторы в комбинации с другими источниками электрической энергии как взаимоувязанные технические средства. В сотовых мобильных телефонах подзарядка энергии осуществляется за счет использования вибрации и голо-

сового резонанса во время переговоров по телефону.

Состояние вопроса надежности таково, что при имеющихся стандартах и руководящих нормативно-технических документов, регламентирующих требования и методы определения ресурса и надежности технических средств, ни одна отрасль производства полностью не охватывает всех аспектов этой проблемы.

В сложных системах, когда процесс изменения начальных параметров характеризуется большим числом взаимосвязей, разнообразными воздействиями на систему и протеканием неодинаковых по природе процессов изменения изучаемых параметров, опасность выхода этих параметров за установленные пределы и формирует согласно принятым моделям отказов показатели надежности всей системы.

В зависимости от назначения объекта критериями отказов и предельных состояний могут служить экономические, технические и другие характеристики эффективности функционирования элементов объекта в отдельности, а также их сочетание, особенно, в случаях применения агрегатно-узлового метода компоновки из типовых, унифицированных или же стандартизованных элементов на основе современных методов машинного и автоматизированного синтеза.

Возрастание роли надежности обусловлено ростом требований к качеству выпускаемых машин и различных технических средств, а также необходимостью сочетания вопросов непрерывного их совершенствования во взаимосвязи.

В нашем случае надежность – это свойство объекта выполнять и сохранять во времени заданные ему функции в заданных режимах и условиях их эксплуатации, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования, где следует учитывать параметр – живучесть, т.е. сохранение работоспособности отдельных подсистем при кратковременном повреждении или неисправности его отдельных элементов.

В связи с тем, что в составе обеспечивающих подсистем систем управления качеством, необходимо выполнять функции, связанные с информационным обеспечением, то необходимо знать, что надежность предполагает, что информация не содержит никаких серьезных (существенных) ошибок [5]. При этом она должна правдиво, полно и беспристрастно (нейтрально) отражать предполагаемое (возможное) и реальное (действительное) качество продукции и состояние всех

процессов управления качеством. В свою очередь из этой подсистемы обычно необходимо учесть, что при автоматизации процессов управления качеством возникает необходимость измерять быстро изменяющиеся величины, их совокупности, характеристики процессов и систем, поэтому необходимость повышения качества выпускаемой продукции требует совершенствования методов и средств технических измерений с учетом естественного формирования приборов по конструкторско-технологическому назначению. Чтобы подобная система начала действовать, группа по совершенствованию процесса выбирает небольшое число самых надежных комплектующих изделий, отрабатывает систему применительно к ним и затем расширяет ее по мере совершенствования процесса и повышения качества продукции предоставленной потребителю.

Расчет характеристик надежности производят по зависимостям, связывающим коэффициент запаса прочности с вероятностью наступления предельного состояния [1]. В конструкции необходимо учесть результаты определения прочности, устойчивости, экологичности и других базовых характеристик, обеспечивающих надежность и безопасность эксплуатации изделия в целом.

При выборе основного показателя для отдельного элемента нужно руководствоваться следующим: если при оценке работы объекта определяющим будет выполнение возложенных на него функций, то за основной показатель надежности следует принимать вероятность безотказной работы; если минимум простоев – то среднее время пребывания объекта в работоспособном состоянии в течении срока службы; если необходимо предотвратить ущерб при отказе объекта – среднее время наработки на отказ [9].

Итак, комплексный, системный подход к решению вопросов повышения качества машин и, в том числе, различных технических средств, работающих на ВИЭ и особенно, вопросов повышения их надежности и эффективности технологических методов увеличения ресурса, а также высокой экономичности и постоянного улучшения всех потребительских свойств изделия и на этой базе

непрерывного их совершенствования, является, в настоящее время, актуальной задачей и его реализация будет положительно влиять на ускорение научно-технического прогресса как в машиностроении, так и в вопросах управления и эксплуатации.

Литература

1. Рудзит Я.А., Плуталов В.Н. Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении. М.: Машиностроение.– 1991.
2. Проников А.С. Надежность машин. М.: Машиностроение, 1978.– 590 с.
3. Агарков А.П. Управление качеством. М.: «Дашков и К^о» 2007.– 218с.
4. Басовский Л.Е., Протасьев В.Б. Управление качеством.– М.: ИНФРА–М, 2007.– 212 с.
5. Мишин В.М. Управление качеством.– 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА,– 2007.– 463 с.
6. Обозов А.Дж. К использованию солнечной энергии в горных условиях Киргизской ССР. Сб. «Использование ВИЭ в Киргизии» Фрунзе, Илим, 1988.–С.3-11.
7. Обозов А.Дж. Проблемы использования нетрадиционных ВИЭ в Кыргызстане. Ж. Теплоэнергетика.– М.: Энергоатомиздат № 12, 1991.–С. 49-52.
8. Абдуллина З.М. Биологическое действие магнитных полей на живой организм. - Ф.: Кыргызстан, 1975. - 148 с.
9. Адаев М.Р. Повышение надежности и качества управления техническими средствами, работающими на ВИЭ // Проблемы управления и информатики: Докл. II междунар. конф. Кн. 2.– Бишкек. Институт Автоматики Национальной Академии Наук Киргизской Республики - Б.: ОсОО «Гульчынар», 2007.– С. 182-185.
10. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения М.: Энергоиздат.– 1982.
11. Фахретдинова Э.М. Разработка и исследование солнечных установок для сушки сельхозпродукции. Автореф. канд. дисс. НПО «Солнце» Ашхабад.– 1984..

УДК 621.311.1.017

КОММЕРЧЕСКИЕ ПОТЕРИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ХИЩЕНИЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**Кадиева А.К.***ТТИ КГТУ им.И.Раззакова*

В работе рассматриваются способы хищений электроэнергии, как одного из вида коммерческих потерь. Анализ потерь электроэнергии позволяет сделать нижеследующие выводы по повышению эффективности системы учета.

В настоящее время, когда потребление электрической энергии в бытовом секторе, обследованной электросетевой компанией, достигло значительных величин - от 30 до 42 %, а на селе в отдельных районных до 50 % от общего ее потребления, то убытки, которые несет энергосистема от хищений, с каждым годом увеличиваются и становятся существенными.

Результаты рейдов по выявлению хищений показывают, что существуют три основные группы способов хищений:

1. Механические путем воздействия на прибор учета:

- перемещение счетчика из нормального вертикального положения в полугоризонтальное;
- срыв пломб;
- умышленное повреждение прибора учета или их хищение;
- отсутствие приборов учета.

2. Электрические способы хищения:

- особое место занимает наброс на голые провода, установка тайных розеток;
- инвертирование фазы тока нагрузки;
- применение различных типов «отмотчиков»;
- шунтирование токовой цепи счетчика – установка так называемых «закороток»;
- заземление нулевого провода;
- нарушение чередования фазного и нулевого провода в сети с заземленной нейтралью питающего трансформатора;
- отключение токовых цепей ТТ;
- замена нормальных предохранителей ТН на перегоревшие.

3. Магнитные способы хищений электроэнергии.

Этот способ используется в индукционных приборах старого типа. При применении магнита замедляется вращение диска.

4. Другие способы хищений:

- при наличии 3- или 4-значного счетного механизма в результате его перекрутки;
- наличие жилых домов, общежитий, жилых поселков, которые не стоят на балансе каких-либо организаций, электроэнергия, потребленная ими, не оплачивается, отключения их не дают результатов, так как те снова подключаются.

Работа персонала Энергосбыта рассматриваемой компании и участие в рейдах по выявлению хищений персонала ПЭС позволили вернуть часть похищенной электроэнергии. Анализ полученных результатов показывает, что величина потерь от хищений электроэнергии достигает 35-41 % от величины коммерческих потерь. Эти потери являются невозвратными и только малая часть, обнаруженная в результате проведенных рейдов, возвращается в энергосистему.

Хищения имеют место и в промышленности, организациях и учреждениях, где приборы учета подключаются через ТТ и ТН путем замены паспортов ТТ или замены нормального предохранителя у ТН на сгоревший на одной из фаз.

Таким образом, произведенный анализ потерь электроэнергии позволяет сделать следующие выводы по повышению эффективности системы учета:

1. Ускорить работы по замене индукционных приборов учета класса точности 2,5 по срокам госповерки и их неисправности, недоучет электроэнергии у бытовых потребителей достигает около 12 %, а в некоторых районах до 15%. Так только выборочная проверка учета показала недоучет 7-9 %, а дальнейший анализ только увеличивает его.

2. Организовать учебу с целью повышения подготовки контролерского состава.

3. Ускорить замену приборов с трех- и четырех-значными индикаторными устройствами, т.к. наличие таких приборов учета, особенно в индивидуальных жилых домах, дает возможность абонентам искажать достоверную информацию действительного потребления электроэнергии, не совершая при этом несанкционированного доступа к прибору учета. Наличие устаревших приборов учета в быту без стопора обратного хода позволяет производить скрутку показаний счетчика. Отсутствие приборов учета у бытовых потребителей и на многих МОП приводят к недоучету электроэнергии из-за субъективной оценки ее потребления, т.е. ее занижения действительной величины ее потребления.

Для предотвращения этих негативных факторов необходимо:

✓повысить эффективность работы персонала контролеров, не отвлекая их других

текущими работами, и повысить их профессиональный уровень подготовки;

✓обеспечить приборами учета и запчастями для их ремонта;

✓повысить эффективность цеха электросчетчиков по обеспечению необходимым количеством приборов учета для их замены по срокам госповерки и замене по неисправности с целью ликвидации очередей на замену счетчиков по заявкам абонентов.

Недоучет электроэнергии имеет место и у потребителей – юридических лиц, на промпредприятиях, в мелкомоторном секторе при использовании в схемах учета ТТ и ТН.

Психология работников, когда они перестали выполнять функции надзора, не терпела необходимого изменения в сторону выполнения новых задач по совершенствованию энергосбытовой деятельности. Из-за нехватки времени ослаблен контроль за средствами учета, находящимися у потребителей. Имеются случаи отсутствия второй пломбы на корпусе прибора учета, наличие сомнительных пломб, устаревших пломбировочных устройств (провода, леска, пластмассовые пломбы), которые позволяют воздействовать на достоверность показаний учета.

Продолжают оставаться в эксплуатации ТТ, не соответствующие потребляемой нагрузке. Отсутствие современных поверочных средств для проверки работы приборов учета и ТТ без разрыва токовых цепей в рабочих условиях сдерживают работу по контролю систем учета электроэнергии. Приборы учета

та, находящиеся на балансе потребителей, невыгодны для Энергоснабжающей организации, так как в период между проверок инспекторским составом потребитель может вмешиваться в их работу. К примеру, нарушать фазировку, заменять у ТН рабочий предохранитель на одной из фаз на сгоревший.

Наличие бесхозных линий, ТП, жилых домов и общежитий так же влияют на величину коммерческих потерь. Отсутствие общего учета на жилые дома, стояки не позволяет делать анализ потребления электроэнергии бытовыми абонентами.

Потери от хищений электроэнергии составили 35-41 % от общей величины коммерческой составляющей. Это проблема имеет достаточно четкую тенденцию к росту, особенно в сельских районах, удаленных поселках.

Литература

1. Арутюнян А.А. Основы энергосбережения. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. – с. 600
2. Бохмат И.С., Воротницкий И.Э., Татарinov Е.П. Снижение коммерческих потерь электроэнергии в электроэнергетических системах // Электрические станции, 1998, № 9. – с. 53-59
3. Воротницкий В., Апрыткин В. Коммерческие потери электроэнергии в электрических сетях. Структура по снижению // Новости Электротехники. 2002, № 4 (16)

УДК 621.3.032.272

SPECTRALLY SELECTIVE COATINGS FOR SOLAR THERMAL COLLECTORS

Botpaev Ruslan

Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov

This paper focus on theory, principles, types, properties and manufacturing of spectrally selective coatings for solar collector absorbers. Also the actual market review in Europe and there distribution were considered. The report based on literature study in libraries, internet sites and also on personal contacts with producers of this specific but also required products.

The crucial component of the solar thermal collector is the absorber. How much energy will be used to heat a heat transfer medium depends mainly on this component. The absorber should absorb the incident solar radiation as much as possible and convert it to heat with the minimum heat losses. This can be accomplished in two different ways. The first one relies on a cover glass with a coating that reflects thermal radiation. In this manner the radiation emitted from the absorber surface is brought back to this same surface. Another, and more commonly used, way is to have an absorber surface whose thermal emittance is low. This leads to the selectively solar-absorbing surfaces characterized by

minimum reflectance in the solar spectrum (high absorptance) and highly reflective in the thermal spectrum (low emittance).

Selective coatings were (during 1970s and 1980s), and are still, subject to intense research and development in many laboratories around the world. Properties of a spectrally selective solar-absorbing surface can be described by the illustration in Fig. 1 in which there is a minimal overlap between the solar spectral range of air mass (AM) 1.5 and the thermal emittance spectra at three temperatures of a blackbody-like surface [2]. The non-overlap between the solar radiation and emittance spectra provides an opportunity to tailor a material or a combination of

materials to achieve spectral selectivity that is close to an ideal absorber whose spectral reflectance is shown by black dashed line in Fig. 1. The step change from low to high reflectance °C.

should be at a wavelength λ of between 2.0 and 3.0 μm for an effective solar heating application at temperatures below 400

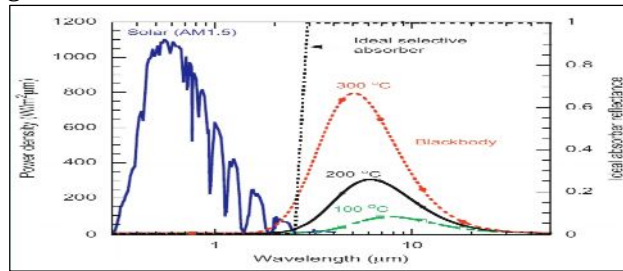


Fig. 1. Minimal overlap between the sun spectrum at AM1.5 (ISO standard 9845_1 (1992)) and the blackbody-like emission spectra at 100, 200 and 300 °C. A reflectance curve for an ideal selective solar absorber is included [2].

Design principles The different design principles of selectively solar-absorbing surface are schematically depicted in Figure 2. Practically, solar absorbers are based on two layers with different optical properties. They are referred to as tandem absorbers. A semiconducting or dielectric coating with high solar absorptance and high infrared transmittance on top of non-selective highly reflecting material (i.e. a metal) constitutes one type of tandem absorber. Another alternative is to

coat a non-selective highly-absorbing material with a heat-mirror (having high solar transmittance and high infrared reflectance). The different material combinations for tandem absorbers are described in detail below.

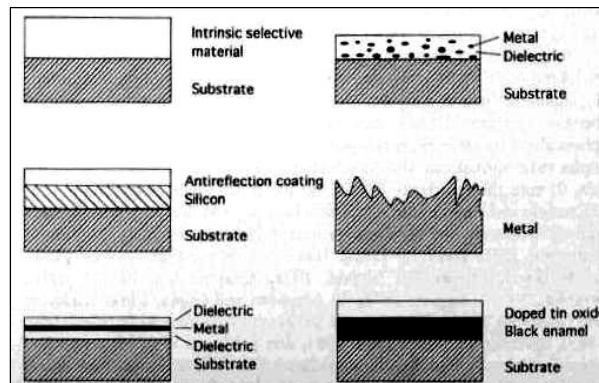


Fig. 2. Cross-sectional schematic designs of six types of different coatings and surface treatments for selective absorption of solar energy [1].

Semiconductor-metal tandems. This kind of tandem absorbers gives the desired spectral selectivity by absorbing short-wavelength radiation in a semiconductor (Si) and having low thermal emittance as a result of the underlying metal. The useful semiconductors have undesirably large refractive indices, which tends to yield high reflection losses. Hence it is necessary to antireflect the surfaces in the range of solar radiation.

Multilayer-metal tandems. The multilayer stack becomes an efficient selective absorber since they can be easily tailored. One interesting example is an $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Mo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ triple layer, which was

originally developed for the US space programme [3]. This surface has been produced by large-area sputtering for high temperature applications.

Metal-dielectric composite-metal tandems. This coating is known under the term “cermet” from the abbreviation of ceramic-metal, consisting of very fine metal particles in a dielectric host. The metal-dielectric concept offers a high degree of flexibility, and the optimization of the solar selectivity can be made with regard to the choice of constituents, coating thickness, particle concentration, shape and orientation of the particles. The size of the particles is restricted to be much

smaller than the wavelengths in the solar spectral range in order to absorb instead of scatter the solar light. It has been shown that particle sizes should be less than 0.1 to 0.2 μm . [1].

Thickness sensitive spectrally selective (TSSS) paints. TSSS are also based on the same tandem principle and require a metallic substrate. The paint consists of solar-absorbing inorganic pigment dispersed in resin. The pigment forms large agglomerates and therefore causes both absorption and scattering. It is crucial that the resin has high infrared transmittance and that the paint thickness is as small as possible so that the thermal emittance is brought to minimum [1].

Textured surfaces. These can produce a high solar absorptance by multiple reflections against metal dendrites that are approx. 2 μm apart, while the long-

wavelength emittance is fairly unaffected by this texture. Well known examples are dendritic tungsten prepared by chemical vapour deposition and textured copper, nickel and stainless steel surfaces made by sputter etching. The nickel based "Black Forest" absorber is a practical example of this type of surface.

Manufacturing processes

The most common manufacturing processes that used for absorbers coating are galvanic process, chemical process and PVD process (physical vapour deposition). Galvanic and chemical processes are old manufacturing processes. They have a lot of disadvantages such as power-intensive production, and environment harmful harmful production. [5], [10].

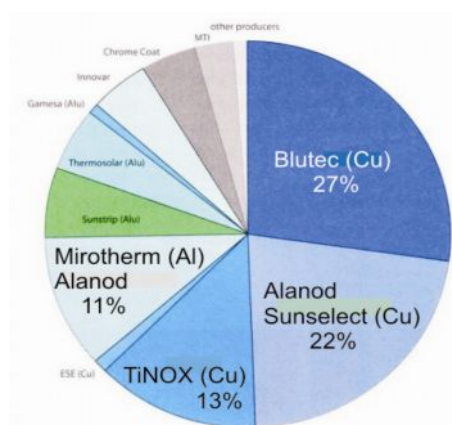


Fig. 4. European coater market 2007 –

3,7 mln.m² of absorbers surface. [4].

On figure 3 schematically depicted manufacturing process of TiNOX company [8]. The patented TiNOX titanium absorber layer is deposited on to the metal band by a physical vacuum process (PVD). By means of electronic beam technology firstly the titanium is brought to the evaporation in the first evaporating station, which reacts under addition of nitrogen and oxygen and condensates as absorber layer on the metal band. In a second evaporator station quartz. glass is coated as antireflex and protective layer. The entire process is supervised by a modern computer-assisted process control. TiNOX is coated onto metal tapes in a specially designed roll-coating-process (PVD). By means of an electronic beam evaporator, titanium is evaporated under vacuum and condenses onto the metal tape while reacting with nitrogen and oxygen to titanium-oxy-nitride. Additionally quartz is evaporated forming a second antireflex- and protection layer. The

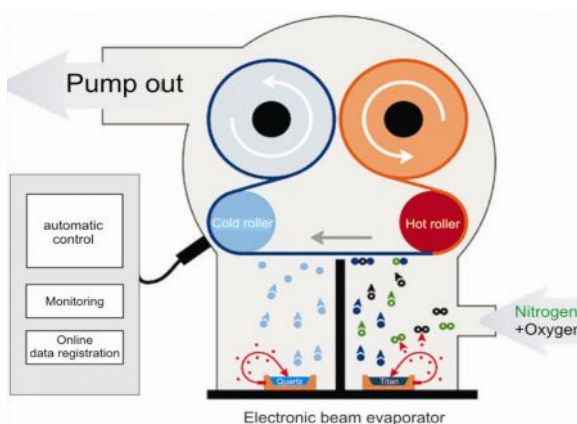


Fig.3. PVD manufacturing process by TiNOX

complete production is controlled by a computer process control.

Actual Market review.

The three Market leaders in Europe were determined for year 2007. According the absorber area that coated every year can highlight the following producers: Alanod-Solar GmbH & Co. KG, BlueTec GmbH & Co KG and Joint Venture ALMECO-TiNOX GmbH.

Alanod-Sunselect GmbH & Co KG held the top position among absorber coaters in Europe last year with a 33% market share. According to market studies by Werner B. Koldehoff, the company owed two-thirds of that share to coating copper sheets with Sunselect; the Mirotherm aluminium film chalked up the other third of the volume. The company is profiting from the growing importance of aluminium absorbers. More and more solar collectors are using the silvery metal to catch the sun's rays.

In the coming year, the company's market share should increase even more, since absorber manufacturers are increasingly investing in laser welding systems, which are adept at joining aluminium absorbers and copper pipes - among

these are heavyweight providers like Vaillant, which is now manufacturing its.

Alanod-Solar GmbH & Co. KG. Since 2001 the ALANOD product *mirotherm®*, the selective absorption layer system based on aluminium, has steadily gained in reputation

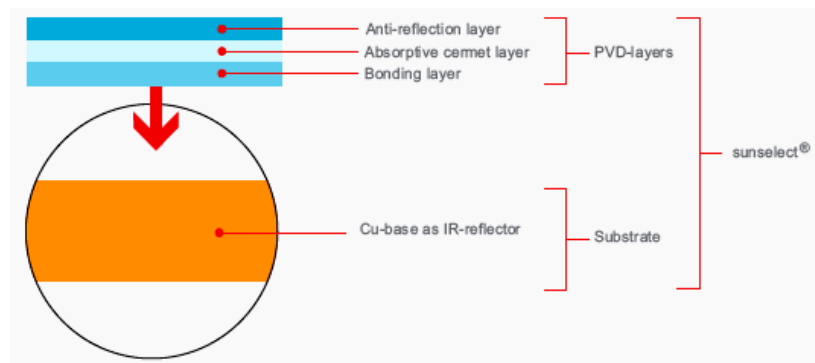


Fig.5. sunselect® - selectively absorbing copper strip.

Sunselect® (fig.5) - selectively absorbing copper strip for solar collectors. It consists of a copper strip, in a world-wide unique air-to-air process, a system of three layers is applied using the physical vapour deposition technique.

While the infrared reflecting substrate ensures low thermal emission (ϵ), the metal oxide layers

for absorption and anti reflection ensure highest solar absorption (α) while additionally offering resistance against outside agents.

Mirotherm® - selectively absorbing aluminum strip for solar collectors. Consists of an aluminum strip which has been anodised; then in a world-

wide unique air-to-air process, a system of three layers is applied using the physical vapour deposition technique.

While an infrared reflecting layer ensures low thermal emission (ϵ), the metal oxide layers for absorption and anti-reflection ensure highest solar absorption (α) while additionally offering resistance against outside agents.

BlueTec GmbH & Co KG. The German technology venture BlueTec GmbH & Co. KG has developed *eta plus*, a new generation of absorber bands for solar collectors, which is now being sold worldwide. The semifinished product is used by solar industry in absorbers

within the solar energy market. There are also **mirosol®**, **mirosol-protect®** - absorption layer systems based on aluminium that were presented recently. Now with a selective absorption layer system on a copper base, the Sunselect product is the ideal complement and ALANOD can therefore offer the most extensive semi-finished product range in the solar industry.

for flat-plate collectors with full-surface or strip absorbers, in tube collectors as well as in air and large-surface facade collectors.

As the heart of a solar collector, *eta plus* efficiently converts solar energy into heat and at the same time protects the collector against energy losses. Over 20 years, the blue band produces more than 10,000 kWh of usable energy per m² of surface. Collectors with this absorber band are a clear alternative to conventional energy generation and also help to considerably reduce CO₂ emissions. The latest durability tests performed by the Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems in Freiburg (ISE) confirm the unprecedented temperature and moisture stability of the highly selective absorber band. The ISE results allow *eta plus* applications involving a collector stagnation temperature of 295 degrees Celsius without reducing the life of the collectors. In addition, the highly selective absorber band can be used to produce high performance collectors for new areas of application like solar cooling, process heat, solar thermal power plants and solar sea water desalination plants. *eta plus* achieves a very high absorptance of 95% in combination with a low thermal emittance of only 5%.

The *eta plus* coating is a ceramic metal compound. This so-called CERMET (ceramic metal compound) is comprised of several single layers in which metal particles are embedded in a

ceramic matrix. Due to scattering effects, they absorb radiation within a certain wavelength range. The metal content of the *eta plus* coating system gradually decreases towards the surface.

Joint Venture ALMECO-TiNOX GmbH. 12 June, 2008 - In view of the Solar fair InterSolar 2008 the German based MAGE Group and the Italian based ALMECO Group are announcing the merger of their Coating Activities in the Solar Thermal business field. Due to the agreement, TiNOX GmbH has changed the name to ALMECO – TiNOX GmbH and serve as the basis for all sales & marketing activities of both groups in the Solar Thermal field. The production sites remained and based

in Munich and Bernburg. All of the commercial and marketing activities carried out in Munich and in San Giuliano Milanese dedicated to Italian market. After transferring the Reflective Solar Coatings (Speculars) from ALMECO, the Joint Venture is now offering two comprehensive product lines:

VEGA energy: High reflectance materials for Thermodynamics (e.g. Solar power plants);

TiNOX – energy: Highly selective absorber coatings on copper and aluminium substrates for high quality Solar Thermo applications.

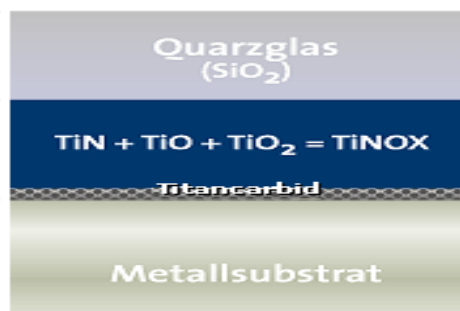


Fig.7. TiNOX - selectively absorber layers.

The TiNOX absorber layer is composed of several function layers. A metal foil with good reflection and heat transfer serves as substrate (as a rule copper, in addition other metals are possible). A thin titanium carbide layer serves as adhesion layer and diffusion barrier which fades into the absorber layer.

The absorber layer consists of a titanium composition with oxygen and nitrogen. This patented Titaniumoxinitrid layer gave its name to the company "TiNOX". The absorber layer absorbs 95% of the solar radiation and is transparent in the infrared. Thus the infrared radiation "sees" only the well reflecting metal surface, whereby the extremely low emission less than 5% is reached. Additionally on the absorber layer an anti-reflex and protective layer made of quartz glass is deposited. The absorption of the solar radiation is still optimized by the minimization of the surface reflection.

Literature

[1] Gordon, J. (editor), *Solar Energy – The State of the Art*, James & James (Science

Publishers) Ltd, London, 2001.

[2] Katumba, G. et al., Optical, thermal and structural characteristics of carbon nanoparticles embedded in ZnO and NiO as selective solar absorber, In *Solar Energy*

Materials & Solar Cells, 2008, p. 1285-1292.

[3] Schmidt, R. N., Park, K. C., High-Temperature Space-Stable Selective Solar Absorber

Coatings, *Appl. Opt.*, 917, 1965.

[4] Magazine «Sun and Wind Energy» 4/2008

[5] Brochure MIT-Solar "Krosol the original highly selective solar coating"

[6] <http://www.alanod-sunselect.de/>

[7] <http://www.bluetec-germany.de/>

[8] <http://www.tinox.com/>

[9] <http://www.vonardenne.biz/>

[10] www.solarodessa.com.ua/rus/documents/tech/selective. **Direct contacts**

УДК 621.316.542.9

VACUUM CIRCUIT BREAKER MODEL IN EMTP-ATP FOR THE EXAMINATION OF MULTIPLE REIGNITIONS IN INDUCTIVE CIRCUITS

Friedrich-Wilhelm Veuhoff*Department of Electrical Power Systems**Beuth Hochschule für Technik Berlin, Germany**University of Applied Science*

While investigating disturbances in smaller power plants in Germany, we witnessed that equipment was damaged. During this investigation the causes for the damages were, as we all have often experienced, not always able to be determined. One possible cause we considered for these damages was excessive and dangerous overvoltages. We suspected that these overvoltages, in certain conditions, were caused by the switching of the vacuum breaker in the system. Following our hypothesis, a simulation with EMTP was carried out.

Vacuum breakers are inclined to interrupt small inductive currents not in the natural current zero but rather to chop off the current. This current chopping causes a large time derivative of the current and because of this inductive circuit, it appears that high overvoltages occur. The level of the overvoltages depends on the data of the electric circuit, the type of the inductive load and the characteristic of the breaker. In this paper a simulation model in EMTP-ATP for vacuum breakers is introduced with which it is possible to appraise the resulting overvoltages with known circuit data and to analyze further system protection. This model can be easily adjusted to change the physical qualities of the vacuum breaker.

Keywords: Vacuum breaker, Modelling, Multiple reignitions, Small inductive currents

1 Introduction

In the last decade a great number of small power plants for the combined purpose of both heat and electricity were erected in Germany. These plants were primarily run by the demand for heat. The concept was always the same; a

standard combustion machine was used to run the generator. The generator voltage range was from 0.4 to 10 kV. In most cases a machine transformer was used to adapt the voltage to the distribution level (10 - 20 kV). The standard, particularly for the smaller units was a 0.4 kV Generator with a 0.4/10 d/Y transformer and the power range per unit was

0.8 - 2 MVA. The distribution networks handled the grounding differently. Due to the fact that the plant was running on the demand for heat, the switching cycles were higher than usual. Also, the size of the equipment was smaller. The cable length between the devices varied from 10 to 80 meters.

The damaged equipment consisted of either the vacuum tube of the breaker (Fig. 1), the flashover on the switch board, or the transformer. This experience leads us to suppose that the switching action could be responsible for the damage. Particularly when all three vacuum tubes were damaged, multiple reignitions were suspected as the cause. Thus, a sufficient model is needed in order to determine if the system might be able to produce multiple reignitions.



Fig. 1 Damaged vacuum breaker tube

2 The Examination and simulation of multiple reignitions

There are numerous publications on the examination of the processes of multiple reignitions in vacuum breakers. In our paper only a few will be mentioned.

The switching performance of the vacuum breaker, including the ability to chop the current and the resulting subsequent multiple reignitions, depends on the contact material involved.

The problem is that the breaker must be able to disconnect short-circuit currents in the range from $I_k = 12,5$ kA to $I_k = 63$ kA. Also, it must be able to switch small inductive currents of inductive circuits like e.g. motor switching and reactors or unloaded transformers. This leads to numerous examinations of trying to find suitable contact material and the correct contact geometry. Results regarding these examinations are located in [1], [2], [3], [4], [5].

If you want to simulate the switching operation of a vacuum breaker, the task presents itself to reproduce the widening breaker gap with the appearing arc, the arc quenching capability, and the subsequent dielectric stress. For the case discussed in this paper two ways were used to handle the problem of interrupted small inductive currents.

With the help of a modified Mayr equation Luxa [6] examines the processes due to the switching of motors and compares the experimental results with the simulation. The necessary parameters for this modified Mayr equation are difficult to estimate -- particularly because currents and voltages of different frequencies and amplitudes result with the appearance of multiple reignitions.

Czarnecki [7] looks at a vacuum breaker only as an open or closed device during the switch process. His model is based on measurement investigations and also takes the statistical behavior of the physical processes during the switch operation into account. This model and the required measurements are processed and completed by Helmer [8]. Helmer uses copper-chrome contact material for his examination -- the material that is exclusively used for this application today. The results of Helmer's measurements and the model he then introduces for EMTP-ATP is used as a basis for this work. It is easily possible to modify this model. You only need the results from particular measurements of the used contact material -- WCuAg, for example.

3 Parameters for the model simulation

When the small inductive current moves towards the natural current zero, the vacuum breakers are able to interrupt it before zero. This results in a large time derivation for the current (di/dt). Smeets describes this processes very well in his work [9]. The approximate chopping current is calculated according to Smeets [9] in a realistic approach:

$$i_{ch} = (co - i - a - p)^q$$

with

$$co = 2 \cdot \kappa \cdot 50 \text{ Hz}$$

$$q = \{1 - P\}^{-1}$$

$$a = 6,2 \cdot 10^{16} \text{ s}$$

$$P = 14,3$$

The a and (3) parameters are for a CuCr -- contact material. i is the peak value of the interrupted inductive current. We have used this equation to calculate the value of the chopping current in the model. All further parameters which should be considered in the model are represented and explained by figure 2. The galvanic contact separation of the vacuum breaker starts at $t = \text{zero}$. From this time on the dielectric strength of the breaker gap begins. The curve A, B, C, and D represent the different dielectric strength characteristics for different prestressing until the completed arc quenching. It has been proven that the vacuum breaker recovers its cold dielectric strength by the time of the low frequency current (i_{LF}) chopping (t_{ch1}) [8]. The dielectric strength depends on the rate of the rise of the recovery voltage, which occurs to the opening contact-system. Depending on the ignition-delay, higher values were reached by a higher rate of the rising of the recovery voltage. By a low rate of the rise of recovery voltage you get smaller values. This circumstance has been taken into account by the two characteristic curves A and B in figure 2. For the duration of t_A the $du/dt > 100$ kV/ μ s dielectric strength curve A is used as a limit-curve. For longer times (t_B) a transition to the dielectric strength curve B takes place. Curve B is exclusively valid for the rate of a rising recovery voltage with $du/dt < 100$ kV/ μ s.

When multiple reignitions occur, a high frequency current (i_{HF}) appears with them. The arc extinction characteristic of the vacuum-breaker gap changes with them and cannot compare with the cold-dielectric strength. According to the rate of the current rise, different curves of the dielectric strength are reached for the recovery voltages. The possibility of a high frequency current chopping exists for the range of $50 \text{ A}/\mu\text{s} < di/dt < 150 \text{ A}/\mu\text{s}$ current rise. This chopping current (i_{ch2}) in the model is fixed to $i_{ch2} = 0,5$ A. For the rate of the current rise in the range between $150 \text{ A}/\mu\text{s} < di/dt < 600 \text{ A}/\mu\text{s}$ the dielectric strength characteristic curve C is used. The range $600 \text{ A}/\mu\text{s} < di/dt < 1000 \text{ A}/\mu\text{s}$ corresponds to curve D. A rate of the current rise above $1000 \text{ A}/\mu\text{s}$ cannot be interrupted by a vacuum breaker. Also, a transition between the different characteristics occurs.

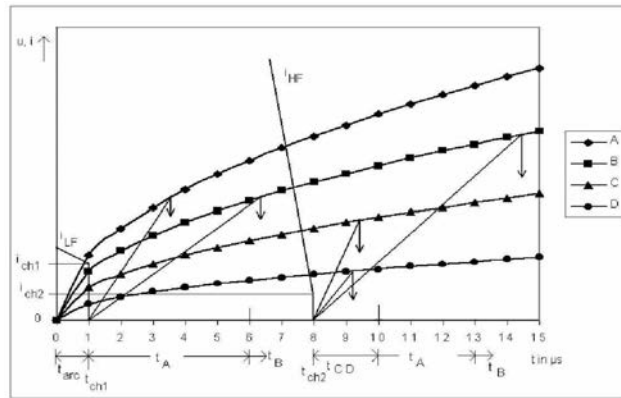


Fig. 2 Dielectric strenght curves A, B, C, D after current interruption

If no reignition occurs during the time t_{CD} , the cold-dielectric strength curve is used for further calculation. The transition, therefore, takes place to characteristic A. When the time t_A from the point of the arc quenching of the high frequency current (i_{HF}) has elapsed, the transition to characteristic B takes place. The rate of the rising recovery voltage has been taken into account here, as well.

The used values of the curves and times in the model were taken from literature [8]. Here the process is subdivided for high frequency currents even more distinctly. Curve B merely follows the equation $u = U_0 + a \cdot s$ with

$$U_0 = 1 \text{ W A} = 30 \text{ kV/mm}$$

and is taken from the literature [10].

4 Taking statistical scatter into consideration

All processes like chopping current and reignition are scattering. They are not reproducible by constant values like current, contact speed and arcing-time. With the help of a random generator in EMTP, numbers in the interval [0,1] were defined. With random numbers the value of the desired standard-deviation of the inverse error function ($\text{inverf}(x)$) [11], [12] is calculated. The result of the function leads to physical values like, for example, the chopping current and the dielectric strength. Even with a constant arcing-time and contact-speed for a circuit you always get different results for the chopping current. The same is true for the characteristics of the recovery voltage, as well as for a process of multiple reignitions. Besides the statistical effects, which are dependent upon the physical properties of the process through the breaker operation and the qualities of the vacuum breaker, the contact separation also varies with the help of the EMTP statistic switch. Since multiple reignitions are more

likely during very short arcing-times as opposed to long arcing-times, you should strive for the highest values to get high overvoltages. These can be determined easily when the arcing-time t_{arc} is varied in the program with a pre-determined standard-deviation. Then the overvoltages and the overvoltage factor can be calculated automatically by EMTP.

5 Further adjustable parameters

Besides the statistical sizes, which permit themselves to be influenced by known functions through the variable standard-deviation, the contact-speed and the synchronism of the poles are also adjustable for a three-pole examination. The time between mechanical and galvanic contact separation is also adjustable.

The representation of the involved electrical equipment also influences the simulation of the switch-process in the inductive circuit. The leakage inductance and the stray capacitance are especially important quantities. They are rarely available as measurements. Examinations regarding this are located in [13] and [14]. With small inductive currents ($I < 10 \text{ A}$) current chopping in all three phases is possible at virtually the same time.

If there is a coupling between the phases, the high rate of current rise accompanied by multiple reignitions can, under certain conditions, lead to current chopping in the last clearing poles. This virtual current chopping can also appear in the presence of bigger currents, $I > 10 \text{ A}$, and leads to high overvoltages.

Furthermore, the star-point-treatment of the network influences the height of the overvoltages. All of the above mentioned cases can be investigated and statistically evaluated in single pole equivalent –circuits, as well as in three-pole circuits with the breaker-model.

6 Example

Figure 3 shows the single phase circuit that we examined. A generator supplies a low voltage-network via a transformer. The generator is connected over cable C1 to a substation with vacuum switches, and cable C2 connects these stations to the transformer. The vacuum-breakers used should interrupt the inductive load current. Figure 4 shows a current-interruption, which in phase S, dependent upon the small arcing-time, leads to multiple reignitions. Figures 5 to 8 show the voltage characteristics of the generator, vacuum breaker, transformer and load. For a better overview

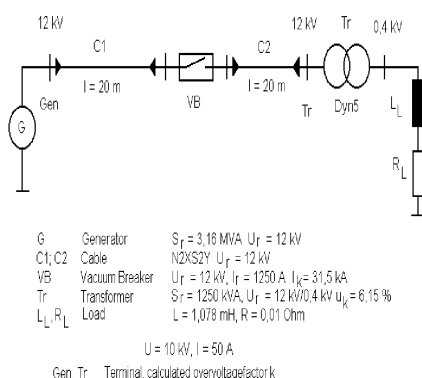


Fig. 3 Examined circuit

in order to permit the critical arc extinguishing range with different arcing-times to switch. For this calculated example, the frequency of the overvoltage factors can be read from Figure 9 at the generator and transformer (HV-side). It can be seen that varied operating times in the range of -2 to $+2$ ms around the natural current-zero combined with a total number of 30 switch operations can result in dangerous overvoltages. Thus, a clear need to protect the circuit for the overvoltages arises. You can see in Figure 8 that the overvoltage, which, through the capacitive coupling of the transformer windings [13] on the

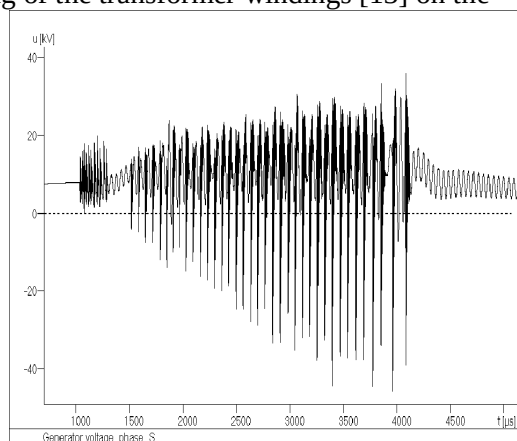


Fig. 5 Generator voltage, phase S

only the voltage of phase S is shown here, during the time in which multiple reignition appears. Whether or not multiple reignitions appear also depends upon the arcing-time of the vacuum breaker.

Since the current chopping usually takes place near the current-zero, you can usually expect short arcing-times because of the good arc extinguishing properties of the vacuum-breaker, which then lead to multiple reignitions. In order to reach a clearer conclusion on the degree of the overvoltage, it is, therefore, useful in the simulation to switch the statistics of the breaker,

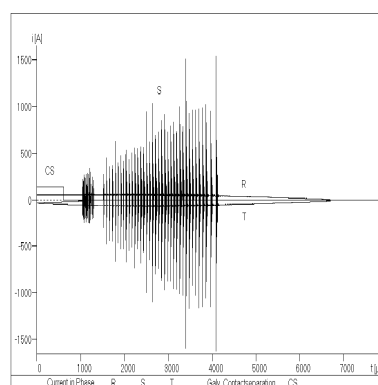


Fig. 4 Breaker current, all phases

low voltage side, is also considerable. This overvoltage must be avoided through preventive measures on the high voltage side.

We have introduced a model for the vacuum-breaker in EMTP-ATP which makes it possible to simulate the process of multiple reignitions while taking statistical effects into consideration. This model can be adjusted to variable breaker-qualities. Furthermore, the possibility exists to steer the arcing-time statistically in order to reach a certain conclusion on the degree of possible overvoltages.

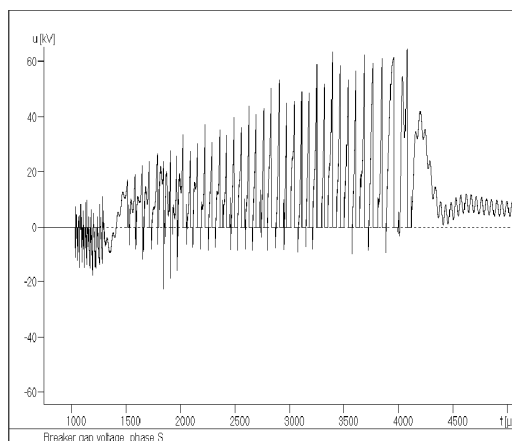


Fig. 6 Breaker gap voltage, phase S

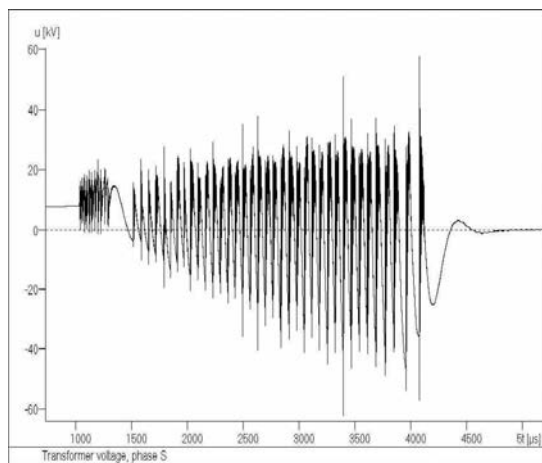


Fig. 7 Transformer voltage, phase S

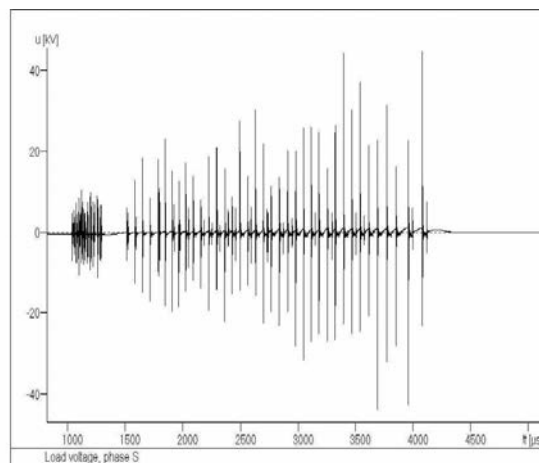


Fig. 8 Load voltage, phase S

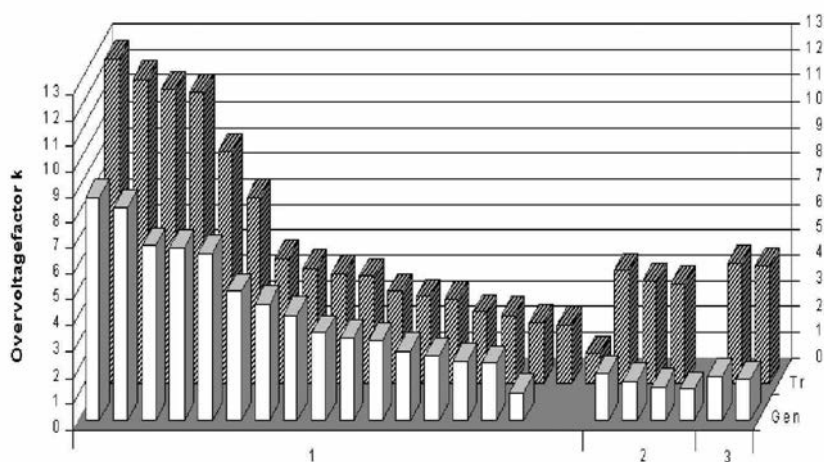


Fig. 9 Generator and transformer overvoltage factors k

References

- [1] Reininghaus, U.: *Schaltverhalten unterschiedlicher Kontaktwerkstoffe im Vakuum*, Dissertation TU Braunschweig, 1983
- [2] Lindmayer, M., Schiweck, L.: *Vakuum-schalterentwicklung und damit verbundene Werkstofffragen*, ETG - Fachtagung, VDE Fachberichte 20 (1986) S. 89 - 97
- [3] Schmidt, H.: *Über das Isoliervermögen von Vakuumschaltstrecken mit unterschiedlich vorbeanspruchten Kupfer - Chrom - Kontaktstücken*, Dissertation TH Darmstadt, 1987
- [4] Czarnecki, L.: *Einfluß des Kontaktwerkstoffes auf den Stromabriß und Löschung des Vakuumbogens*, Dissertation TU Braunschweig, 1988
- [5] Heyn, D.; Lindmayer, M.; Wilkening, E.-D.: *Effect of contact material on the extinction of vacuum arcs under line frequency and high frequency conditions*, 15th Int. Conf. on Electrical Contacts (36th IEEE - Holm.- Conf.), Montreal 1990
- [6] Luxa, A.: *Meßtechnische und rechnerische Untersuchung von multiplen*

Wiederzündungen beim Schalten von Motoren, Dissertation TU Berlin 1987

- [7] Carnecki, L.; Lindmayer, M.: *Measurement and statistical Simulation of Virtual Current Chopping in Vacuum Switches*, 11th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, Berlin 1984
- [8] Helmer, J.: *Hochfrequente Vorgänge zwischen Vakuum - Schaltstrecken und dreiphasigen Kreisen*, Dissertation TU Braunschweig 1996
- [9] Smeets, R.P.P.: *Low Current Behaviour and Current Chopping of Vacuum Arcs*, Dissertation TU Eindhoven 1987
- [10] Smeets, R.P.P.: *Essential Parameters of Vacuum Interrupter and Circuit related to Occurrence of Virtual Current Chopping in Motor Circuits*, International Symposium on Power and Energy, Sapporo, Japan, 1993
- [11] Hill, G.W.; Davis, A.W.: *Generalized Asymptotic Expansions of Cornish Fisher Type*, The Annals of Mathematical Statistics, 1968, Vol. 39, No.4, pp.1264 - 1273

[12]Strecok, A.J.: *On the Calculation of the Inverse of the Error Funktion*, Math. of Computation 22, 1968, pp. 144 - 158
 [13]Langhammer, G.: *Überspannungsentwicklung beim Abschalten induktiv belasteter Drehstromtransformatoren*, Dissertation TU München 1986

[14]Helmer, J.; Lindmayer, M.: *Spannungsverläufe beim Abschalten eines leerlaufenden Transformers mittels Vakuumleistungsschalters*, ELEKTRIE, Berlin 52 (1998) 3 - 6, S. 91
 [15]CIGRE working group 13.02: Interruption of small inductive currents, December 1995

9 Formula-signs

I_k	Short-current	kA
i_{ch}	chopping current	A
i	peak-value of the current to be relaxed	A
i_{LF}	low frequency current	A
i_{HF}	high frequency current	A
u	instantaneous voltage	V
U_o	Constant voltage	V
t_{cs}	Time of the galvanic contact separation	s
t_{ch}	Time of the current chopping	s
f	Frequency	Hz
a	Constant	kV/mm
s	Contact-distance	mm
a	Parameters	s
p	Parameters	1
$\text{inverf}(x)$	inverse error-function	1

ГОРНОЕ ДЕЛО

УДК 622.002.5

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ТРАНСМИССИИ ГЕОХОДА

Аксенов В.В.

*Институт угля и углехимии СО РАН, Кемерово**Ефременков А.Б., Бегляков В.Ю., Блащук М.Ю., Тимофеев В.Ю., Сапожкова А.В.**Юргинский технологический институт Томского политехнического университета, Юрга*

В работе рассмотрены особенности работы трансмиссии нового класса горнопроходческой техники – геоходов. Определены основные требования к трансмиссии геохода. Рассмотрены варианты технических решений трансмиссий геоходов.

Сооружение капитальных подземных выработок горнодобывающих предприятий, городских коллекторных магистралей и перегонных тоннелей метро представляет трудоемкий и дорогостоящий процесс. Задачи повышения скорости проходки, производительности труда, снижения себестоимости работ, вопросы безопасности стояли всегда, но особенно они обострились в условиях перехода к рыночным отношениям.

Существующие технологии проведения горных выработок, рассматривая проходку как процесс создания полости в подземном пространстве, развиваются по пути увеличения мощности и металлоёмкости оборудования, что вызывает ухудшение маневренности и ограничение области их применения, главным образом, горизонтальными выработками. Помимо этого, традиционное проходческое оборудование, представленное в основном проходческими комбайнами со стреловидными или роторными исполнительными органами и проходческими щитами имеет ряд очевидных недостатков:

- ограничение по пространственному положению проводимых выработок;
- сложность создания достаточных тяговых и напорных усилий на исполнительном органе для разрушения крепких горных пород (попытки обеспечить такие усилия за счет увеличения массы проходческих комбайнов, которая уже превышает 80 т, полностью не решают этой проблемы);
- невозможность полностью обеспечить безопасность ведения горных работ в призабойной зоне;
- ограничение доступа в призабойную зону для обслуживания горной машины.

Перемещение таких проходческих аппаратов осуществляется с помощью внешних движителей – гусеничных, колесных, колесно-рельсовых или распорно-шагающих. Для создания тягового и напорного усилия на исполнительном органе практически не задействуется сама внешняя геосреда, а использу-

ется только твердая поверхность на контакте гео- и воздушной сред, т.е. либо почва выработки (при комбайновом способе проходки), либо поверхность постоянной крепи (при щитовом способе проходки).

На основании проведенных исследований [1, 2] был предложен совершенно иной, отличный от традиционного инновационный подход [3] к процессу проведения горных выработок – изначально проходку выработок необходимо рассматривать как процесс движения твердого тела (проходческого оборудования) в твердой среде и только потом, как процесс образования полости в массиве горных пород. При этом приконтурный массив пород должен использоваться как опорный элемент, воспринимающий реактивные усилия от горнопроходческого оборудования при выполнении им основных технологических операций. Такой принцип функционального совмещения основного движения (подачи на забой) и процесса резания горных пород дал название геовинчестерной технологии (ГВТ) проведения горных выработок.

Геовинчестерная технология – процесс механизированного проведения горных выработок с формированием и использованием системы законтурных винтовых и продольных каналов, по этим каналам как в соединении винт-гайка геоход как бы ввинчивается в окружающий его горный массив. При этом операции отделения горной массы от поверхности забоя и уборки, крепления выработанного пространства, а также перемещения всей проходческой системы на забой осуществляются в совмещенном режиме.

Применение в будущем данной технологии, возможно совершенно для различных целей [2]:

- проходка горных выработок различного пространственного расположения (в том числе возможно создание агрегата для проходки выработок при проведении спасательных работ в чрезвычайных ситуациях на горнодобывающих предприятиях);

- сооружение подземных транспортных магистралей (метрополитена, железнодорожного транспорта и автотранспорта);
- сооружение подземных хранилищ различного назначения;
- проведение аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий техногенных катастроф;
- подземная прокладка трубопроводов при преодолении естественных и искусственных препятствий и др.

Базовым средством геовинчестерной технологии является щитовой проходческий агрегат – геоход [2].

Геоход – это аппарат, движущийся в подземном пространстве с использованием геосреды. Геоходы представляют собой новый класс горнопроходческой техники.

При создании геохода в конце прошлого века группой ученых и инженеров были проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, в ходе которых была разработана методика расчета силовых параметров привода геохода, а также математическая модель, в первом приближении, описывающая взаимодействия геохода с окружающей его геосредой. В результате были созданы экспериментальные образцы геоходов ЭЛАНГ-3 и ЭЛАНГ-4, а геоход ЭЛАНГ-3 прошел натурные испытания, что доказало принципиальную возможность нового способа перемещения с использованием самой геосреды.

Было достигнуто:

- снижение металлоемкости проходческого агрегата по сравнению с проходческими щитами того же диаметра;
 - снижение энергопотребления при проходке;
 - возможность проведения горных выработок в сложных горно-геологических условиях;
- Как и в любом движущемся агрегате, в геоходе для обеспечения требуемого усилия на внешнем двигателе требуется устройство для преобразования энергии от силовой установки и передачи его на внешний движитель – трансмиссия. Перемещение большинства машин, использующих опорное движение, происходит с применением трансмиссии. Для проходческого комбайна это коробка скоростей гусеничного привода, а для проходческого щита – распорные устройства.

Следует отметить, что данные приводы и трансмиссии, изначально были разработаны для машин и агрегатов, выполняющих различные строительные и землеройные работы на поверхности, т.е. предназначены для

работы на поверхности контакта твердой и воздушной сред.

Особенностями геоходов являются:

- сам принцип действия;
- возможность работы при любых углах наклона относительно горизонта;
- функционально-компоновочная схема, т.е. единая база для головной и стабилизирующей секции.

Для движения геоход использует непосредственно саму геосреду. Основная нагрузка при создании усилия тяги и напорных усилий на исполнительном органе приходится на трансмиссию проходческого агрегата. Так как именно трансмиссией определяются достижимые силовые параметры геохода и скорость продвижения в геосреде, то особое значение приобретают вопросы, связанные с разработкой конструкции трансмиссии геохода и определением ее технико-эксплуатационных параметров.

В экспериментальных образцах геоходов ЭЛАНГ роль трансмиссии выполняли гидроцилиндры (рис. 1), расположенные по хордам окружности. Такое решение даёт ряд преимуществ:

- создается большой крутящий момент при включении гидроцилиндров перемещения для вращения головной секции;
- не загромождается призабойное пространство;
- отсутствует необходимость в упоре в ранее возведенную постоянную крепь.

Однако у данного привода есть и недостатки, к основным из которых можно отнести:

- сложность синхронизации действия всех гидроцилиндров;
- цикличность продвижения геохода;
- закрутка рукавов высокого давления в процессе вращения головной секции;
- возможность перекоса штока и поршня в цилиндре вследствие продвижения вперед головной секции.

Приведенные недостатки обуславливают необходимость создания адаптивной трансмиссии способной развивать достаточные усилия, обеспечивающие непрерывность движения геохода.

При рассмотрении возможных вариантов трансмиссий геохода необходимо определить граничные условия применения того или иного вида трансмиссии и технические требования к самой трансмиссии, исходя из которых, формируются варианты технических решений всего привода и компоновочных решений геохода.



Рис. 1. Расположение гидроцилиндров трансмиссии в геоходе ЭЛАНГ-3

Граничные условия применения формируются на основании силовых и прочностных характеристик и показателей надежности того или иного вида привода. Также имеют значения габаритные размеры применяемого привода, в виду ограниченного пространства выработки и размеров агрегата, а также, необходимости размещения внутри геохода другого оборудования, передачи движения к исполнительным органам, транспортировки горной массы.

Требования к трансмиссии формируются на основании технических параметров рассматриваемого агрегата, а также на основании особенностей внешней среды и технологии проведения горной выработки. На данный момент выработаны основные требования к трансмиссии геохода. Трансмиссия должна:

- передавать значительный по величине вращательный момент от энергосиловой установки к внешнему движителю;
- обеспечивать достаточную производительность при любом пространственном расположении геохода;
- обеспечивать крутящий момент достаточный для отделения горной породы исполнительным органом (напорное усилие);
- обеспечивать крутящий момент на движителе достаточный для продвижения головной и стабилизирующей секций геохода;

- размеры и расположение трансмиссии и привода должны оставлять достаточно свободного пространства внутри агрегата для удаления отделенной породы;

- обеспечивать непрерывное перемещение агрегата на забой;

- трансмиссия и привод должны обеспечивать маневренность геохода на трассе выработки и реверс его движения;

- трансмиссия и привод должны быть смонтированы на единой конструктивной базе геохода.

Литература

1. Винтоповоротные проходческие агрегаты / А.Ф. Эллер, В.Ф. Горбунов, В.В. Аксенов. – Новосибирск: ВО «Наука». 1992. – 192 с.
2. Аксенов В.В. Геовинчестерная технология проведения горных выработок. – Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2004, 264 с., с ил.
3. Геовинчестерная технология и геоходы - инновационный подход к освоению подземного пространства // В.В. Аксенов, А.Б. Ефременков. «Эксперт-Техника». – 2008. – №1. С. 18-22
4. Структурная матрица геоходов В.В. Аксенов, В.Ю. Садовец. «Служение делу»: – Кемерово, - 2006. – С.90–99.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ НА ПРОЧНОСТЬ ГОРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Бурков П.В., Бурков В.П.

Юргинский технологический институт Томского политехнического университета, Юрга

Горный инструмент предназначен для оснащения исполнительных органов проходческих и очистных комбайнов. Его стойкость – актуальная проблема. От стойкости горного инструмента в значительной степени зависит производительность горных машин, качество и себестоимость продукции. Актуальность

проблемы стойкости горного инструмента возрастает вместе со стремлением увеличить скорость резания и подачу комбайнов. Повышенные скорости резания вызывают непропорциональное увеличение износа из-за того, что при скоростях более 1,5 м/с превышаются критические температуры, опреде-

ляющие падение прочности вставки из твердого сплава на основе тугоплавких и высокотвердых химических соединений и связующего материала, и поэтому происходит стремительное снижение износостойкости.

В результате исследований отработанных поворотных резцов разных типоразмеров было установлено, что большему износу подвержены головка резца и вставка из твердого сплава на основе тугоплавких и высокотвердых химических соединений и связующего материала. [1, 2]

Твердые сплавы производятся методами порошковой металлургии – спеканием смесей высокодисперсных частиц химических соединений с порошком металлической связки. Технология порошковой металлургии практически доведена до совершенства, но все твердые сплавы имеют один и тот же недостаток – наличие остаточной микропористости (концентраторов внутренних напряжений и центров зарождения хрупких трещин, ограничивающих возможности повышения эксплуатационных характеристик инструмента, зависящие как от режима спекания так и от характеристик спекаемых материалов.

В свою очередь свойства спеченных твердых сплавов определяются не только их

составом и микроструктурой, но и особенностями внутренней структуры компонентов твердых сплавов (субмикроструктурой). При этом свойства спеченных сплавов в значительной степени определяются характеристиками исходного сырья и промежуточных продуктов твердосплавного производства, которые изменяются в зависимости от технологических параметров.

Известно большое количество исследований, посвященных выяснению влияния характеристик исходных порошков и последующих технологических операций на дисперсность полуфабрикатов и структуру и свойства твердых сплавов.

Наиболее детальные исследования изменений тонкой структуры порошков WO_3 , W, WC, WC – фазы в сплаве на всех стадиях технологического процесса приведены в работах [3]. На рис. 1 представлены результаты изучения интегральной ширины рентгеновских линий для образцов порошков, отобранных на всех стадиях изготовления твердого сплава, а также после использования (извлечены твердосплавные вставки из отработанного горного инструмента).

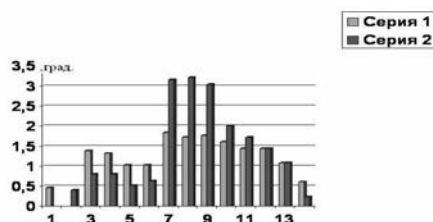


Рис. 1 – Изменение ширины рентгеновских линий порошков WO_3 , W, WC и WC-фазы сплава на разных стадиях технологического процесса: а-низкотемпературная серия, б-высокотемпературная серия;

1 – WO_3 исходный, 2 – WO_3 прокаленный, 3 – W после восстановления, 4 – W после смешения углеродом, 5 – WC спек., 6 – WC после дробления, 7 – WC после размолва с Co до просева, 8 – то же после просева, 9 – WC-фаза в спрессованных образцах, 10 – WC-фаза в образцах после предварительного спекания, 11 – то же после предварительного спекания после удаления Co, 12 – WC-фаза в сплаве после окончательного спекания до удаления Co, 13 – то же после удаления Co, 14 – после эксплуатации

Первую серию образцов порошков (низкотемпературную) готовили по обычным режимам, принятым в производстве вольфрамо-кобальтовых сплавов. Вторая серия отличалась значительно более высокими температурами получения вольфрама и карбида вольфрама. Из графика видно, что исходные образцы порошков и промежуточные материалы, участвующие в производстве сплавов по низко- и высокотемпературной технологии, отличаются шириной рентгеновских линий. Порошки WO_3 , W (после восстановления и после смешения с углеродом), WC (спек

после карбидизации и порошок после сухого размолва) высокотемпературной серии имеют значительно более узкие линии, чем соответствующие порошки низкотемпературной серии. Это подтверждает выводы [4, 5] о том, что применение высоких температур восстановления и карбидизации способствует получению порошков вольфрама и карбида вольфрама с более совершенной кристаллической структурой.

При карбидизации порошков вольфрама низкотемпературной серии размеры блоков мозаики сохраняются практически без

изменения и структура карбида вольфрама характеризуется наличием значительных микроискажений.

В высокотемпературной серии при карбидизации происходит интенсивный рост блоков, и микроискажения в кристаллической решетке WC практически отсутствуют. Высокотемпературные порошки W и WC более крупнозернистые.

Размол существенно изменяет дисперсность и структурные характеристики порошков карбида вольфрама. Ширина рентге-

новских линий резко возрастает, особенно у высокотемпературных порошков

Следует отметить, что измельчение блоков мозаики и деформация кристаллической решетки протекают более интенсивно в высокотемпературном WC, в результате чего порошки WC, полученные по высокотемпературной технологии, после размола приобретают более дефектную структуру: при одинаковом размере блоков искажения в решетке больше, чем в низкотемпературном WC.

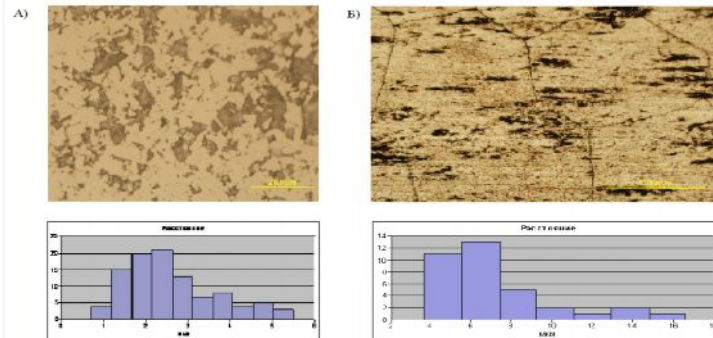


Рис. 2 – Микроструктура сплава и распределение карбидных зерен по размерам, полученные с образцов (А – низкотемпературной серии, Б – высокотемпературной серии) после эксплуатации

При спекании сплавов ширина линии (1122) WC-фазы уменьшается, что свидетельствует о росте совершенства кристаллической структуры этой фазы при воздействии температуры, причем значительное сужение заметно уже при предварительном низкотемпературном спекании. Наиболее интенсивна этот процесс протекает в высокотемпературных сплавах, в результате чего резкое различие в дефектности структуры порошков WC, наблюдаемое после размола, значительно уменьшается. Однако, если на стадии предварительного спекания различие в структуре WC-фазы в сплавах, изготовленных по разным вариантам, еще сохраняется, то в результате окончательного спекания оно практически нивелируется. При этом ширина линий WC-фазы в "низкотемпературном" сплаве становится близкой к ширине линий порошка WC до размола. По данным гармонического анализа, размеры блоков и микродеформации решетки в низкотемпературном порошке WC и в WC-фазе в сплаве, изготовленном по низкотемпературной технологии, имеют близкие значения.

Таким образом, особенности кристаллического строения промежуточных фаз, формирующиеся на каждой стадии технологического процесса, оказывают влияние на поведение порошков на последующих стади-

ях. Различия в дефектности структуры порошков после размола обуславливают, по-видимому, разный характер процесса спекания и особенности формирования микроструктуры сплавов и, соответственно, различие в их свойствах. В частности, отмечено влияние предыстории изготовления спеченных сплавов WC-Co на их микроструктуру — распределение зерен по размеру и стереологические характеристики. Следовательно, предложенная методическая основа позволяет по-новому подойти к решению проблем связанных с разработкой и применением эффективных технологических решений по обеспечению конструкционной прочности и долговечности твердосплавных вставок горного инструмента. В то же время, с целью сохранения уникальных свойств материала, вопросы управления структурообразованием и регулирования свойств твердых сплавов, как на стадии получения порошков, так и при всех последующих стадиях технологического процесса, посредством использования явлений наследственности и самоорганизации структуры материалов, требуют своего развития.

В целом можно констатировать, что рассматриваемый круг проблем, связанных с получением твердых сплавов, улучшением их свойств и расширением области их при-

менения, может быть решен только путем проведения комплекса исследований охватывающих всю цепочку: технологические процессы изготовления – структура – свойства – эксплуатационные качества. В первую очередь, необходимо изучение процессов фазообразования и структурообразования исходного сырья, процессов формирования структуры и фазового состава на всех стадиях технологического процесса изготовления. Исследования структуры и свойств твердого сплава целесообразно проводить в многоуровневой постановке, а оценку эксплуатационных качеств образцов и деталей при различных видах нагружения осуществлять с использованием критериев конструктивной прочности. В свою очередь, результаты этих исследований позволят научно обосновать технологические решения по созданию твердых сплавов с требуемыми (необходимыми) свойствами. Методология исследования и последовательность этапов разработки технологии получения твердых сплавов с заданными физико-механическими и служебными свойствами основывается на физическом подходе, сориентированном на структурные исследования твердых сплавов с учётом

структурной чувствительности на всех стадиях разработки технологии.

Литература

1. Боярских Г.А., Регламентация конструкторской прочности с учетом технологической и эксплуатационной наследственности бурового твердосплавного инструмента/ Г.А. Боярских, И.Г. Боярских// Горное оборудование и электромеханика - №7 – 2008. – с.47-51
2. Хорешок, А. А. Факторы, влияющие на износ горных резцов/ А. А. Хорешок, А. Ю. Борисов // Вестник КузГТУ. – Кемерово. – 2002. - № 3. – С. 34-36
3. Рентгенография твердых сплавов/ Горбачева Т.Б. М.: Металлургия, 1985. – 103 с.
4. Борисова Н.В., Новикова М.Б., Третьяков В.И. – Цветные металлы, 1975, №4, №7
5. Андриевский Р.А., Коган В.Б., Дьяков В.К. – Порошковая металлургия, 1979, №10

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАДНЕГО ОПОРНОГО УСТРОЙСТВА ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА КСП-22

Бурков П.В., Бурков В.П., Тимофеев В.Ю.

Юргинский технологический институт Томского политехнического университета, Юрга

Проходческий комбайн КСП-22 производства ООО «Юргинский машиностроительный завод» предназначен для механизации проведения подготовительных горных выработок с максимальным сечением 22 м². Комбайн КСП-22 комбинированная машина, механизировавшая операции по отделению от массива полезного ископаемого или породы и погрузке его на транспортные средства при проведении подготовительных горных выработок.

Данный комбайн имеет следующие характерные особенности:

- телескопический исполнительный орган с замкнутым контуром клиновых направляющих обеспечивает возможность забуривания режущей коронки в породу без перемещения машины;

- питателю придана функция передней опоры и в сочетании с задними опорами это обеспечивает достаточную устойчивость машины при резании пород;

- независимый привод ходовых тележек придает комбайну высокую маневренность;

- возможность установки механизма автоматического натяжения цепи скребкового конвейера для компенсации ее износа в процессе работы и провисания при повороте приводной секции конвейера.

Общий вид комбайна представлен на рис. 1. При расположении электродвигателя и редуктора исполнительного органа на самой стреле реализуется раздвижность стрелы, за счет этого осуществляется зарубка коронки в массив, а не подачей всего комбайна на забой, что повышает его устойчивость в работе. Кроме того, подача комбайна на забой для выполнения следующего цикла выемки приближает переднюю кромку питателя к забою, чем обеспечивается более полная уборка отбитой горной массы. Типом ходового устройства для передвижения проходческого комбайна со стреловидным исполни-

тельным органом является гусеничный механизм, позволяющий оперативно и быстро переставлять комбайн на новую позицию, а также выводить его из пройденной выработки и перегонять в новый забой.

Принцип действия опорного устройства состоит в следующем: при выдвижении штока гидроцилиндров рычаги (опоры) опускаются и, упираясь в почву штрека, поднимают комбайн, разгружая ходовые тележки. В ходе эксплуатации данной конструкции были выявлены существенный недостаток – это малый размер опорной базы комбайна, что существенно уменьшает устойчивость самого комбайна. Кроме того, плоская опорная часть плохо приспособляется к неровностям почвы штрека. Для этого, прежде всего, необходимо увеличить опорную базу комбайна, т.е. площадь, охватываемую опорным устройством.

При номинальных нагрузках комбайн устойчив, но так как будет производиться упрощенный расчет, т.е. без учета неровности почвы и без учета наличия твердых включений, а в таких условиях запас устойчивости комбайна резко падает, поэтому при максимальных нагрузках комбайн с опорой базовой конструкции не будет обладать достаточной устойчивостью. А из-за недостаточной устойчивости увеличивается вибрационная нагрузка на комбайн. Также известно, что поперечная вибрационная нагрузка передается на стыковочные узлы задний опор, что создает большие напряжения в местах сопряжения деталей (кронштейнов, осей и про-

ушин опор) и с течением времени, как показывает практика, это ведет к увеличению люфтов, разбалтыванию конструкции, выработке металла на деталях и узлах в местах сопряжений. Поэтому важно обеспечить необходимую устойчивость комбайна при любых условиях его работы.

Для решения поставленной задачи было предложено следующее конструкторское решение: рычаги–опоры устанавливать отдельно. За счет такого расположения опорного устройства ребро опрокидывания отдалится от центра масс комбайна. В связи с этим необходимо изменить конструкцию задней рамы комбайна, которая будет отличаться от базовой конструкции расположением кронштейнов, устанавливаемых под углом относительно друг друга. Предполагаемые преимущества заключаются в следующем: за счет повышения устойчивости комбайна снизятся ударные и вибрационные нагрузки на его узлы и детали, увеличится надежность и долговечность машины.

Как известно [1-3] наибольший опрокидывающий момент для комбайна, будет при поднятом максимально вверх (для КСП-22 на угол равен 39°) и повернутом максимально вправо или влево (для КСП-22 на угол 30°), в зависимости от направления вращения коронки, исполнительном органе. Стрела исполнительного органа, упираясь коронкой в пласт угля, начинает обратное движение к продольной оси комбайна. При этом опрокидывающий момент будет возникать от сил реакции пласта угля. Расчетная схема представлена на рис. 1.

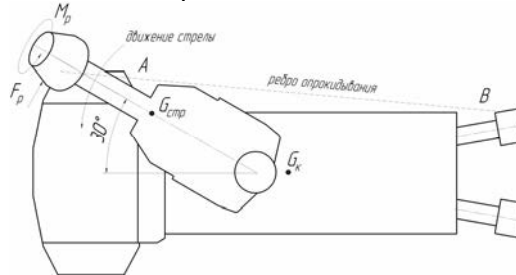


Рис. 1 – Схема комбайна (вид сверху) с приложенными силами

G_k – сила тяжести комбайна, приложенная к центру его масс ($G_k=23,2$ т), $G_{стр}$ – сила тяжести стрелы исполнительного органа, приложенная к ее центру масс ($G_{стр}=5,2$ т); F_p – сила реакции пласта угля, равная боковому усилию подачи исполнительного органа $F_{исп.орг.}$ и противоположная по направлению; M_p – момент реакции пласта угля, равный крутящему моменту сил резания $M_{исп.орг.}$ и противоположный по направлению; АВ – ребро опрокидывания, оно проходит через крайние точки упора в землю питателя и задних опор, м.

Для расчета комбайна на устойчивость необходимо знать крутящий момент на исполнительном органе режущей коронки и боковое усилие подачи на исполнительном органе.

Из характеристик комбайна

$N_{эл.дв.}=75000$ Вт, $\omega=157$ рад/с. $M_{эл.дв.}=477,71$ Н·м, тогда крутящий момент на исполнительном органе при КПД передачи равном 1 $M_{исп.орг.}=13,78$ кН·м. Исполнительный орган комбайна представлен на(рис. 3). Два цилиндра Ц служат для поворота стрелы вокруг оси

О₁. В нашем случае необходимо определить боковое усилие подачи на исполнительном органе, для этого определим силу, с которой гидроцилиндр Ц давит на ось О, разворачивая при этом поворотную станину исполнительного органа вокруг оси О₁.

Сила, с которой шток выдвигается из гидроцилиндра составляет $F_{ц}=281,3$ кН (исходя из характеристик гидроцилиндра). Сила $F_{ц}$ раскладывается на две составляющие это силу F_1 – это касательная сила, приложенная к оси О с центром вращения в точке О₁, и силу F_2 – это сила, направленная по линии (радиусу), соединяющую центры О и О₁. Для расчета вращающего момента, создаваемого силой $F_{ц}$, будем учитывать только силу F_1 , так как сила F_2 момента не создает, F_1 составляет 271,7 кН. Вращающий момент M_{F1} , создаваемый силой F_1 – $M_{F1}=168,5$ кН.

Зная момент M_{F1} , вращающий стрелу исполнительного органа, определяем силу $F_{исп.орг.}$, создаваемую этим моментом на режущей коронке исполнительного органа, L – проекция на горизонт расстояния (плеча) оси О₁ до режущей коронки, $L=3,755$ м. Расчетное значение $F_{исп.орг.}=44,87$ кН.

где M_{pAB} – проекция реакции пластов угля от вектор–момента сил резания в режущей коронке на ребро АВ, M_{pAB} равна проекции $M_{исп.орг.}$ на ребро АВ и противоположна по направлению;

F_{pAB} – проекция реакции пласта угля от бокового усилия подачи исполнительного органа на ребро АВ, F_{pAB} равна проекции $F_{исп.орг.}$ на ребро АВ и противоположна по направлению;

H – плечо силы F_{pAB} относительно ребра АВ (подошвы выработки), $H=3,884$ м (рис. 5).

В данном случае $F_{pAB} \cdot H$ будет моментом силы F_{pAB} относительно ребра АВ (опро-
 $M_{pAB} = M_{исп.орг.} \cdot \cos 39^\circ \cdot \cos(30^\circ - 7^\circ)$

По формуле (3) определяем суммарный опрокидывающий момент $M_{опр}=172,59$ кН·м. Отсюда определяем коэффициент устойчивости комбайна по формуле (1):

$$K_y = \frac{282,7}{172,59} = 1,638$$

Таким образом, коэффициент запаса устойчивости проходческого комбайна КСП-22 с опорой базовой конструкции получился равным 1,638.

Определим запас устойчивости проходческого комбайна с опорами предлагае-

$$F_{pAB} = F_{исп.орг.} \cdot \cos(30^\circ - 5^\circ)$$

где угол 5° – это угол ребра опрокидывания АВ относительно продольной оси комбайна (численно равен $F_{pAB}=40,62$ кН. Момент силы F_{pAB} относительно ребра АВ равен 157,76 кН·м

Для определения количественных параметров усовершенствования сравним запасы устойчивости проходческого комбайна с опорой базовой конструкции и с опорами предлагаемой конструкции.

Расчет запаса устойчивости проходческого комбайна с опорой базовой (П-образной) конструкции показал что силами, удерживающими комбайн от опрокидывания, в рассматриваемом случае являются силы тяжести стрелы и корпуса, создающие относительно ребра АВ удерживающий момент, уравнение равновесия для которых:

$$M_{уд.} = G_k \cdot l + G_{стр} \cdot l_1 \quad (2)$$

Момент удерживающих сил равен $M_{уд.}=282,7$ кН·м. Силами, опрокидывающими комбайн относительно ребра АВ, в рассматриваемом случае являются момент реакции пласта угля от сил резания, действующих на режущую коронку и сила реакции пласта угля от бокового усилия подачи исполнительного органа.

Уравнение равновесия для определения опрокидывающего момента:

$$M_{опр} = M_{pAB} + F_{pAB} \cdot H \quad (3)$$

кидывающий момент от бокового усилия подачи исполнительного органа).

Момент силы F_{pAB} определим из выражения:

$$F_{pAB} = F_{исп.орг.} \cdot \cos(30^\circ - 7^\circ)$$

где 7° – это угол ребра опрокидывания АВ относительно продольной оси комбайна. Численное значение $F_{pAB}=41,33$ кН, а $M_{опр}=162,7$ кН·м.

Вектор–момент сил резания направлен перпендикулярно оси стрелы.

Проекция вектор–момента сил резания на ребро АВ будет равна:

мой конструкции. Силы, удерживающие комбайн от опрокидывания, определяем по формуле (2), численное значение равно $M_{уд.}=319,3$ кН·м, конструктивно расстояния равны: $l=1,262$ м, $l_1=0,51$ м Момент силы F_{pAB} по формуле:

Величина проекции вектора–момента сил резания M_{pAB} в режущей коронке на ребро АВ равна:

$$M_{pAB} = M_{исп.орг.} \cdot \cos 39^\circ \cdot \cos(30^\circ - 5^\circ) = 9,7 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Суммарный опрокидывающий момент определяем по формуле (3), $M_{опр}=167,46 \text{ кН} \cdot \text{м}$. Отсюда определяем коэффициент устойчивости:

$$K_y = \frac{319,3}{167,46} = 1,907$$

Выводы:

- создана уточненная модель объекта расположения силы относительно ребра исполнительного органа;

- сформирована модель забоя, позволявшая составить структурную схему всей системы во взаимосвязи контуров скорости подачи и привода резания;

- выполненные исследования подтвердили соответствие созданной системы поставленным задачам;

- запас устойчивости проходческого комбайна с опорами предлагаемой конструкции больше, чем запас устойчивости комбайна с опорой базовой конструкции на 0,269, что позволило получить при наложенных ограничениях максимум производительности, повышение надежности и долговечности проходческого комбайна в условиях действия нагрузок, превышающих предельно допустимые.

- предложенная методика расчет устойчивости комбайна возможна для расчета устойчивости для других моделей и модификаций.

Литература

1. Горные машины и комплексы. Топчиев А.В. и др., изд-во «Недра», 1971. 560 стр.
2. Создание тяжелых проходческих комбайнов. // О.Н. Андрюшкин, Ю.А. Дмитрак, П.К. Дундуа, Г.А. Мартыненко. «Горное оборудование и электромеханика». – 2006. – №3. С. 10-11.
3. Машины и оборудование для шахт и рудников: Справочник С.Х. Клорикьян, В.В. Старичнев, М.А. Сребный и др. – 7-е изд., репринтн., с матриц 5-го изд. (1994 г.). – М. - Издательство Московского государственного горного университета, 2002 – 471 с.

УДК 622.03.338.92

О СОСТОЯНИИ И ПЕРСПЕКТИВАХ ДОБЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЕЙ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Мамбетов Ш.А.

Первый вице-президент Ассоциации геологов и горнопромышленников КР

В работе рассматривается современное состояние освоения минерально-сырьевого комплекса и некоторые аспекты перспективы развития Кыргызской Республики.

Минерально-сырьевым комплексом Кыргызской ССР в советский период в основном занимались централизованно, на отраслевой основе. И в разведке и разработке месторождений минерального сырья были ощутимые результаты. Создана солидная минерально-сырьевая база. Республика была крупным поставщиком по некоторым видам минерального сырья на союзный и зарубежный рынок.

В годы суверенитета оба направления минерально-сырьевого комплекса потеряли темпы своего развития. В результате постоянного дефицита средств госбюджета в геологической службе республики произошло крупное сокращение. Выделенные финансовые средства, в основном, были направлены на поисковую и поисково-съемочную работу, а тем более на наиболее важные направления и объекты. Работы по промышленной оценке месторождений прекращены. Это означает свертывание работ по воспроизводству ми-

нерально-сырьевой базы. Идея, что детальную разведку месторождений будут проводить добывающие предприятия или инвестор, нам представляется нежизнеспособной.

В добывающих отраслях глубокий спад производства. Производственные показатели очень низкие.

Нефть. Разведанные запасы нефти составляют 97,4 млн.т, извлекаемые – 12,8 млн.т, газа – 7,1 млрд.куб.м. Добыча нефти в последние годы сократилась до 69,0 тыс.т, газа – до 15,0 млн.куб.м. Республика импортирует 95% углеводородного сырья. Собственное сырье обеспечивает загрузку нефтеперерабатывающего завода в г.Джалал-Абад на 15%, при том, что существующие мощности по переработке нефти и газоконденсата в стране составляют 680,0 тыс.т в год.

Уголь. Разведанные запасы угля составляют 1,3 млрд.т. Геологические запасы и прогнозные ресурсы коксующих углей достигает 260,0 млн.т. Добывается в пределах

300,0 тыс.т в год. Производство угля упало более чем в 10 раз.

Олово и вольфрам. Крупные запасы олова и вольфрама сосредоточены на месторождениях «Трудовое», «Учкошкон», «Кенсу» и составляют в сумме 208,0 тыс.т олова и 128,0 тыс.т вольфрама. На месторождении «Трудовое» составляется проект его промышленного освоения. В 2009 – 2010 гг будет проведено строительство рудника. С 2009 г планируется добыча руды и в 2010 г начало промышленного производства. На месторождении «Кенсу», с учетом проектирования и строительства, начало добычных работ возможно не ранее 2011 г.

Ртуть. Сырьевую базу ртути составляют запасы ртутных и комплексных ртутно-сурьмяно-флюоритовых руд месторождений «Хайдаркан», «Новое», «Чонкой», «Чаувай». Месторождения «Чонкой» и «Чаувай» законсервированы по программе PESAC и восстановление производства на них в ближайшие годы планируется. Месторождение «Новое» и «Хайдаркан» разрабатывается Хайдарканским ртутным комбинатом. Остаток запасов ртути на этих объектах составляет 16,5 тыс.т, сурьмы – 108,0 тыс.т и флюорита – 1071,0 тыс.т. Экономическое положение Хайдарканского ртутного комбината очень сложное, что связано с колебаниями цены на ртуть и низкой рентабельностью производства. В 2007 г добыча ртути составила 332 т, флюоритовых концентратов – 888 т.

Сурьма. Разведанные запасы сурьмы в сурьмяных и комплексных рудах месторождений «Кадамжай», «Терек», «Хайдаркан», «Новое», «Кассан», «Северный Акташ» и «Абшир» составляют в сумме 265,0 тыс.т. Из них ранее разрабатывались месторождения «Кадамжай» и «Терек».

Месторождение «Терек» отработано, и рудник перепрофилирован на добычу и переработку золотых руд. Кадамжайский комбинат приватизирован казахской компанией в 2007 году. Выпуск сурьмяной продукции составил 1,7 тыс.т при мощности комбината 18,0 тыс.т.

Редкие земли. Сырьевую базу редкоземельных элементов составляют разведанные запасы месторождения «Кутессай-II», которое разрабатывалось до 1992 г. С 1995 г месторождение законсервировано. Обогательное производство перепрофилировано на переработку золотых руд, но с 2002 г не работает. Остаток запасов редких земель составляет 51,5 тыс.т.

Уран. Разведанные месторождения урана в республике отработаны. Карабалтинский комбинат приватизирован российской компанией.

Золото. Запасы золота учтены по 25 золотым и комплексным месторождениям. Разрабатываются месторождения «Макмал», «Кумтор».

Подготовлены к промышленному освоению 6 месторождений («Джеруй», «Талдыбулак Левобережный», «Андаш», «Бозымчак», «Иштамберды», «Куру-Тегерек»), по которым составлены проекты на разработку или завершается проектирование. На остальных объектах проводятся геологоразведочные работы.

Строительные материалы. На территории республики разведаны сотни месторождений строительных материалов, горнорудного и химического сырья. На их базе работают 3 цементных завода проектной мощностью 1,0 млн.т в год (Кантский комбинат), 300,0 тыс.т (ОсОО «Технолин») и 70,0 тыс.т (Курментинский завод), десятки кирпичных заводов и карьеров по добыче песчано-гравийной смеси, песков, суглинков и глин, известняков, гипса.

Общие проблемы отрасли связаны в основном с незавершенностью реформ, направленных на повышение эффективности освоения, несовершенством регулятивной базы в сфере недропользования. Некоторые положения действующих законов «О Недрах», «О нефти и газе», «Об угле», «О соглашении по разделу продукции при недропользовании» противоречат друг другу или допускают их двоякое толкование.

Программа развития добывающей отрасли предусматривает реализацию следующих проектов в отрасли на ближайшие годы:

- Разведка подъемных запасов золота на месторождении «Кумтор». Рудник «Кумтор» обеспечен запасами до 2013 г. Своевременная разведка и последующая разработка подземных запасов позволит продлить срок эксплуатации рудника до 2020 г и на последующий период. Добыча золота в 2009-2011 гг составит порядка 19,0 т ежегодно.
- Ввод в эксплуатацию в 2010-2011 гг месторождений золота «Джеруй», «Талдыбулак Левобережный», «Иштамберды», «Андаш», «Бозымчак», «Куру-Тегерек». Разработка этих месторождений позволит увеличить производство золота на 5-6 тонн, а при выходе их на проектную мощность – на 10-12 тонн в год.
- Продолжение отработки месторождений золота «Кумтор», «Макмал»,

- «Солтон-Сары», «Терек», «Терек-кан».
- Разработка олово-вольфрамовых месторождений «Трудовое» и «Кенсу».
- Завершение строительства цементных заводов в г.Кызыл-Кия, Араванском и Наукатском районах Ошской области и начало промышленного производства в 2009 г, с вводом в действие этих заводов планируется увеличение продукции предприятий стройиндустрии до 9,0 млрд.сомов в год.
- Увеличение добычи угля до 1-1,5 млн.тонн, нефти – до 100,0 тыс.т, газа – до 50,0 млн.куб.м.

- Увеличение производства по розливу минеральных вод.
- В перспективе эффективное развитие минерально-сырьевого комплекса в большей степени зависит от государственной политики управления и регулирования недропользованием.

УДК 272.06:622.772

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ – ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО ОСВОЕНИЯ БОГАТСТВ НЕДР

Мамбетов Ш.А., Абдиев А.Р., Орусбаев А.А.

КРСУ им.Б.Н.Ельцина

В работе рассматриваются имеющиеся в распоряжении государства ресурсы земных недр республики и возможности комплексного использования минерального сырья, исходя из многокомпонентности полезных ископаемых месторождений.

This work considers deposits of mineral resources at the state disposal as well as potentials for multipurpose utilization of mineral raw materials in the view of the multicomposition of the deposits.

Минерально-сырьевым комплексом Кыргызской ССР в советский период занимались централизованно, на отраслевой основе. И в разведке и разработке месторождений минерального сырья были ощутимые результаты. К концу 80-х годов прошлого столетия на добывающие предприятия республики приходилось до 100% сурьмы, до 64% ртути, до 80% редкоземельной продукции, до 25% монокристаллического кремния и 15% урана, производимых в СССР.

В годы суверенитета Кыргызской Республики оба направления (разведка, разработка) комплекса потеряли темпы своего развития.

Ресурсы земных недр горной республики многообразны. Первую группу составляют месторождения твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых. Потенциальные возможности разведанных и прогнозных ресурсов значительны и оцениваются в более 60 млрд. долларов США.

В результате некомплексного освоения, на территории республики образовалась вторая группа ресурсов, так называемые техногенные месторождения, заскладированные в 63 отвалах более 500 млн.м³ некондиционные руды и пустые породы.

Третья группа ресурсов – это отходы обогащения и металлургической переработки

– в 44 хвостохранилищах имеются 56 млн. м³ отходов. Они имеют большой ресурсный потенциал. Например: - Отходами заскладированными в хвостохранилищах золоторудного месторождения Кумтор будут являться: - триокись вольфрама - 55,8 тыс. тн.; -телур – 1509,3 тн.; - сера, платина, палладий, скандий – 6,8 млн.тн.

Другой пример: - В рудах Актюз-Боординского рудного поля содержатся 32 химических элемент. С начала Великой Отечественной войны отрабатывали только свинец, а затем попутно извлекались молибден и олово. Остальные химические элементы хранятся в отходах.

Четвертая группа ресурсов – это глубинное тепло Земли. Число месторождений термоминеральных вод более 100, формирование которых происходит в весьма разнообразных условиях (углекислые, сероводородные, йодо-бромные, соленые и рассолы). Современный опыт использования тепловой энергии составляет до 10% от запасов только некоторых типов вод в лечебных целях. Промышленный розлив незначительный и на душу населения приходится менее 5 литров в год (в Венгрии – 99 литров, в Германии – 180 литров).

В целом, минеральное сырье – важная часть ресурсов гор и в распоряжении госу-

дарства имеются значительные богатства недр, на базе которых можно успешно развить добывающие, перерабатывающие и другие предприятия различного профиля.

Сейчас время настоятельно требует, повернуться к вопросам освоения богатств недр республики взяв курс на эколого-экономическое направление. Это осуществимо, если вовлечение минеральных ресурсов республики в народнохозяйственный оборот сегодня и в перспективе будет подчинено концепции рационального и комплексного освоения с максимальной утилизацией всех компонентов ресурса, с широким применением малоотходных и безотходных технологий, минимизируя масштабы загрязнения окружающей среды.

Организация комплексного извлечения и использования минерального сырья стержневая часть концепции и она должна охватить систему замкнутого цикла: раз-

ведка → проектирование → строительство → добыча → переработка → утилизация отходов → окружающая среда → потребление. То есть, проблема комплексного использования полезного ископаемого складывается из вопросов геологического изучения месторождения, технологии горного дела, обогащения, металлургии и наконец, организации производства и экономики. Успех комплексного использования сырья зависит от правильного ведения работ на каждой стадии промышленного освоения месторождения.

В период разведки геологами в достаточной степени детально определяется наличие полезных компонентов в пределах месторождения. Установлено, что месторождения горной системы Тяньшань многокомпонентны (табл. 1). В табл. 1 приведены данные тех месторождений, которые будут разрабатываться в ближайшей перспективе.

Таблица 1

<i>№№ п/п</i>	<i>Месторождения</i>	<i>Главные рудные минералы</i>	<i>Второстепенные минералы, полезные компоненты</i>
1	Джеруй	Золото, висмут, тетрадимит, пирит	Галенит, арсенопирит, серебро, пирротин, сфалерит
2	Талдыбулак левобережный	Золото, пирит, халькопирит	Галенит, арсенопирит, сфалерит, касситерит
3	Трудовое	Олово, вольфрам	
4	Каракече	Бурый уголь	Известняк, глины, гуминовые угли

При добыче полезного ископаемого особенности комплексного использования заключаются главным образом в переработке вскрышных пустых пород (при открытой разработке), пород от проходки подземных выработок, а также в использовании залежей полезных ископаемых, расположенных в непосредственной близости друг от друга или на разных уровнях, что позволяет использовать одни и те же горные выработки для отработки полезного ископаемого и пород. Комплексный характер полезного ископаемого не оказывает особого влияния на технологию и организацию отработки месторождения, если отработка ведется в соответствии с комплексным проектом освоения месторо-

ждения. На обогатительных фабриках вопрос об улучшении комплексного использования решается значительно сложнее. Технология обогащения руд предусматривает получение нескольких различных компонентов, т.е. на обогатительных фабриках планируется проведение специальных мероприятий и операций, направленных на обеспечение комплексного использования содержащихся в сырье полезных компонентов, но далеко не всех.

На металлургическом переделе осуществляется извлечение всех полезных компонентов.

Комплексное освоение техногенных месторождений в условиях Кыргызской Республики является важным резервом интен-

сивного развития ресурсосбережения, повышения малоотходности горно-обогатительного производства, охраны недр, рационального землепользования и защиты окружающей среды.

Один свежий пример: - На только, что начатых участках отработки бурогоугольного месторождения Каракече, появились горы выветрелых масс углей, непригодных для топки, но содержащих в предостаточном количестве гумусовых элементов, которые занимают определенные площади на территории месторождения, где стесненность условий гористого рельефа уже вызывает проблему размещения отвалов пустых пород.

В области рационального и комплексного использования природных ресурсов и охраны недр необходимо обеспечение максимально возможной полноты извлечения запасов угля вследствие проведения следующих мероприятий:

- недопущения общекарьерных и эксплуатационных потерь по площади выемки путем исключения оставления различного рода целиков;

- снижения общекарьерных и эксплуатационных потерь по мощности посредством: исключения приконтактных потерь угля в кровле пласта при вскрышных работах и почве пласта при добычных работах, не допуская при этом разубоживания угля при зачистке кровли и почвы; применения на добычных работах горно-транспортного оборудования, обеспечивающего полноту выемки при колебаниях вынимаемой мощности и изменении гипсометрии пласта; вовлечения в разработку некондиционных пластов или их отдельных участков;

Разработка таких производственных программ и комплексов мер для карьеров месторождения Кара-Кече сейчас в начальной стадии отработки необходим, потому что человек является объединяющим элементом природно-промышленной системы «карьер-окружающая среда», заинтересован в сохранении биосферы как среды своего обитания; в эффективном освоении месторождения как источника удовлетворения своих потребностей; в соблюдении санитарно-гигиенических нормативов на рабочих местах как условия сохранения своего здоровья.

В целом, повышение степени комплексного использования сырья при освоении богатств недр республики позволит улучшить основные технико-экономические показатели добывающей отрасли: понизить удельные капитальные вложения, увеличить

объем товарной продукции, снизить себестоимость основных видов продукции.

На наш взгляд эффективное, комплексное освоение минерально-сырьевых ресурсов недр Кыргызстана и рациональное их использование зависит от осуществления ряда организационно-экономических и научно-технических мер:

- перестройки структуры управления горнодобывающими отраслями промышленности, заложив в основу разделения производственной деятельности от государственного регулирования и контроля за освоением недр;

- создание на уровне правительства органа по охране, рациональному и комплексному использованию недр, возложив на него функции государственного регулирования всей системы недропользования и осуществления контроля на всех этапах пользования недрами;

- целесообразно создание министерства добывающей промышленности, как структуры единого административного управления всей хозяйственной деятельности горнодобывающей отрасли;

- разработки неукоснительного выполнения долгосрочной стратегической государственной программы в области минерального сырья, с учётом многопрофильного характера проблемы и невосполнимостью, не восстанавливаемостью этих ресурсов и замкнутостью системы: разведка-добыча-переработка-использование отходов-окружающая среда и определение поэтапности освоения месторождений тех или иных видов полезных ископаемых;

- условиям высокогорья, учитывающих физико-географические (рельеф, абсолютная высота, сейсмичность, климат) и горно-геологические (форма залегания, тектоника, гидрогеология) особенности.

Литература

1. Минерально-сырьевая база Кыргызской Республики на рубеже перехода к рыночной экономике. – Бишкек., 1998 г., 231 с.
2. Абдыкапаров Ч.М, Абдиев А.Р. Состояние и перспективы освоения бурогоугольного месторождения Каракече. – Москва: Горный журнал №10 – 2002 г., с 16.
3. Научно-технический специализированный журнал «Открытые горные работы» № 2, 2000 г.

4. Нифадьев В.И., Додис Я.М., Мамбетов Ш.А. Кыргызстану нужны новые технологии // Вестник КРСУ, 2003г. Том 3, №1

5. Певзнер М.Е. Горная экология // Москва. Издательство МГТУ, 2003г.
6. Берескевич В.П., Михайлов В.А., Филатов С.С. Аэрология карьеров: Справочник.-М.: Недра, 1990.г.

УДК 622.831.3

ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОРОДНОГО МАССИВА МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ТРУДОВОЕ»

Мамбетов Ш.А., Баканов Н.Б.

КРСУ им.Б.Н.Ельцина

В работе рассматривается оценка геомеханического состояния породного массива месторождения «Трудовое» на основе реконструкции тектонических структур: складок и разрывных нарушений, установленных геологоразведочными работами.

Практика горного дела в условиях высокогорного Тянь-Шаня показывает, что напряженно-деформированное состояние породного массива не в полной мере учитывается как при составлении технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых, так и при решении его отдельных эксплуатационных задач. Это сказывается на технико-экономических показателях проходки и эксплуатации горных выработок, отработки месторождений.

Для безопасной и рациональной разработки месторождений необходимо уже на стадии их проектирования иметь данные по естественному напряженно-деформированному состоянию породного массива. Поэтому геомеханическая оценка породного массива месторождения до проектирования с учетом его структуры и действующих природных сил является актуальной.

Объектом исследований настоящей работы выбрано высокогорное месторождение «Трудовое», где завершена детальная разведка, но еще не начата разработка.

Сарыджазский рудный район соответствует Восточно-Киргизской сводово-

глыбовой металлогенической области, представляющий собой ярко выраженную коллизионную область (рис.1).

С точки зрения объемной модели месторождение представляет собой рудно-магматогенный блок комбинированного многокорневого типа, который ограничивается контурами куполовидного поднятия массива гранитоидов. Площадь месторождения пересечена различно ориентированными разломами, разделяющими его на отдельные тектонические блоки, которым соответствуют рудоносные участки. На площади месторождения выделены три участка – Центральный, Лесистый, Ташкоро и несколько малых – Рыжий, Широкий, Промежуточный. Все участки расположены в зоне высокогорья в пределах высотных отметок 3000 – 4000 м над уровнем моря.

Мощность рудных тел по простиранию и падению не выдержана и изменяется от 0,5 до 6,2 м составляя в среднем по месторождению 1,4 м. Протяженность рудных тел по простиранию колеблется от 92 до 1400 м, а по падению от 30 до 480 м. При этом угол падения рудных тел составляет 60 – 90°.

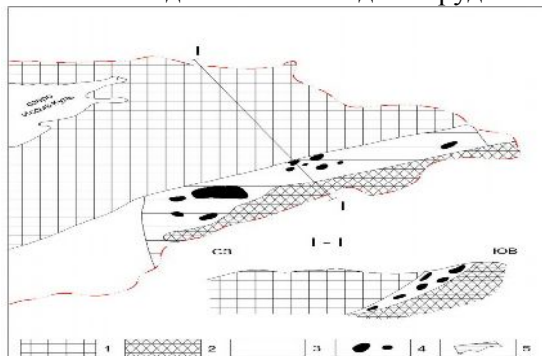


Рис.1. Схема глубинного строения Сарыджазского рудного района: 1 – Киргизско-Казахстанский геоблок; 2 – Таримская плита; 3 – Южно-Тяньшанская герцинская структурно-фациальная область; 4 – Оловоносные граниты; 5 – Сарыджазский оловорудный район.

Рудные тела приурочены к интрузиям гранитов (в лежачем и висячем боках залегают в основном граниты или мраморизован-

ные известняки). Как рудные тела, так и вмещающие породы характеризуются высокой устойчивостью (исключение составляют

места пересечения с тектоническими трещинами, а так же повышенной трещиноватости приповерхностных горизонтов). Крепость руды, вмещающих пород по шкале М.М.Протодяконова колеблется от 8 до 20, объемный вес руды равен $3,0 \text{ т/м}^3$, а вмещающих пород – $2,7 - 2,9 \text{ т/м}^3$.

Месторождение «Трудовое» разделяется штольнями: на участке Центральный – 15 штольневых горизонтов (пройденны в основном через 80 м). На участке Лесистый – 7 геологоразведочных штолен, пройденных в основном через 30 – 60 м и расположенных в интервале 2938 – 3167 м. На участке Ташкоро – 7 штолен, пройденных через 88 – 120 м между горизонтами 3161 – 3774 м.

Геологическая структура месторождения представляет собой совокупность всех складчатых и разрывных элементов, в исторической последовательности влияющих на размещение и локализацию оруденения. Основной складчатой структурой месторождения является Кургакская горст-антиклиналь, представляющая собой пликативную структуру второго порядка.

Основным фактором, определяющим локализацию вольфрам-оловянного орудене-

ния, является разрывная тектоника и трещиноватость.

В формировании разрывных структур на месторождении в исторической последовательности выделяется три основных этапа: дорудный, рудный и пострудный.

Разработанная геодинамическая модель структуры [1] месторождения (рис.2), позволяет выделить последний этап деформирования породного массива и элементы геологических структур, по которым должны реконструироваться современные локальные поля напряжений в пределах месторождения. Формирование структуры месторождения «Трудовое» подразделяется на три основных этапа: дорудный, рудный и пострудный. Каждый этап характеризуется наличием своего локального поля тектонических напряжений. На заключительном 3-м этапе развития геологической структуры главные напряжения в среднем ориентированы:

- максимальные сжимающие напряжения – горизонтально в субмеридиональном направлении;
- минимальные напряжения минимально;
- среднее напряжение – горизонтально в широтном направлении

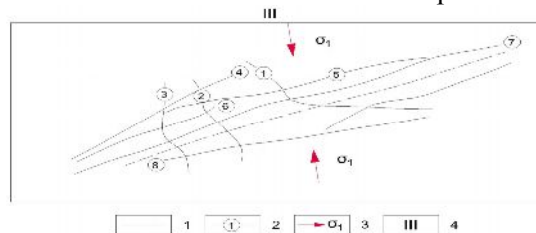


Рис.2. Геодинамическая модель деформирования структуры месторождения «Трудовое»: 1 – ось антиклинальной складки; 2 – разломы: ① - Суходольский; ② - Текесайский; ③ - Северный; ④ - Поперечный; ⑤ - Диагональный; ⑥ - Высокий; ⑦ - Промежуточный; ⑧ - Параллельный; 3 – направление сжимающих сил; 4 – пострудный этап деформирования структуры месторождения

Разработаны критерии прогнозирования современных тектонических напряжений на основе выявленных критериев. Разработан горно-геометрический метод прогнозирования естественного напряженно-деформированного состояния породного массива на основе сформулированного принципа зональной и поэтапной оценки и прогнозирования напряжений в пределах место-

рождения [1]. Составлена прогнозная карта напряженно-деформированного состояния породного массива месторождения Трудовое (рис.3). При этом градиент изменения горизонтальных тектонических напряжений составляет: в меридиональном направлении $4,1 \text{ МПа}$ на 100 м изменений глубины, в широтном направлении – $2,5 \text{ МПа}$.

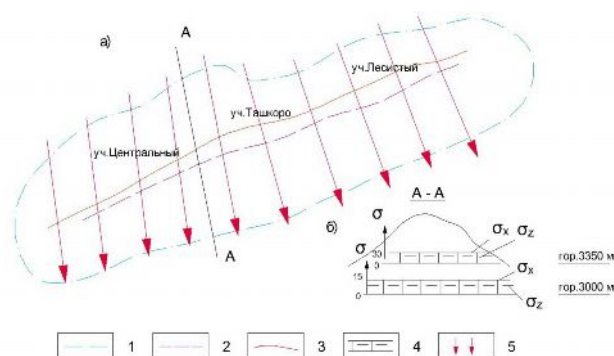


Рис.3. Прогнозная карта напряженно-деформированного состояния породного массива месторождения «Трудовое»: а – направление максимальных горизонтальных напряжений по участкам: 1 – Центральный; 2 – Лесистый; 3 – Ташкоро; б – изменение вертикальных (σ_z) и горизонтальных (σ_x) напряжений с глубиной: 1 – контур рудного поля; 2 – ось антиклинальной складки; 3 – разломы; 4 – эпюра напряжений; 5 – направления действия тектонических напряжений участков

Площадь месторождения сложена вулканогенно-терригенными отложениями верхнего силура. Отложения характеризуются пестротой литологического состава и большой фациальной изменчивостью пород. В результате воздействия крупнозернистых биотит-микроклиновых гранитов главной интрузивной фазы, вмещающие породы, в

зависимости от исходного состава превращены в разнообразные известково-силикатные роговики, мраморы, мраморизованные известняки.

Результаты определений прочностных характеристик пород месторождения «Трудовое» [2] показывают, что они весьма неоднородны (табл. 1).

Таблица 1.

Название, место отбора пород и интервал глубины, м	Предел прочности на сжатие, МПа	Предел прочности на растяжение, МПа	Сцепление, МПа	Коэфф. внутреннего трения	Угол внутреннего трения, град
Гранит, (Кургак, шт.8, скв.1175, глуб. 14 – 18)	$\frac{125,7 \div 95}{14}$	$\frac{6,1 \div 3,2}{30}$	11,3	2,4	67
глуб. 47 - 50	$\frac{125,7 \div 71,4}{22}$	$\frac{8,9 \div 4,9}{27}$	12,5	1,9	62
глуб. 75 – 78	$\frac{109 \div 43,3}{42}$	$\frac{5,3 \div 3}{24}$	8,8	1,9	62
глуб. 82 - 86	$\frac{136,5 \div 36,1}{53}$	$\frac{6,7 \div 3,7}{26}$	10,1	1,8	61
Гранит, (Кургак, шт.8, скв.1159, глуб. 25 – 30)	$\frac{93,6 \div 50,7}{24}$	$\frac{11,3 \div 2,7}{58}$	9,4	1,5	56
Гранит, (Ташкоро, шт.5, скв.277, глуб. 198,4 – 199,4)	$\frac{205,8 \div 57,8}{37}$	$\frac{10,3 \div 5,1}{40}$	14,9	1,7	59
глуб. 161 – 162,2	$\frac{142,9 \div 100}{15}$	$\frac{13,3 \div 8,2}{24}$	18,2	1,5	57
глуб. 223 – 225	$\frac{133,6 \div 57,1}{28}$	$\frac{11,0 \div 4,9}{31}$	14,5	1,6	58
Гранит, (Кургак, шт.11, скв.1004, глуб. 79,6 – 82,0)	$\frac{207,2 \div 127,1}{24}$	$\frac{8,2 \div 5,4}{22}$	16,3	2,4	67
глуб. 241,8 – 245,9	$\frac{159,9 \div 104}{18}$	$\frac{6,3 \div 4,6}{14}$	13,0	3,4	73
глуб. 174,5 – 282,2	$\frac{181,2 \div 101,1}{20}$	$\frac{7,4 \div 5,3}{15}$	14,9	2,3	66

Значительные вариации прочности пород (40 - 60%) при одноосном сжатии по всей видимости связаны с наличием трещин разной ориентации в образцах, а также существенной неоднородности вещественного состава.

Данные прогнозной карты напряженно-деформированного состояния породного массива и результаты определения прочности пород свидетельствуют о том, что в пород-

ном массиве существуют дополнительная потенциальная энергия упругой деформации, аккумулированная горными породами и обусловленная наличием тектонических напряжений. При этом ее величина на достигнутых глубинах разработок в несколько раз превосходит ожидаемую за счет только сил гравитации (табл.2), что необходимо учитывать при производстве буровзрывных работ и вопросах устойчивости горных выработок.

Таблица 2.

Глубина залегания, м	Потенциальная энергия с учетом тектонических напряжений, $\frac{Дж}{м^3} \cdot 10^{-3}$	Потенциальная энергия без учета тектонических напряжений, $\frac{Дж}{м^3} \cdot 10^{-3}$
3700	3,4	0,7
3350	6,3	0,8
3000	9,6	1,8

Прогнозная карта позволяет выбрать благоприятное направление горизонтальных и наклонных горных выработок, исходя из условий наименьшей напряженности пород; рациональное расположение смежных выработок, исключающее возможность взаимного наложения повышенных напряжений; рациональная последовательность проведения пересекающихся выработок.

Литература

1. Мамбетов Ш.А., Абдиев А.Р., Мамбетов А.Ш. Зональная и поэтапная

- оценка породного массива Тянь-Шаня, - Бишкек: КРСУ, 2003, 357 с.
2. Руководство по определению удароопасности участков массива горных пород (на примере Сары-Джазского месторождения. Составители: Тажибаев К.Т., Мамбетов Ш.А., Дуйшеев Д.С.) – Бишкек, КиргИНТИ, 1992, 45 с.
3. Минерально-сырьевая база Кыргызской Республики на рубеже перехода к рыночной экономики. Бишкек, 1998, 231 с.

УДК 272.06:622.772

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГНОЗНАЯ КАРТА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРАКЕЧЕ

Абдиев А.Р.

КРСУ им.Б.Н.Ельцина

В работе рассматриваются геодинамическая модель деформирования структуры и возможности прогноза напряженно-деформированного состояния породного массива месторождения Каракече, исходя из тектонофизического анализа структуры месторождения и закономерностей образования разрывных тектонических нарушений.

Каракечинское месторождение располагается в геоморфологически выраженной мезо-кайнозойской тектонической впадине. В структурном отношении она представляет собой альпийскую, преимущественно неотектоническую грабен-синклиналь, ограниченную с севера и юга горст-антиклинальными поднятиями.

На основе анализа геологических материалов, тектонических структур в пределах складчатой зоны и месторождения, формирование и развитие структур, а также связанные с ними поле напряжений в породном массиве

делится на три этапа: доальпийский, альпийский и послепальпийский (рис. 1а).

Первый этап развития структуры месторождения охватывает почти весь период, предшествовавший накоплению угленосных отложений, т.е. палеозой и местами триас. В этот этап оформляются основные доальпийские структурные элементы, иногда в значительной мере оказывавшие влияние на формирование юрских отложений. С этим этапом связано образование синклинальной складки продольного изгиба широтного простирания и сложного строения с резко прояв-

ленной денудацией оси. Впадина существовала в виде замкнутой челночной структуры.

После отложения осадков юры происходили положительные и отрицательные колебательные движения земной коры, явившиеся предвестниками альпийской активизации региона. В условиях интенсивной активизации сформировалась грабен-синклинальная структура Каракечинской впадины.

Ось максимального сжатия (σ_1) располагалась меридиально и почти горизонтально (357° , $\angle 3^\circ$), ось минимального напряжения (σ_3) была ориентирована вертикально (212° , $\angle 83^\circ$), средняя ось промежуточного главного напряжения (σ_2) направлена вдоль простирания основных структур (87° , $\angle 5^\circ$).

Ко второму этапу относится промежуток времени от позднего триаса до палеогена включительно, когда происходит заложение и развитие большей части альпийских структур. Общий структурный план, возникший в конце триаса, существенно изменений не претерпел. Главными типами движения месторождения являлись опускание ее территории и на его фоне дифференцированные движения, что привело к одновременному накоплению осадочных толщ и формированию складчатых и разрывных структур. Развитие главных складчатых структур в целом происходило унаследовано, при сохранившемся направлении сжимающих усилий. В позднем палеозое структуры рамы и фундамента представляли единое целое. В конце палеозоя и раннем мезозое они были в значительной мере эродированы. В результате тектонических движений единая структура разделилась на три части. Средняя часть относительно опустилась и вошла в состав фундамента альпийской грабен-синклинали. Краевые же части абсолютно поднялись, образовав раму Каракечинской впадины в виде горст-антиклиналей.

Третий этап развития структуры месторождения начался в конце палеогена, а местами в неогене. В это время происходит резкое изменение геотектонического режима и строения месторождения. В этот период произошло дальнейшее усложнение ранее образованных складчатых структур и формирование новых. Появление более молодых складок привело к маскировке древних структур. При этом молодые складчатые структуры здесь осложняют крылья древних и согласуются с ними в простирании. Крылья синклинали осложнены серией складок II порядка и

разрывными нарушениями. Для основной синклинальной складки и складок II порядка характерны линейность. Крутые сложные южные и более пологие северные крылья, резкая ундуляция осей. При этом σ_1 (353° , $\angle 5^\circ$), σ_2 (263° , $\angle 53^\circ$), σ_3 (104° , $\angle 23^\circ$).

Единая позднепалеозойская структура представляла собой, по-видимому, синклиналь. Последняя развивалась на месте северной части позднепалеозойского Сонкульского прогиба, вдоль границы Северного и Среднего Тянь-Шаня. В настоящее время, как сказано выше, мульда синклинали, очевидно, погребена под Каракечинской впадиной и играет роль фундамента. Поэтому структуру условно можно назвать Подкаракичinskой синклиналью. Судя по отсутствию заметного несогласия между юрой и белетукской свитой, можно предполагать ее общее сходство с планом Каракечинской синклинали. Севернее впадины, за Северным ограничивающим разломом (F_1) от синклинали сохранился Монгольский блок, как реликт северного крыла синклинали.

Северо-Кавакский взброс, или крутой надвиг, является региональным длительно живущим разрывом глубокого заложения. Он ограничивает Сонкульский эпикаледонский прогиб от расположенного севернее Балыктинского эпикаледонского прогиба, то есть является межзональным швом. В районе месторождения разлом отделяет ордовикские отложения с одной стороны, от каменноугольных и палеогеновых с другой. При этом срезаются значительные пакеты и пачки пластов по обе стороны дизъюнктива. Разлом состоит из двух-трех сопряженных составляющих. Они прослежены в широтном и северо-восточном направлении более чем на 2 км. К ним причленяется Северный сброс (F_1), ограничивающий Каракечинскую впадину с севера.

Севернее описанного взброса породы ордовика смяты в синклинальную складку, обнажающуюся в ядре антиклинальной структуры Балыктинского эпикаледонского прогиба. В пределах карты месторождения южное крыло синклинали нарушены разломами СВ и СЗ простираний.

Южнее Каракечинской впадины, южное крыло Подкаракечинской синклинали срезано Южным (Минкуш-Каракечинским) ограничивающим сбросом (F_2). За ним протягивается в В-СВ направлении Бозайгырская-Минбугинская антиклиналь. В пределах карты Каракечинского месторождения располагается северное крыло этой структуры. По долине и западнее р. Токсонтеке анти-

клиналь опрокинута на север. Представленные отложения смяты в антиклинальную и синклинальную складки меньшего порядка. Восточнее верховьев р. Кукурт антиклиналь вырисовывается как брахиформная складка, особенно по долине р. Бозайгыр.

На восток они погружаются под конгломераты актайлякской свиты. С запада же они обрезаются серией разломов СЗ простирания, образуя местную синклинальную складку. На водоразделе р. Бозайгыр и сая Безымянного развитие нарушения образует синклинальную складку местного значения.

Описанное северное крыло Бозайгырской антиклинали разбито серией разломов СВ, СЗ и субширотного простираний, нарушающих строение структуры и проникающих иногда в пределы мезо-кайнозойской впадины.

Пликативные структуры Каракечинской впадины сравнительно просты. Общая структура синклинальная. Каракечинская синклиналь имеет длину более 10 км при ширине 2 км. Длинная ось ориентирована в СВ направлении. Ось складки проходит ближе к южному крылу, вследствие чего синклиналь имеет асимметричный профиль. В поперечном разрезе она напоминает цилиндрический лоток с пологим днищем-мульдой и более крутыми краями. Иногда крылья даже запрокинуты. Такая картина наблюдается в северо-восточной части месторождения вблизи сая Безымянного, а также на юго-востоке по долине р. Бозайгыр. Это объясняется давлением на крылья складки с двух сторон рамы, особенно вблизи Северо-Кавакского надвига.

Южное крыло срезано крупным Южным (F_2) разломом, северное ограничено Северным (F_1) сбросом.

Каракечинская синклиналь осложнена несколькими второстепенными складками. Все они выявлены в отложениях неогена. Ни одна из них не прослеживается на всю длину синклинали, так как большинство имеет иную природу. Выделяются складки выжимания, отражения и приразломовые, в то время как главная синклиналь в значительной мере является структурой прогибания.

К складкам выжимания относятся складки вблизи оси синклинали на участке от междуречья Токсонтеке-Кукурт до правобережья р. Бозайгыр, в 100-250 м южнее оси главной синклинали. Складки смежные, сопряженные представлены Южной антиклиналью и Южной синклиалью. Складки образовались при сдавливании и выжимании бокового сжатия, особенно сильного со стороны южной рамы.

Складки отражения встречены в верховьях р. Кукурт. Представлены они Кукуртской антиклиналью и Кукуртской синклиалью. Оси структур вытянуты в СВ направлении. Длина их 500-600 м, ширина крыльев 50-100 м. Падение крыльев и здесь несколько асимметричное: 70-40° на СЗ, 30-15° на ЮВ. При этом наблюдаются то резкие изменения крутизны по обе стороны оси, то крылья плавные, пологие. Такая изменчивость, вероятно, связана с характером поверхности фундамента и его блоковостью. В какой-то мере это штамповые структуры.

Приразломовые складки в западной части месторождения (р. Токсонтеке) представлены сопряженными структурами: Приразломной антиклиналью и Приразломной синклиалью. Складки приурочены к разлому СВ простирания, проникающему из фундамента.

Севернее Каракечинской синклинали между ветвями Северного сброса (F_1) располагается антиклинальная складка широтного простирания.

Складчатые структуры месторождения пересекаются серией разломов СЗ, СВ и субширотного направлений, которые разбивают складки на несмещенные или слабо перемещенные блоки.

Дизъюнктивные структуры впадины можно подразделить на ограничивающие (I порядка) и внутренние (II порядка). И те и другие являются альпийскими, но некоторые из них унаследованы от разломов герцинской эпохи и далеко проникают в пределы рамы. Ограничивающие разломы являются наиболее важными. Они определяют размеры и форму впадины.

С севера Каракечинскую синклиналь ограничивает Северный сброс (F_1), протягивающийся вдоль всей площади месторождения от пер. Карааларча до пер. Каракече. Западнее р. Бозайгыр он носит межформационный характер и вблизи сая Безымянного сопрягается с глубинным Северо-Кавакским взбросом и имеет почти вертикальное падение.

Южная ветвь разлома (F_1^2) прослеживается по почве угольного пласта Основного. Кроме Северного взброса в северной части месторождения установлена целая серия тектонических подвижек II и III порядка.

Южный ограничивающий сброс (F_2) протягивается в СВ направлении от верховьев р. Кукурт до верховьев р. Безымянного и далее. Вместе с Минкушским надвигом Южный разлом образует Минкуш-Каракечинский сброс регионального значения.

Описанные выше складки отражения структур фундамента подтверждают факт погружения фундамента в северном направлении.

Большинство разломов характеризуется прямолинейностью, крутым или вертикальным залеганием. Преобладают нарушения 2^х систем: северо-восточного, согласные или почти согласные с простираем пластов и запад-северо-западного-субширотного направлений, секущие и проникающие в раму.

Приведенная геодинамическая модель деформирования структуры месторождения свидетельствует об унаследованности тектонических деформаций и о продолжении формирования структуры месторождения на современном этапе.

Сочетание синклинальных и антиклинальных складок с маловыдержанными по направлению осями и многочисленными разноамплитудными разрывными смещениями показывает, что они образованы в результате поперечного изгиба. Основной складчатой структурой в них является грабен-синклиналь, расположенная между несколькими крупными горст-антиклинальными поднятиями. В процессе формирования грабенсинклинали образовались системы разрывных нарушений, прослеживающихся на всей площади грабенсинклинали. Тектонические нарушения этой системы представлены сбросами, расположенными поперечно к оси грабенсинклинали.

Тесная пространственная связь подтверждает генетическую общность разрывных и складчатых деформаций. Преобладающий сбросовый тип нарушений указывает на развитие деформаций под действием максимальных напряжений, поперечных к напластованию угленосных пород.

Составлена прогнозная карта напряженно-деформированного состояния породного массива месторождения Каракече (рис.1б) которая включает результаты:

- геологической оценки. Месторождение относится к Жумгальской зоне и азимут максимального сжимающего тектонического напряжения составляет 355° в горизонтальной плоскости;
- горно-геологической оценки. По данным разрывных нарушений и складок II и III порядков, образовавшихся в альпийский этап нанесены ориентировки главных напряжений σ_1 и σ_2 .

Полученные результаты отражают направления действия тектонических месторождений в целом по месторождению. С учетом мелких нарушений по участкам и изменением их параметров с глубиной σ_1 , σ_2 и σ_3 будут изменяться и корректироваться конкретно в пределах рассматриваемого участка.

Как видно модель напряженного состояния породного массива месторождения Каракече сложная и источником напряжений в массивах являются не только гравитационные силы. Ориентировка тензора напряжений в пространстве зависит главным образом от направленности созданных тектоническими силами.

Многоэтапность геологического развития региона, смена во времени тектонических режимов, создавших сложное сочетание унаследованных и новообразованных структур, неоднократные и резкие изменения структурного плана обусловили сложность полей напряжений.

Складки и разрывы в породном массиве складчатой зоны и месторождения по существу являются «физической памятью» породного массива, хранящей обширную информацию об его структурно-геологических преобразованиях в прошлом.

Прогнозная карта позволяет выбрать: оптимальный фронт открытых горных работ, благоприятные место заложения и направления вертикальных, горизонтальных и

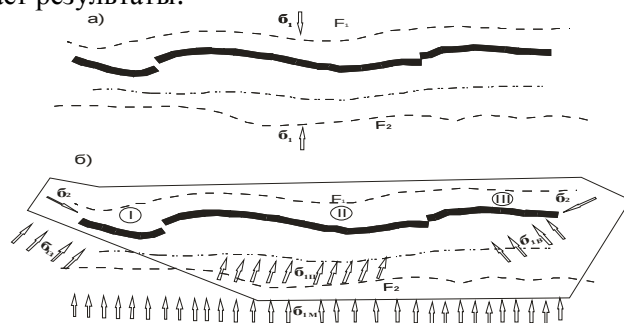


Рис.1 а) геодинамическая модель деформирования структуры бурогоугольного месторождения Каракече;

б) прогнозная карта напряженно-деформированного состояния породного массива бурогоугольного месторождения Каракече: участки: I – Западный; II – Центральный; III – Восточный – — —

Северный (F_1) и Южный (F_2) сбросы;
 --- - ось Каракечинской синклинали
 δ_1^3 , δ_1^H , δ_1^B , δ_1^M – максимальные сжимающие тектонические напряжения соответственно по участкам Западный, Центральный, Восточный и в целом по месторождению.

наклонных горных подземных горных выработок, исходя из условий наименьшей напряженности пород; расположение смежных выработок, исключая взаимного наложения повышенных напряжений; рациональную последовательность проведения пересекающихся выработок.

Литература

1. Садыбакасов И. Волновые движения земной коры и неотектоническое районирование Тянь-Шаня и Памира.- Изв.АН Кирг.ССР, 1978, №4.
2. Мамбетов Ш.А., Абдиев А.Р., Мамбетов А.Ш. Зональная и поэтапная оценка породного массива Тянь-Шаня. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2003.
3. Мамбетов Ш.А., Абдиев А.Р., Мамбетов А.Ш. Зональная и поэтапная оценка породного массива Тянь-Шаня. – Москва: Горный журнал №10 – 2002 г., с 57.
4. Абдыкапаров Ч.М, Абдиев А.Р. Состояние и перспективы освоения бурогоугольного месторождения Каракече. – Москва: Горный журнал №10 – 2002 г., с 16.
5. Абдиев А.Р. Оценка напряженно-деформированного состояния породного массива бурогоугольного месторождения Каракече. – Москва: Горный журнал №10 – 2002 г., .
6. Абдиев А.Р., Закономерности проявления разрывных нарушений на угольных месторождениях//Конференция 15-летию КРСУ., 2008 г.

УДК 622. 24.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН СУРЬМЯНО-РТУТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Ысаков А. Ж.

ИГДиГТ им. академика У.А. Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова

В данной работе приведены результаты исследований физико-механических свойств горных пород. Усовершенствована классификация горных пород по буримости и абразивности. Исследованы влияния физико-механических свойств пород и пектинового раствора на механические скорости бурения. Предложен пектиновый раствор. Установлены оптимальное соотношение компонентов и параметры пектинового раствора. Разработаны блок-схемы и алгоритм для составления компьютерной программы по разработке технологических параметров режима бурения скважин сурьмяно-ртутных месторождений Кыргызской Республики.

In this work is given the results of physical-mechanical properties of mining rocks researches. Improved the classifications of rocks on drilling and reversibility; researched the influences of physical-mechanical properties of rocks and pectin solution to mechanical speed of drilling; offered pectin solution; determined an optimal correlation of components and parameters of pectin solution; worked out block-schemes and algorithms for forming the computer program on elaborating technical parameters of well drilling regime of surmano-mercury deposits of KR.

Бурения скважин сурьмяно-ртутных месторождений Кыргызской Республики является очень сложным. Сложности заключаются в самопроизвольном искривлении скважин, низком выходе кондиционного керна, интенсивном поглощении промывочных жидкостей и прихват технологических инструментов [1.2.].

С целью разработки рациональной технологии бурения скважин и крепления стенок скважины нами доизучены и дополнены новыми данными физико-механические свойства горных пород сурьмяно-ртутных месторождений Кыргызской Республики.

По результатам исследований, все горные породы сурьмяно-ртутных месторождений Кыргызской Республики были разделены на шесть групп.

Породы 1 группы. Структура криптокристаллическая, текстура сланцеватая, форма зерен угловато-окатанная, размеры зерен 0,1мм, твердость 185кг/мм², предел прочности на сжатие 108,0МПа, предел прочности на растяжение 13,0 МПа, пористость 1,2%, удельный вес 2,72 г/см³, объемный вес 2,58г/см³, содержание SiO₂-1-5%, коэффициент динамической прочности -12,44, коэффициент абразивности-0,49, значение обобщенного показателя (p_m)-10,0, категория пород по буримости -VI.

Породы группы 2а. Структура алевролитовая, текстура сланцеватая, форма зерен угловатая, размеры зерен мелкозернистая, твердость 223 кг/мм² предел прочности на сжатие 141,0МПа, предел прочности на растяжение 9,75 МПа, пористость 2,6-4%, удельный вес 2,73 г/см³, объемный вес 2,63

г/см³, содержание SiO₂-1-5%, коэффициент динамической прочности -10,0, коэффициент абразивности-0,70, значение обобщенного показателя (p_м)-11,5, категория пород по буримости -VII..

Породы группы 2б. Структура алевролитовая, текстура сланцеватая, форма зерен угловатая, размеры зерен мелкозернистая, твердость 239 кг/мм² предел прочности на сжатие 110,5МПа, предел прочности на растяжение 8,0 МПа, пористость 2,8 %, удельный вес 2,44 г/см³, объемный вес 2,40 г/см³, содержание SiO₂-1-5%, коэффициент динамической прочности -10,6, коэффициент абразивности-0,8 0, значение обобщенного показателя (p_м)-13,0.

Породы группы 3а. Структура псаммитовая, крупнозернистая, текстура сланцеватая, форма зерен слоистая, размеры зерен 0,5-0,7, твердость 258 кг/мм² предел прочности на сжатие 149,5МПа, предел прочности на растяжение 18,3МПа, Пористость 1,7%, удельный вес 2,72 г/см³, объемный вес 2,54г/см³, содержание SiO₂-7-10%, коэффициент динамической прочности -18,0, коэффициент абразивности-0,55, значение обобщенного показателя (p_м)-17,0, категория пород по буримости -VIII.

Породы группы 3б. Структура псефитовая, текстура массивная, форма зерен окатанная, размеры зерен 0,4мм до 5см, твердость 288 кг/мм² предел прочности на сжатие 152,5МПа, предел прочности на растяжение 18,6МПа, пористость 2,8%, удельный вес 2,63г/см³, объемный вес 2,60г/см³, содержание SiO₂-10-14%, коэффициент динамической прочности -7,40, коэффициент абразивности-1,33, значение обобщенного показателя (p_м)-20,0, категория пород по буримости -VIII.

Породы группы 4а. Структура псефитовая, текстура массивная, форма зерен окатанная, размеры зерен 0,4-0,5мм, твердость 320кг/мм² предел прочности на сжатие 167,5МПа, предел прочности на растяжение 16,1МПа, пористость 2,3%, удельный вес 2,67г/см³, объемный вес 2,66г/см³, содержание SiO₂-15-17%, коэффициент динамической прочности -22,09, коэффициент абразивности-0,61, значение обобщенного показателя (p_м)-21,0, категория пород по буримости -VIII.

Породы группы 4б. Структура псефитовая, текстура массивная, форма зерен окатанная, размеры зерен 0,4-0,5мм, твердость 390кг/мм² предел прочности на сжатие 213,5МПа, предел прочности на растяжение

14,1МПа, пористость 2,2%, удельный вес 2,67г/см³, объемный вес 2,66г/см³, содержание SiO₂-17-30%, коэффициент динамической прочности -16,16, коэффициент абразивности-0,95, значение обобщенного показателя (p_м)-26,5, категория пород по буримости -IX.

Породы группы 5а. Структура пелитовая, текстура сланцеватая, параллельная, форма зерен мелкозернистая, размеры зерен 0,2мм, твердость 500кг/мм² предел прочности на сжатие 266МПа, предел прочности на растяжение 16,4МПа, пористость 2,7%, удельный вес 2,72г/см³, объемный вес 2,57г/см³, содержание SiO₂-17-30%, коэффициент динамической прочности -16,49, коэффициент абразивности-0,81, значение обобщенного показателя (p_м)-22,0, категория пород по буримости -IX.

Породы группы 5б. Структура пелитовая, текстура сланцеватая, параллельная, форма зерен мелкозернистая, размеры зерен 0,2-0,4мм, твердость 590кг/мм² предел прочности на сжатие 310МПа, предел прочности на растяжение 15,6 МПа, Пористость 4,5%, удельный вес 2,7г/см³, объемный вес 2,72г/см³, содержание SiO₂-50-70%, коэффициент динамической прочности-14,30, коэффициент абразивности-1,54, значение обобщенного показателя (p_м)-39,0, категория пород по буримости -X.

6-я группа пород. структура метосамитическая, гранобластовая, текстура массивная, форма зерен уплощенная, размеры зерен- 0,3мм флюорит, а кальцит до 2-5мм, твердость 665кг/мм² предел прочности на сжатие 404МПа, предел прочности на растяжение 18,25 МПа, Пористость 5,1%, удельный вес 2,75г/см³, объемный вес 2,58г/см³, содержание SiO₂-45-90%, коэффициент динамической прочности-1,18, коэффициент абразивности-2,58, значение обобщенного показателя (p_м)-39,0, категория пород по буримости -XII.

Для правильного выбора и расхода породоразрушающих инструментов было исследовано абразивное свойства горных пород. Ниже приведены результаты этих исследований.

Содержание SiO₂, в углистых, углисто – глинистых, песчано-глинистых, глинистых сланцах и алевролитовых, известняках (кроме тонкослоистых), неоквращованных мраморах составляет от 1 до5 %. Размеры зерен в этих породах -4мм, гальки до 5см, зерна до 4мм. В мелкозернистых песчаниках и гравелитах содержание SiO₂. составляет 7-10 %.

Размеры зерен 0,3-0,5мм. В разногачечных конгломератах (кроме девона) и слабоокварцованных сланцах содержание SiO_2 колеблется от 10 до 14%. Размеры зерен 0,01-0,02мм. В тонкослоистых и окремненных известняках, тонкозернистых песчаниках, слюдистых сланцах содержание SiO_2 находится в диапазоне 15-17%. Размеры зерен 0,4-0,5мм, иногда до 8см. Конгломераты девона, туфо-песчаники, кремнистые песчаники, сланцы глинисто-кремнистые и кремнистые имеют 17-30 % содержание SiO_2 . Размеры зерен 0,1-0,2мм. Известняки окварцованные, брекчии кварцево-сланцевые и известняково-сланцево-кремнистые, также кварцевые имеют 50-70 % содержание SiO_2 . Размеры зерен 0,2-0,4мм. Высоким содержанием SiO_2 обладают черные кремни, кварциты, роговики, джаспероиды, брекчии роговиково-джаспероидные и роговико-кремнистые и составляет 45-90%. Размеры зерен 0,1-0,3мм, флюорит и кальцит до 2-5мм.

На основе исследований разработана классификация горных пород по абразивности сурьмяно-ртутных месторождений Кыргызской Республики. Данная классификация основана на процентное содержание SiO_2 , размеров зерен минералов и коэффициента абразивности. Согласно этой классификации все породы разделены на семь групп.

Первая группа пород - весьма малоабразивные: углистые, углисто-глинистые, глинистые, песчано-глинистые и глинистые сланцы, а также известняки и мраморы. Вторая группа пород - умеренно абразивные: песчаники мелкозернистые, гравелиты. Третья группа пород - малоабразивные: разногачечные конгломераты кроме девона, сланцы слабоокварцованные. Четвертая группа пород - среднее абразивные: Известняки тонкослоистые и окремненные. Песчаники тонкозернистые и мелкозернистые, сланцы слюдистые. Пятая группа пород - повышенной абразивности: Конгломераты девона, туфо-песчаники. Песчаники кремнистые. Сланцы глинисто-кремнистые и кремнистые. Шестая группа пород - высоко абразивные: Известняки окварцованные. Брекчии кварцево-сланцевые и известняково-сланцево-кремнистые, также кварцевые. Седьмая группа пород - породы высшей степени абразивные: кварциты, кремни, роговики, джаспероиды и брекчии роговиково-джаспероидно-кремнистые.

Из всех горных пород месторождений, наименьший абразивной способностью обладают известняки, наибольшей абразивностью джаспероиды. Именно в джаспероидах на-

блюдается высокий износ породоразрушающего инструмента.

Выявлены влияния физико-механических свойств горных пород на механические скорости бурения скважин. В настоящее время на сурьмяно-ртутных месторождениях Кыргызской Республики широко применяется сочетание алмазного бурения с бескерновым бурением шарошечными долотами, твердосплавными и алмазными коронками новых конструкций.

Механическая скорость при твердосплавном бурении породы 1 группы с увеличением осевой нагрузки сначала растет, затем устойчиво падает. При бурении горных пород 2-ой группы оптимальное значение осевой нагрузки меньше чем, чем при бурении пород 3-й группы при одинаковых скоростях вращения коронки. Механическая скорость бурения для 1-й группы пород $V_{\text{мех.}}=2,20$ м/час, для группы пород 2а $V_{\text{мех.}}=2,10$ м/час, для пород группы 2б механическая скорость равна 1,9 м/час. Механическая скорость $V_{\text{мех.}}=1,8$ м/час, $V_{\text{мех.}}=1,5$ м/час характерна для группы пород 3а, 3б соответственно.

Механическая скорость бурения 2-ой группы при алмазном бурении растет с увеличением окружной скорости вращения коронки и равна для группы пород 2а $V_{\text{мех.}}=2,85$ м/час, для 2б подгруппы $V_{\text{мех.}}=2,65$ м/час. При бурении пород 3-й группы механическая скорость бурения аналогичны зависимостям, полученным при бурении пород 2-й группы. Для пород группы 3а механическая скорость достигает $V_{\text{мех.}}=2,10$ м/час, для пород группы 3б $V_{\text{мех.}}=1,80$ м/час. Бурение пород 4-й группы показали, что бурение по породам 4-й группы требует применения более высоких осевых нагрузок и чисел оборотов. Механическая скорость бурения достигает в этом случае для 4а группы пород $V_{\text{мех.}}=1,60$ м/час и для 4б группы пород $V_{\text{мех.}}=1,30$ м/час.

При бурении по породам группы 5а с увеличением скорости вращения снаряда также наблюдается рост механической скорости бурения, однако этот рост в абсолютных цифрах заметно меньший, чем при бурении пород 4-й группы. Механическая скорость для 5а группы пород $V_{\text{мех.}}=1,20$ м/час достигается. Существенно отличаются механической скорости бурения породам группы 5б. Максимальная механическая скорость бурения для 5б группы пород составляет $V_{\text{мех.}}=0,95$ м/час.

Наиболее трудны для бурения породы 6-й группы. К большей части этих пород обычно приурочено оруденение, что предъявляет дополнительные повышенные требования к технологии бурения. При бурении пород 6-й группы

должны применяться высокие осевые нагрузки. Максимальная механическая скорость бурения для этой группы пород характерна $V_{\text{мех}}=0,45$ м/час.

Бескернавый способ бурения нашел широкое применение при проходке скважин в условиях, когда в пределах мощных и безрудных толщ горных пород не требуется получения кернов. Исследования показали, что механическая скорость при бурении 1-й группы пород составит $V_{\text{мех.}}=6,8$ м/час, а при бурении 2-й группы пород достигает $V_{\text{мех.}}=5,0$ м/час. Для 3-й группы пород наблюдается снижение механической скорости бурения до $V_{\text{мех.}}=4,8$ м/час. При бурении пород 4-й группы характер изменения скорости бурения несколько иной. Для 4 группы пород механическая скорость бурения составляет $V_{\text{мех.}}=4,30$ м/час. При бурении пород 5-й группы механическая скорость равна $V_{\text{мех.}}=3,80$ м/час.

Область применения твердосплавного бурения от 1-й до 3-й группы пород, бескернового способа бурения от 2-й до 5-й группы пород включительно, а область применения алмазного способа от 2-й до 6-й группы пород включительно.

Для конкретного определения нормирования и организации труда буровых рабочих, а также быстро ориентироваться при выборе технологических параметров в быстроменяющихся геологических условиях предлагается усовершенствованная классификация горных пород по буримости. Данная классификация основывается на: твердость, динамической прочности, коэффициенте абразивности пород и объединенном показателе, а также на механической скорости бурения по группам и свойствам горных пород.

С целью совершенствования промывочных жидкостей предлагается пектиновый раствор. Пектиновый раствор состоит из трех компонентов «вода+глина+пектин». Использование пектина в качестве добавок промывочной жидкости возможно как в пресных растворах, так и в растворах, приготовленных на минерализованной воде, с добавлением кальцинированной соды. Данный раствор имеет дисперсные системы со стабильными свойствами. При наличии в молекуле ионных групп ($-\text{COOH}$, $-\text{OH}$) пектиновое вещество в воде гидратируется с образованием вязких коллоидных растворов, которые определяют применения пектиновых веществ именно в технологии бурения скважин при получении агрегативно-кинетически устойчивых буровых растворов с минимальной водоотдачи.

Установлено оптимальное соотношение компонентов «воды+глины+пектина». Оптимальные соотношения компонентов «пектинового» раствора следующие: во-

да: 100мл.+глина:6гр.+пектин:2гр. Определены параметры пектинового раствора: водоотдача $-5\text{см}^3/30\text{мин.}$, плотность $-1,046\text{г/см}^3$, статическое напряжение сдвига $-0,2\text{Па.}$, вязкость -21сек. , толщина глинистой корки $-1,8\text{мм.}$, водородный показатель (рН) -8 .

Механические скорости твердосплавного, алмазного и бескернового бурения при использовании пектинового раствора в среднем увеличиваются $0,20\text{м/час}$ по сравнению со существующими буровым раствором. Увеличение механических скоростей бурения скважин в основном происходило за счет низкой водоотдачи пектинового раствора.

Средние сравнительные результаты бурения скважин с применением полиакриламида, эмульсионного, силикатного и пектинового растворов следующие. Затрата промывочной жидкости на 1метр бурения скважин с использованием полиакриламида (ГПАА) составила 3,2 сома, эмульсионного раствора со смесью гудронов (СГ) составила 56,62 сома, а с применением СГ+графит составила 58,52 сома, силикатных растворов составила 79,42 сома. Стоимость пектинового раствора 1,5 сома. Таким образом, экономический эффект от реализации пектинового раствора составил 190 790 сомов в год, что подтверждается бурением скважин Южно Кыргызской геологической экспедиции.

Производственные испытания пектинового раствора показали, что полученные параметры и соотношения компонентов позволили выявить возможность использования данного бурового раствора с низкой водоотдачей и высокой вязкостью. Низкая водоотдача пектинового раствора обеспечивает снижение фильтрации из раствора, что эффективно для применения бурения скважин сложно построенных структурах сурмяно-ртутных месторождений. А также способствует снижению поглощения промывочной жидкости при бурении углесто-глинистых и глинистых и мелкотрещиноватых горных пород. Высокая вязкость пектинового раствора способствует повышению выхода кондиционного керна. Пектиновый раствор с успехом можно использовать и при бурении скважин в трещиноватых, глинистых породах, т.е. в тех местах геологического разреза, где требуются бурить скважину буровым раствором с низкой водоотдачей. Ресурс пектина в республике для приготовления пектинового раствора достаточно.

Составлены алгоритм и блок-схемы по разработке технологических параметров бурения скважин и выбору технологических инструментов, для составления геолого-

технического наряда. На их основе разработана компьютерная программа, выполненная на языке *Borland C++ Builder 5*. Данная программа сокращает время составления геолого-технического наряда. Кроме того, дает возможность оперативно разработать технологические режимы бурения скважин и оперативно управлять буровыми работами в быстро меняющихся ситуациях.

Выполнение полученных результатов исследований создают условия для интенсивного внедрения компьютерных технологий, применения высокоэффективных породоразрушающих инструментов повышающие выхода керна, а также применения пектинового раствора и в целом позволяют совершенствовать технологические показатели

бурения сурьмяно-ртутных месторождений Кыргызской Рспублики.

Литература

- 1.Рогальский В.П. «Исследование, разработка и внедрение рациональной технологии и режимов бурения в условиях ртутно-сурьмяных месторождений Юга Киргизии». Ташкент, 1974г.
- 2.Магурдумов А.М., Думаревский Л.А. и др. Исследование эффективности бурения геологоразведочных скважин в условиях Хайдарканского ртутного месторождения. ТашПИ, Ташкент, 1970г.

УДК 622.7

РАЗДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ПЕСКОВ НА КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ

Акматова М.Р., Алмакучукова Г.М.

ИГДиГТ им. академика У.А. Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова

Данная работа посвящена изучению технологии обогащения золотосодержащих песков. Для разделения песков применяется концентрационный стол, где извлечение металла в концентрат составляет 84%.

В настоящее время во многих золотодобывающих регионах России и странах СНГ все более возрастающее внимание уделяется освоению коренных месторождений золота.

Однако добыча золота из россыпей продолжает оставаться наиболее приемлемыми объектами для промышленного освоения как в современных условиях, так и в среднесрочной перспективе, т.к. минерально сырьевая база все еще остается достаточной.

В основном промышленному освоению вовлекают труднообогатимые погребенные глинистые россыпи и элювиальные россыпи месторождений корм выветриваний с преобладанием мелкого золота (-0,25 мм).

Во многих месторождениях россыпи содержат золота, аномальная по форме она может быть крупная и мелкая с различной степенью отклонения от правильной геометрической формы (сферическая, кубическая, прямоугольная), что при гравитационном обогащении вызывает серьезные затруднения. Это прежде всего относят к комковидной, чешуйчатой, лепешкообразной, палочковидной и другим формам [1].

Основная часть золота россыпей свободна от взаимосвязи с рудо- и породообразующими минералами, а выбор методов и аппаратов для извлечения свободного золота определяется гранулометрическим составом песков и частиц золота, его геометрическими формами.

Золото крупностью 0,1мм отсадкой извлекается всего на 50% и практически не из-

влекается шлюзами. Однако золото такой крупной хорошо извлекается центробежными концентраторами и на концентрационных столах.

Для доводки богатых золотосодержащих шлихов [2] широко применяют магнитожидкостные сепараторы, средой разделения в которых служит ферромагнитная жидкость система нонаразмерных частиц магнитита, покрытых адсорбционным слоем (ПАВ) и помещенных в жидкую среду (в большинстве случаев это легкий углеводород, например керосин).

На обогатимость песков россыпных месторождений золота значительное влияние оказывают минеральный состав и содержание в них свободного золота.

Если в песке высокое содержание глины, то для них требуется применение дезинтеграции и промывки [3].

Обычно рассыпные руды являются комплексными. Основная часть ценных компонентов концентрируется в мелком классе (в эфелях), в крупном же классе (в гале) извлекается незначительная их часть, представленная крупными самородками (при их наличии).

При переработке золотосодержащих руд и россыпей на большинстве обогатительных фабрик в цикле первичного обогащения устанавливается песковые концентрационные столы. Полученный гравеоцентриат подвергают доводке на другом концентрационном столе.

Извлечение золота в концентрат столов существенно повышается в результате предварительной узкой классификации по крупности обогащаемого материала и обогатить каждый класс отдельно в своем оптимальном режиме.

Обогащение на концентрационных столах представляют собой процесс разделения минеральных частиц по плотности струе воды текущей по наклонной (деке) концентрационного стола совершающей возвратно-поступательные движения (качания). Эффективно обогащаются руды на концентрационных столах руды крупностью от 0,04 до 3 мм.

Разделение частиц вдоль движения стола происходит в основном за счет сил инерции при резком изменении направления хода деки (тяжелая частица обладает большей инерцией и движется быстрее, чем легкая).

Разделение частиц в поперечном направлении под действием смывной воды обусловлено в основном различием сил трения легкой и тяжелой частицы о деку (тяжелая частица с большей силой трения движется с меньшей скоростью).

Дека стола частично покрыта нарифлениями, расположенными параллельно направлению качания от деки.

Рифли предохраняют осевшие тяжелые частицы от сноса струей воды, эти частицы по желобкам между рифлями передвигаются к месту разгрузки.

Результаты ситового анализа представлены в таблице 1

Таблица 1.

№ n/n	Класс крупности	Частный выход		Суммарный выход, %	
		г	%	По плюсу	По минусу
1	+ 0,1	50	5	5	100
2	- 0,1 + 0,25	150	15	20	95
3	- 0,25 + 0,5	250	25	50	80
4	- 0,5 + 1,0	150	15	65	50
5	- 1,0 + 2,0	300	30	90	35
6	- 2,0 + 0	100	10	100	10
	Итого	1000			

Золотая головка с содержанием металла 80 -90% и 20-10% примесей в виде серого шлиха и магнитной фракции. Оба продукта после разделения поступает на отдувку. В золотую головку уходит материал крупностью более 0,2мм, а размером 0,2 и мельче в шлихи.

Характерным показателем поведения частицы на деки стола служит угол смыва (β) образуемый направлением результирующей траекторией движения частицы с направлением движения деки стола. Чем > разница плотностей подвергаемых обогащению минеральных частиц, тем > угол смыва зерен легкого минерала по сравнению с зернами тяжелого минерала и тем успешнее разделение частиц по плотности.

В ходе перемещения частиц по деке происходит сегрегация – перераспределения частиц по крупности и плотности.

В первую очередь водой смывается слой крупных частиц; мелкие легкие зерна выносятся на междурифельного пространства в сторону наклона деки вихревыми потоками.

В обогащенном материале золото имеет пластинчатую форму, в меньшей мере комковаты. Поверхность золотин неровная, мелкоячеистая. Отдельные золотины покрыты бурыми пленками гидроксидов железа.

Кроме золота в тяжелой фракции отмечается повышенное содержание шеелита, а в магнитных магнетит.

Обломки золотоносного пласта представлены песчаниками, сланцами и известняками.

Гранулометрический состав золотоносного пласта следующая: галька – 65%, валуны – 30% и песок – 5%.

После квартования шлиховая проба россыпей подвергается ситовому анализу по классам от 0,1 до 2мм.

По данным ситовой характеристики выход класса крупностью – 0,1 + 0,5мм составляет 80-95%. Золото в песках россыпей мелкое, что плохо извлекается обогащением на шлюзах.

Разделяемый песок виде пульпы (40% твердого) поступает на концентрационный

стол СКО – 05, где разделяется на два пром-продукта:

Выход концентрата (золотая головка) состоит:

$$\gamma_k = 44,15 / 400 = 9,06 \%$$

по уравнению баланса выход хвоста $\gamma_{хв} = 100 - \gamma_k = 90,94\%$.

Результаты разделения представлены в виде таблицы

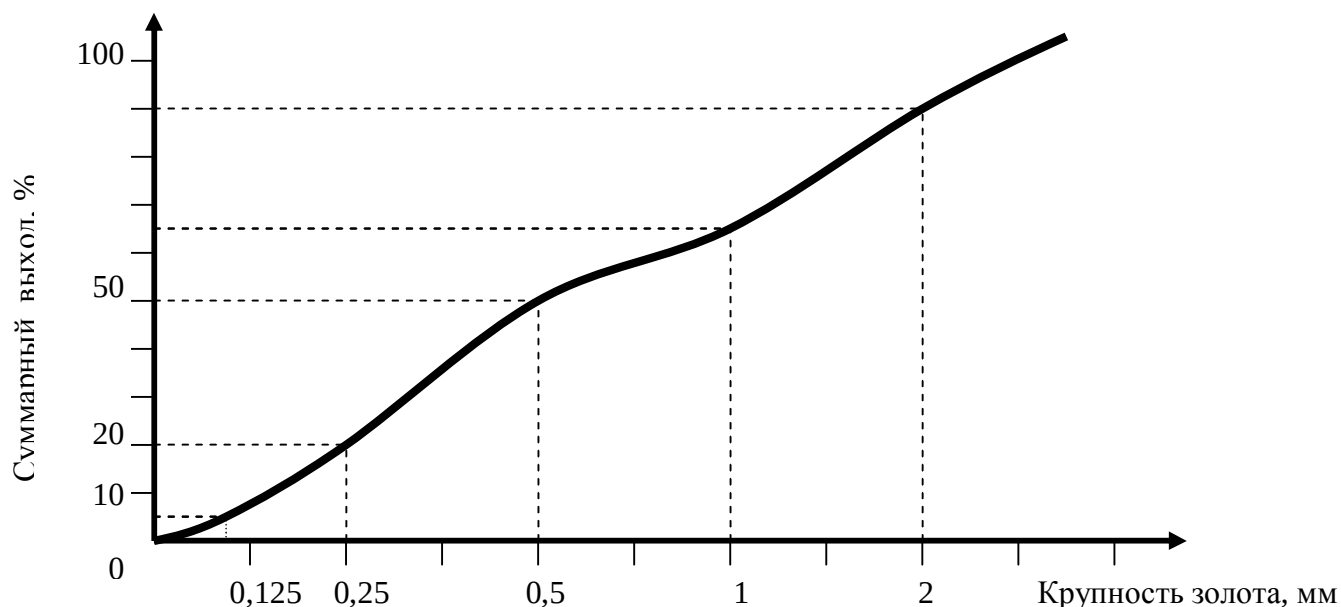


Таблица 2.

Баланс металла

Продукт	Выход		содержание	Извлечение
	г	%		
Концентрат	44,15	9,06	80	84
хвосты	355,85	90,94	1,37	16
Исх.смесь	400	100		100

Литература

1. Бочаров В.А., Игнаткина В.А. Технология обогащения золотосодержащих руд и россыпей ч.1. М.: Изд-во «Учеба» . – 2003.
2. Евдокимов С.И.; Паньшин А.М.; Канашвили М.Ж. Магнитная жидкость:

Новая технология // горный журнал. – 2008, №2 – с15.

3. Замятин О.В., Маньков В.М. Современные технологии обогащения золотосодержащих песков россыпных месторождений //горный журнал, 2001, №5, с45.

УДК.622.765

КИНЕТИКА ЦИАНИДНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ КЕКОВ СЕРНОКИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УПОРНЫХ ЗОЛОТОМЕДНЫХ РУД

Кожонов А.К., Ногаева К.А., Романов Ч.К.

ИГДигТ им. академика У.А. Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова

В статье описаны проведенные исследования по сравнению методов выщелачивания: агитационного и кучного. Были проделаны опыты, в которых выявлены новые условия, зависящие от ряда факторов. Изучено, что увеличение тонины помола руды повышают показатели выщелачивания, но несмотря на это расход цианида натрия все же остается высоким для обоих методов выщелачивания.

In present article the carried out researches related to comparison of methods of leaching (agitation and heap leaching) are described. Experiments which revealed new conditions depending on a number of factors have been conducted. It has been examined that the increase of grinding fineness of ore lead to increase of leaching indicators, but despite that the consumption of cyanide sodium remains nevertheless high for both methods of leaching.

Как известно золотомедные руды с трудом подвергаются традиционным методам обогащения, если наблюдается окисленность минералов меди. Флотационным и гравитационным способами практически невозможно извлечь золото и медь. Авторами была исследована кинетика предварительного перед цианированием кислотного выщелачивания меди из окисленных золотомедных руд [1]. Степень извлечения составила: при агитационном выщелачивании 64 % общей или 70% кислоторастворимой меди, при колонном выщелачивании 78,5% общей или 85,23% кислоторастворимой меди.

В целях сравнения технологических показателей, кеки сернокислотного выщела-

чивания подверглись агитационному и кучному выщелачиванию.

Агитационное выщелачивание проводилось в бутылочных агитаторах. Кеки сернокислотного выщелачивания отмыли водой от остатков серной кислоты и растворенной меди.

В пульпу с плотностью 50% тв. ввели СаО до установления рН 10. Цианирование проводилось при перемешивании пульпы и поддержании концентрации цианида натрия в жидкой фазе пульпы на уровне 0,09-0,1% путем добавки 9,1% раствора NaCN. Результаты тестов приведены в табл. 1. и рис.1.

Таблица 1.

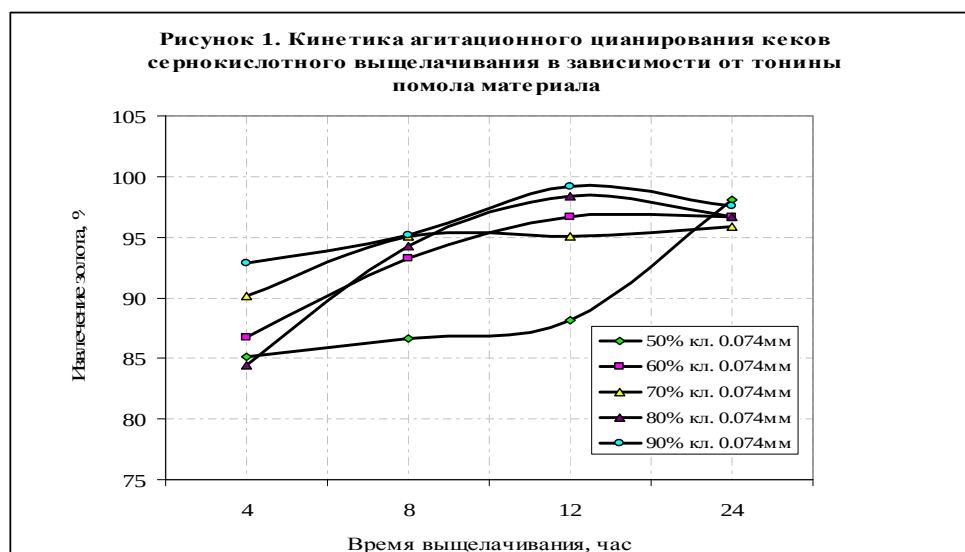
Выщелачивание кеков сернокислотного выщелачивания руды

Время цианирования, ч	Кон-ция NaCN, %	Добавлено NaCN, %	Расход NaCN, кг/т	рН	Сод-ние в жидкой фазе пульпы, мг/л		Степень растворения Au, %
					Au.	Cu	
Измельчение 50% кл.-0,074 мм							
1	0,050	0,050	3,00	10,0	-	-	-
3	0,055	0,045	3,90	10,0	-	-	-
4	0,100	0	3,90	10,0	1,14	179	85,1
8	0,090	0,010	4,10	10,2	1,16	188	86,6
12	0,100	0	4,10	10,4	1,18	185	88,1
20	0,070	0,030	4,70	10,9	-	-	-
24	0,090	Σ 0,235	4,70	11,1	1,23	278	91,8
1	2	3	4	5	6	7	8
Измельчение 60% кл.-0,074 мм							
1	0,070	0,030	2,60	9,8	-	-	-
3	0,050	0,050	3,60	10,0	-	-	-
4	0,100	0	3,60	10,0	1,30	278	86,7
8	0,080	0,020	4,00	10,0	1,40	286	93,3
12	0,100	0	4,00	10,6	1,45	292	96,7
20	0,070	0,030	4,60	10,8	-	-	-
24	0,100	Σ 0,230	4,60	11,0	1,45	300	96,7
Измельчение 70% кл.-0,074 мм							

1	0,030	0,070	3,40	10,0	-	-	-
3	0,045	0,055	4,50	10,0	-	-	-
4	0,100	0	4,50	10,0	1,11	270	90,2
8	0,070	0,030	5,10	10,2	1,17	280	95,1
12	0,080	0,020	5,50	10,4	1,17	293	95,1
20	0,090	0,010	5,70	10,5	-	-	-
24	0,100	Σ 0,285	5,70	10,8	1,18	307	95,9
Измельчение 80% кл.-0,074 мм							
1	0,050	0,050	3,00	9,8	-	-	-
3	0,050	0,050	4,00	10,4	-	-	-
4	0,100	0	4,00	10,4	1,03	242	84,4
8	0,060	0,040	4,80	10,5	1,15	255	94,3
12	0,100	0	4,80	10,6	1,20	260	98,4
20	0,090	0,010	5,00	10,7	-	-	-
24	0,100	Σ 0,250	5,00	10,8	1,18	275	96,7
Измельчение 90% кл.-0,074 мм							
1	0,050	0,050	3,00	9,8	-	-	-
3	0,060	0,040	3,80	10,0	-	-	-
4	0,100	0,100	3,80	10,2	1,17	279	92,9
8	0,060	0,040	4,60	10,4	1,20	295	95,2
12	0,100	0	4,60	10,6	1,25	305	99,2
20	0,09	0,010	4,80	10,8	-	-	-
24	0,100	Σ 0,24	4,80	10,8	1,23	310	97,6

Из данных табл. 1 следует, что при цианировании кеков сернокислотного выщелачивания руды, степень растворения золота составляет 91,8-97,6%. Увеличение тонины помола руды повышает показатели по растворению золота. Для руды крупностью 50% кл.-0,074 мм максимальное время выщелачивания золота составляет 24 ч. Для руды крупностью 60-90% кл.-0,074 мм достаточно 12 часов цианирования. При цианировании

руды крупностью 80-90% кл.-0,074 мм после 12 ч перемешивания пульпы наблюдается снижение содержания золота в жидкой фазе пульпы, т.е. происходит осаждение растворенного золота минеральной составляющей измельченной руды. Наряду с золотом наблюдается растворение меди, содержание которой в жидкой фазе пульпы достигает 310 мг/л.



При поддержании концентрации цианида натрия в жидкой фазе пульпы на уровне 0,1% загрузка его в процесс для достижения максимальных показателей по растворению золота составляет 4,0-5,7 кг/т руды.

В отмытых хвостах цианидного выщелачивания содержание золота колеблется от 0.22 до 0.06 г/т (табл. 2).

Таблица 2.

Содержание золота в хвостах агитационного цианидного выщелачивания

Тонина помола, % кл. -0.074мм	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
Содержание Au в хвостах, г/т	0.22	0.10	0.10	0.08	0.06

Кучное выщелачивание моделировали с помощью установки колонного типа, схема которой была представлена в предыдущей статье [1]. Перед загрузкой промытого кека в колонну провели его агломерацию с цементом и Nalco 9760.

Материал равномерно распределили по площади поддона и добавили цемент из расчета 8кг/т в количестве 129г на вес выгруженного продукта ~16,3кг.

Полученную шихту тщательно перемешали в поддоне и после этого загрузили в пластмассовую емкость объемом 20л. Емкость поместили в бетономешалку и включили перемешивание, через 1 минуту перемешивания начали подачу агломерирующей добавки Nalco 9760 в виде 0,5% водного раствора из расчета удельного расхода 110г/т руды. С целью более равномерного распределения Nalco по объему шихты, ее заданное количество подали в шихту небольшими порциями с промежуточным перемешиванием между добавками по 20 30 секунд. После завершения подачи всего количества раствора агломерирующей добавки шихту перемешивали еще 1 минуту.

Далее дали агломерату «созреть». Для «созревания» агломерат выдержали в герметично закрытой пластмассовой емкости в течение 2,5 суток при температуре 15,18°C.

Во избежание слипания агломератов, полученную массу перемешивали, осторожно поворачивая сосуд на 1-1,5 оборота каждые 24 часа.

На 3 суток, используя специальное приспособление (чтобы избежать чрезмерного уплотнения агломерата по высоте и особенно в нижней части колонны) агломерат количе-

ственно загрузили в колонну до верхнего края без чрезмерного уплотнения. Высота слоя материала составила 1157мм и вес 16,15кг.

Выщелачивание осуществляли свежим раствором цианистого натрия концентрации 1г/л. Методика проведения процесса цианидного выщелачивания была аналогична методике сернокислотного выщелачивания [1]. Выходящие продуктивные растворы собирали в течение каждые 24 часа, измеряли их объемы и проводили анализ на содержание золота и меди методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP). Концентрацию цианистого натрия и значение pH определяли в каждой порции продуктивного раствора. Каждые три дня фиксировали высоту слоя материала в колонне и внешний вид продуктивного раствора (прозрачность, окраска).

Выщелачивание проводили в течение 61 дней по истечении, которого выщелачивание прекратили, дали раствору скапать в течение 5 дней. По окончании стека остатков продуктивного раствора колонну медленно заполняли водой до верхнего уровня руды, проводя промывку кека. Водную промывку проводили до тех пор пока pH выходящего раствора не стал равным pH воды, подаваемой на промывку (41 день).

Результаты извлечения золота и меди при цианидном выщелачивании представлены в таблице 3, на рис.2.

Наиболее энергичное извлечение золота (5,7 -11,3% за день) происходило в первые 5 дней выщелачивания, при этом содержание золота в растворах изменялось в пределах 1,14...2,3 мг/л.

Таблица 3.

Время выщела- чива- ниясут- ки	Добав- лено NaCN кг/т	Расход NaCN кг/т	Содержание в продуктивном растворе					Степень извле- чения. %		Усадка руды, мм
			NaCN (своб.), г/л	CN ⁻ (общ) г/л	pH	Аи,	Си,	Аи	Си	
						мг/л	мг/л			
1	0,24	0,24	0,05	н/д	9,10	1,30	65.3	5,58	0,04	31

2	0,43	0,41	0,10	н/д	9,00	2,3	351,	16,04	0,30	н/д
3	0,63	0,61	0,05	0,60	9,00	1,84	352,	24,49	0,56	н/д
4	0,84	0,76	0,40	н/д	9,40	2,18	379,	35,82	0,87	34
5	1,04	0,91	0,34	н/д	9,50	1,14	209,	41,50	1,04	н/д
6	1,26	1,09	0,29	0,54	9,60	0,71	189,	44,88	1,19	н/д
1	1,46	1,23	0,44	н/д	9,55	0,60	176,	47,74	1,32	н/д
8	1,66	1,36	0,44	н/д	9,65	0,44	178,	49,83	1,46	н/д
9	1,87	1,48	0,70	0,63	9,54	0,31	142,	51,31	1,56	н/д
10	2,02	1,58	0,50	н/д	9,70	0,29	133,	52,39	1,64	45/0
11	2,22	1,72	0,44	н/д	9,40	0,49	235,	54,62	1,81	12
12	2,42	1,86	0,49	0,61	9,40	0,55	185,	57,15	1,95	30
13	2,63	1,99	0,53	н/д	9,40	0,27	122,	58,55	2,05	50
14	2,83	2,11	0,63	н/д	9,40	0,39	114,	60,32	2,13	н/д
15	3,03	2,22	0,64	0,62	9,32	0,17	96,0	61,13	2,21	н/д
21	4,24	2,85	0,63	0,54	9,60	0,14	112,	64,97	2,63	н/д
30	6,04	3,77	0,73	0,55	9,65	0,07	82,9	68,42	3,18	60
39	7,86	4,60	0,87	0,6	10,00	0,04	65,4	70,12	3,68	н/д
51	10,21	5,30	1,17	0,69	10,10	0,02	41,4	71,56	4,22	н/д
60	11,93	5,68	1,13	0,72	10,70	0,03	48,7	72,46	4,49	67
61	12,05	5,71	1,22	н/д	10,75	0,02	30,5	72,52	4,50	н/д
62		5,62	1,08	н/д	10,20	0,02	28,5	72,57	4,51	н/д
66		5,62	0,03	н/д	8,60	0,09	112,	72,59	4,52	68
67		5,59	0,20	н/д	10,21	0,03	64,2	72,77	4,57	н/д
70		5,55	0,24	н/д	10,03	0,04	62,5	72,98	4,63	н/д
71		5,53	0,10	0,08	10,20	0,02	12,7	73,11	4,64	н/д
80		5,48	0,01	н/д	10,30	н/д	2,60	73,51	4,69	н/д
90		5,46	0,01	0,02	9,70	н/д	1,71	73,51	4,70	69
100		5,45	н/д	0,013	9,14	н/д	1,27	73,51	4,72	71
105		5,45	н/д	н/д	9,10	н/д	0,53	73,51	4,72	н/д
108		5,45	н/д	н/д	8,53	н/д	0,80	73,51	4,72	н/д
111		5,45	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	73,51	4,72	71

Кинетика извлечения золота и меди из кеков сернокислотного выщелачивания

Далее степень извлечения медленно падала и к 15 дню снизилась до 0,8% в сутки, а к 61 дню выщелачивания составила 0,05% в сутки.

Всего за 61 день выщелачивания степень извлечения золота составила 72,5%, причем большая часть золота – 52,4% была извлечена за первые 10 дней. Всего за 111 дней выщелачивания и промывки степень извлечения золота составила 73,5%.

Извлечение меди на протяжении всего времени выщелачивания происходило очень медленно, не более 0,32% за день, но при этом содержание меди в растворах изменялось в пределах 37...379 мг/л. За 61 день выщелачивания степень извлечения меди на цианидном выщелачивании составила 4,5%.

На протяжении всего времени колонного выщелачивания продуктивные растворы были прозрачными и бесцветными. Отмечено

заметное «уплотнение» руды, что связано с частичным разрушением агломератов. Усадка слоя руды в колонне за 171 день составила 116мм.

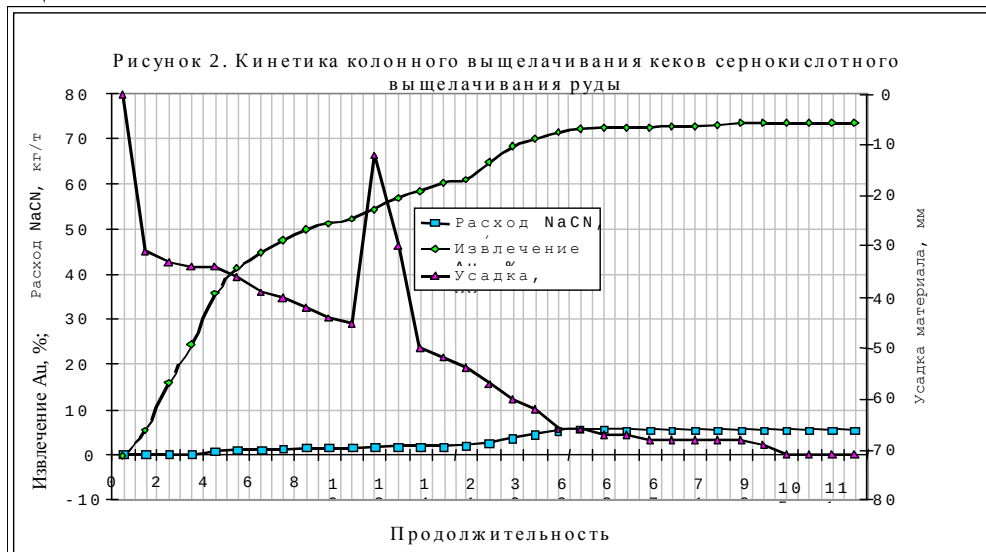
Анализируя результаты агитационного и кучного выщелачивания можно сделать следующие выводы:

- ☒ расход цианида натрия остается высоким для обоих методов выщелачивания;
- ☒ кинетика агитационного цианидного выщелачивания достигает пика за 12 часов при помоле материала 80-90% кл. –0,074мм, а колонного выщелачивания за 111 суток;
- ☒ извлечение золота при агитационном выщелачивании составляет 91,8 - 97,6% а при колонном выщелачивании 73,5%.

Учитывая высокие технологические показатели, определена эффективность агитационного выщелачивания перед колонным выщелачиванием, однако необходимо отме-

титель, что при равнозначных эксплуатационных затратах кучное выщелачивание может иметь существенное преимущество в отношении финансовых затрат и срока окупаемости инвестиций.

Многолетняя практика зарубежных предприятий подтверждает высокую технико-экономическую эффективность переработки руд кучным выщелачиванием.



По сравнению с традиционными фабричными технологиями кучное выщелачивание характеризуется низкими капитальными вложениями и эксплуатационными затратами, меньшим энерго- и водопотреблением, высокой производительностью труда [2].

Дальнейшей программой исследовательских работ является прямое цианирование окисленных золотомедных руд кучным выщелачиванием с целью извлечения меди и золота.

Литература

1. Кожонов А.К., Ногаева К.А., Романов Ч.К. Кинетика кислотного выщелачивания упорных золотомедных руд / Кожонов А.К. и др. // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова. 2009. №14.
2. Дементьев В. Е., Татаринцев А.П., Гудков С.С. Основные аспекты технологии кучного выщелачивания золотосодержащего сырья / Дементьев В.Е. и др. // Горный журнал. 2001. №5. С53-55.

УДК 541.118

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ ОКСАЛАТОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (РЗЭ) МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Бугубаева М.А., Татыбеков А.

ИГДиГТ им. академика У.А. Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова

Определены энергии активации оксалатов редкоземельных элементов методом дифференциально-термического анализа необходимые для расчета термического разложения оксалатов в плазме.

There is defined energy of oxalates activation of rare-earth elements by a method of the differential-thermal analysis necessary for calculation of thermal decomposition of oxalates in plasma.

Особенность процесса плазменной обработки оксалатов РЗЭ, как и ряда других процессов, состоит в том, что пока неизвестна кинетика высокотемпературного разложения [1]. Исходя из этого, как предложено [2], можно определить степень термического разложения по рассчитанным затратам тепла на стадии нагрева и термического разложе-

ния оксалата РЗЭ. В связи с отсутствием данных для термодинамического расчета тепловой эффект термического разложения может быть определен как энергия активации реакции. В этом случае, как показано в работах [3,4] понятия энергия активации и теплота реакции рассматриваются как совершенно равнозначные, предполагая, что процессы

дегидратации и разложения являются безбарьерными и величины энергии активации их равны энтальпии реакции.

Как известно, расчет энергии активации связан с определением избыточного количества энергии, которым должна обладать молекула в момент столкновения, чтобы началась химическая реакция. Подобные исследования весьма трудоемки и требуют высокой точности эксперимента. В последнее время для определения энергии активации применяются косвенные методы, которые по своей точности не уступают прямым расчетным методом [5].

В частности, для расчета энергии активации реакций типа $A_{тв} = B_{тв} + C_r$ могут быть использованы кривые дифференциально-термического (ДТА), термогравиметрического (ТГ) и дифференциально-термогравиметрического (ДТГ) метода анализа.

Энергия активации по кривой дифференциально-термического анализа может быть рассчитана из уравнения

$$\ln \Delta t = C' - \frac{E_a}{RT}, \quad (1)$$

где Δt – изменение температуры ($^{\circ}\text{C}$) соответствующее глубине пика ДТА при данной температуре. Вследствие того, что между величиной пика и температурой существует пропорциональная зависимость, глубина пика выражается в миллиметрах; E_a – энергия активации (кДж/моль), R – универсальная газовая постоянная (Дж/моль К); C' – константа.

По кривой термогравиметрического анализа энергия активации рассчитывается по формуле:

$$\ln m - 2 \ln T = A_0 - \frac{E_a}{RT}, \quad (2)$$

где Δt – уменьшение массы вещества, определяемое по ТГ – кривой и обычно выражаемое в процентах или мг. Вследствие того, что между уменьшением массы вещества и глубиной ТГ-кривой существует пропорциональная зависимость, глубина ТГ-кривой выражается в мм. Глубина ТГ-кривой при температуре $t^{\circ}\text{C}$ определяется перпендикуляром, опущенным из точки на ТГ-кривой, соответствующей $t^{\circ}\text{C}$, на базисную линию. Базисная линия ТГ-кривой – это линия, проходящая через точку нулевого превращения параллельно оси абсцисс, A_0 – константа.

С учетом данных дифференциального термогравиметрического анализа можно вычислить энергию активации по уравнению:

$\ln v_m = B - \frac{E_a}{RT}$ (Згд v_m – скорость уменьшения массы исходного вещества (мг/мин или мг/ $^{\circ}\text{C}$). Существенная пропорциональная зависимость между скоростью уменьшения

массы вещества и глубиной ДТГ-кривой позволяет для расчета выразить глубину ДТГ-кривой в мм. Глубина ДТГ-кривой при температуре $t^{\circ}\text{C}$ представляет собой перпендикуляр, опущенный из точки на ДТГ-кривой, соответствующей температуре $t^{\circ}\text{C}$, на базисную линию; B – константа; T – температура в градусах Кельвина ($T = t^{\circ}\text{C} + 273 \text{ K}$).

Для получения более точных результатов необходимо соблюдать следующие условия: кривые ДТА и ДТГ после окончания фазовых превращений должны выходить на базисную линию, недопустимо наложение на эффект, применяемый для расчета энергии активации других термических эффектов; расчет необходимо проводить по начальной ветви эффекта на участке, отвечающем степени превращения $K_p < 0,4 \div 0,5$.

На приведенные дериватограммы рис.1 нашел отражение процесс диссоциации оксалата иттрия, неодима и церия. Расчет проводили в интервале температур $80\text{--}170^{\circ}\text{C}$, что соответствует процессу дегидратации, и в интервале температур $240\text{--}340^{\circ}\text{C}$, что соответствует термическому разложению оксалата РЗЭ со степенью превращения $K_p < 0,35$. Последовательность расчета показана в табл.1, 2, 3 и начинается со следующих операций:

1. Из дериваторамм рис.1 следует, что дегидратация начинается при 80°C (определяется по кривой ДТГ). $Y_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$, $Nd_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$ и $Ce_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$

Эта температура взята в качестве исходной точки. Далее через определенные интервалы температур (в частности, в данном случае через 10°C) на кривой ТГ отмечается ряд точек. В данном примере отмечено десять точек. Последняя точка соответствует температуре произвольно взятой для полного удаления влаги при 170°C . С температурной кривой точки переносятся на три кривые: ДТГ, ДТА и ТГ;

2. Далее переводятся $t^{\circ}\text{C}$ в К ($T = t^{\circ}\text{C} + 273 \text{ K}$) и определяется для каждой точки величина $1/T \cdot 10^{-3}$;

3. Находятся величины, необходимые для расчета энергии активации по кривым ДТА, ДТГ и ТГ: А) Δt , v_m и m замеряются и выражаются в мм;

Б) С помощью микрокалькулятора определяются $\lg \Delta t$, $\lg m$, $\lg v_m$ и $2 \lg T$, а также разность $(\lg m - 2 \lg T)$ и по этим данным для каждой кривой строятся графики в координатах $\lg \Delta t \sim 1/T$, $\lg v_m \sim 1/T$ и $\lg m - 2 \lg T \sim 1/T$ (рис.2. 1, 2, 3 соответственно). График представляет собой прямую линию, тангенс угла наклона которой показывает величину энергии активации, в частности, процессов

дегидратации и термического разложения оксалата иттрия, неодима и церия.

В качестве образцов были взяты оксалаты иттрия, неодима и церия, используемые на Кыргызском химико-металлургическом комбинате для получения оксидов, а также оксалат кальция (реактив). Расчет энергии активации оксалата кальция выполнен (для качественного сравнения с известными литературными данными) по энергии активации карбоната кальция [5]. Результаты определения энергии активации оксалатов РЗЭ приведены в табл.4 Расчет энергии активации оксалатов РЗЭ выполнен по данным дифференциально-термического (ДТА), термогравиметрического (ТГ) и дифференциально-термогравиметрического (ДТГ) анализов, полученных на дериватографе Паулик-Эрдей.

Полученные результаты определения энергии активации оксалатов РЗЭ удовлетворительно согласуются между собой, а для оксалатов кальция и с литературными данными [5]. При этом учитывается, как отмечается в работе [6], что измерение значения энергии активации даже для стадии дегидратации одних и тех же соединений, по данным различных авторов, отличаются друг от друга в 3-4 раза.

По результатам определения энергии активации оксалатов иттрия, неодима и церия с учетом экстраполяции построен график для высоких температур оксалатов неодима в виде зависимости $-\lg E_a$ от $\lg T$, рис.3.

Литература

1. Татыбеков А., Моссэ А.Л., Жеенбаев Ж.Ж. Расчет режимов обработки оксалатов РЗЭ в плазменном реакторе //Исследование процессов в плазменных нагревательных устройствах. Минск: ИТМО, 1986. — с. 109-121.
2. Логвиненко В.А, Термический анализ координационных соединений и клатратов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1982. - с.127
3. Иванов В.В., Габуда С.П., Мишин Е.Н. и др. Один случай задачи о кривых веса и дериватограммах сушки с десорбцией многофракционного водного адсорбата. - ИЖФ, 1972. - Т.23. - с1023-1029.
4. Колосовская Е.А. Термический анализ десорбции капиллярно-пористых тел. Красноярск, 1980. — с.40 (припринт ИЛ иД СО АН СССР).
5. Горшков В.С., Тимашов В.А., Савельев В.А. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. — М.: Высшая школа, 1981. — с.333.
6. Соединения редкоземельных элементов. Карбонаты, оксалаты, нитраты, титанаты. Комиссарова Л.Н., Шацкий В.М., Пушкина Г.Я. и др.; Отв.ред. В.П.Орловский и Н.Н.Чудинов— М.:Наука,1984,235с

Таблица 1. Результаты определения по дериватограмме энергии активации $Y_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$

Расчетные величины	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t, ^\circ C$	80	90	100	110	120	130	340	350	360	370	380	390	400	410	420
T, K	353	363	373	383	393	403	613	623	633	643	653	663	673	683	693
$1/T \cdot 10^{-3}$	2,83	2,75	2,68	2,61	2,54	2,48	1,63	1,60	1,58	1,55	1,53	1,50	1,48	1,46	1,44
$\Delta t, mm$	19	25	34	42,2	50,5	36,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ДТА{	1,28	1,40	1,53	1,63	1,70	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\lg \Delta t$	6,0	11,0	18,5	23,0	25,5	26,0	5,0	7,5	9,5	13,5	18,5	22,0	23,0	28,5	88,0
$v_{m, mm}$	0,78	1,04	1,27	1,36	1,41	1,41	0,9	0,98	1,13	1,27	1,34	1,36	1,45	1,52	1,94
$\lg v_m$	3,5	7,0	12,0	18	23	30	6	8	10	12,5	15,5	21,0	27,0	31,5	48,0
m, mm	0,54	0,84	1,08	1,25	1,36	1,48	0,78	0,90	1,00	1,1	1,19	1,32	1,43	1,49	1,68
$\lg m$	5,09	5,12	5,14	5,17	5,19	5,21	5,57	5,59	5,60	5,62	5,63	5,64	5,66	5,67	5,68
2lg T	-4,5	-4,3	-4,1	-3,9	-3,8	-3,7	-4,8	-4,7	-4,6	-4,5	-4,4	-4,3	-4,2	-4,2	-4,0
$\lg m - 2 \lg T$															

Таблица 2. Результаты определения по дериватограмме энергии активации $Nd_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$

Расчетные величины	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$t, ^\circ C$	120	130	140	150	160	220	230	240	380	400	420	440	460
T, K	393	403	413	423	433	493	503	513	653	673	693	713	733
$1/T \cdot 10^{-3}$	2,54	2,48	2,42	2,36	2,31	2,03	1,99	1,95	1,53	1,48	1,44	1,40	1,36
$\Delta t, mm$	41	46	50	53	58	20	26	33	-	-	-	-	-
ДТА{	1,61	1,66	1,7	1,72	1,76	1,30	1,42	1,52	-	-	-	-	-
$\lg \Delta t$	12	16	18	19	20	7	12	13	36	45	-	-	-
$v_{m, mm}$	1,08	1,20	1,25	1,28	1,30	0,84	1,08	1,11	1,56	1,65	-	-	-
$\lg v_m$	10	14	18	23	28	38	41	44	56	67	78	90	100
m, mm	1,0	1,15	1,28	1,36	1,45	1,58	1,61	1,64	1,75	1,83	1,89	1,95	2,00
$\lg m$	5,19	5,21	5,23	5,25	5,27	5,39	5,40	5,42	5,63	5,66	5,68	5,70	5,73
2lg T	-4,18	-4,06	-3,95	-3,89	-3,83	-3,80	-3,79	-3,77	-3,88	-3,83	-3,79	-3,75	-3,73
$\lg m - 2 \lg T$													

Таблица 3. Результаты определения по дериватограмма энергии активации $\text{Ce}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Расчетные величины	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$t, ^\circ\text{C}$	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	240	260	280
T, K	353	363	273	383	393	403	413	423	433	443	513	533	553
$1/T \cdot 10^3$	2,83	2,75	2,68	2,61	2,54	2,48	2,42	2,36	2,31	2,26	1,95	1,88	1,81
$\Delta t, \text{мм}$	7,0	9,5	12,0	15,0	18,5	23,0	30,0	38,5	50,0	56,0	-9,0	-21	-30,5
$\Delta T_A \{ \lg \Delta t$	0,85	0,98	1,08	1,18	1,27	1,36	1,48	1,58	1,70	1,75	0,95	1,32	1,48
$v_m, \text{мм}$	2,5	3,0	3,5	4,5	7,0	10,5	16,5	22,5	26,0	23,5	3,0	12,0	7,0
$\Delta T_T \{ \lg v_m$	0,4	0,48	0,54	0,84	1,02	1,22	1,35	1,41	1,37	0,90	1,08	0,85	1,45
$m, \text{мм}$	3,0	3,5	5,0	6,0	7,5	10,5	14,5	20,0	26,5	33,5	52,0	57,5	62,5
$\lg m$	0,48	0,54	0,70	0,78	0,87	1,00	1,16	1,30	1,42	1,52	1,71	1,75	1,8
$2 \lg m$	5,1	5,12	5,14	5,16	5,18	5,21	5,23	5,25	5,27	5,29	5,42	5,45	5,48
$2 \lg T$	-4,62	-4,58	-4,44	-4,39	-4,31	-4,21	-4,07	-3,95	-3,85	-3,77	-3,70	-3,69	-3,68
$\lg m - 2 \lg T$													

Таблица 4

Энергия активации оксалатов РЗЭ, определенная по данным дифференциально-термического анализа в интервале температур 150-240 $^{\circ}\text{C}$

Соединения	$E(\text{ДТА}),$ кДж/моль	$E(\text{ДТТ}),$ кДж/моль	$E(\text{ТТ}),$ кДж/моль	Погрешность, %
Оксалат иттрия	471,77	605,57	640,57	± 10
Оксалат неодима	471,77	665,28	672,77	± 10
Оксалат церия	351,2	453,8	505,9	± 10
Оксалат кальция	324,64	366,46	436,07	± 10
Карбонат кальция	169,98	165,38	198,87	± 10

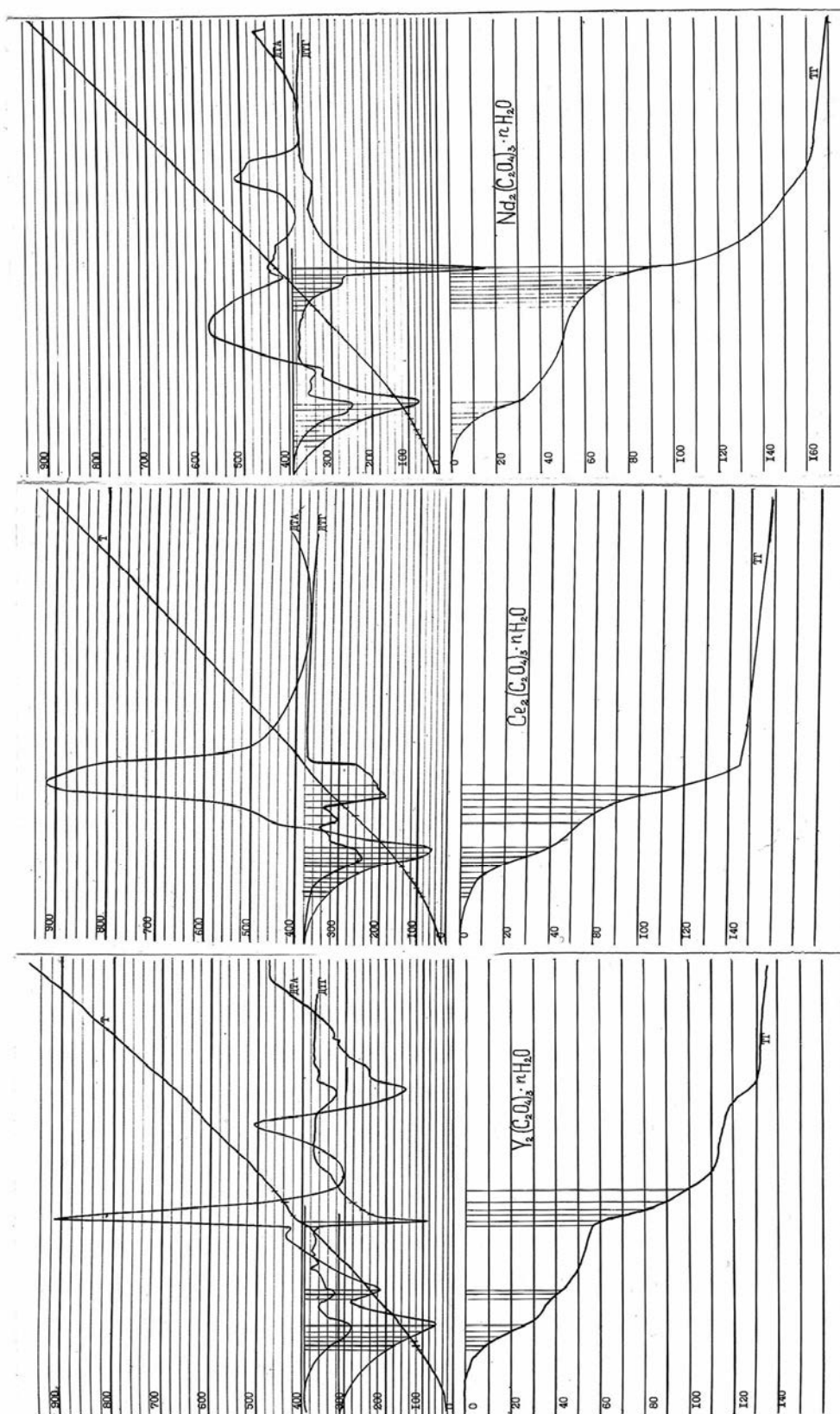


Рис.1. Дериватограммы $Y_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$, $Ce_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$ и $Nd_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$ для определения энергии активации

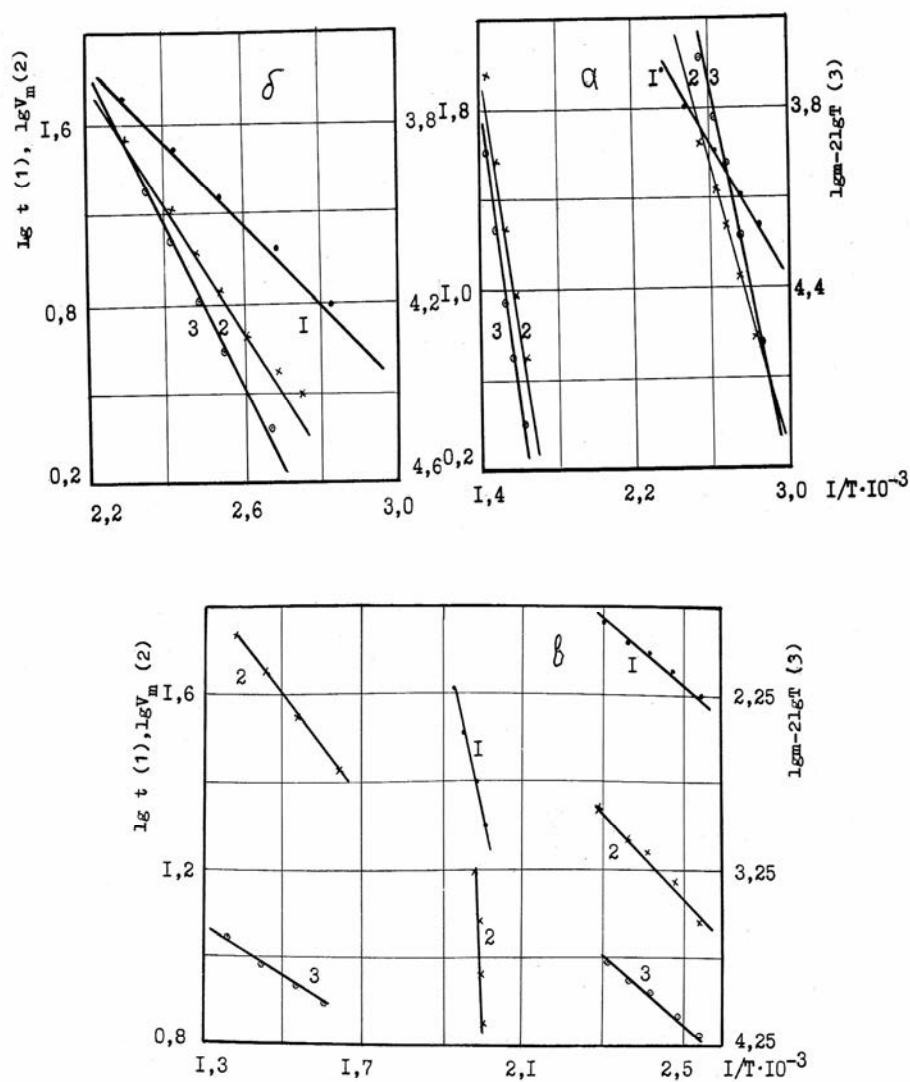


Рис.2. Графики расчета энергии активации процесса диссоциации $Y_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$ (а), $Ce_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$ (б) и $Nd_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$ (в)
1 - по ДТА; 2 - по ДТГ; 3 - по ТГ

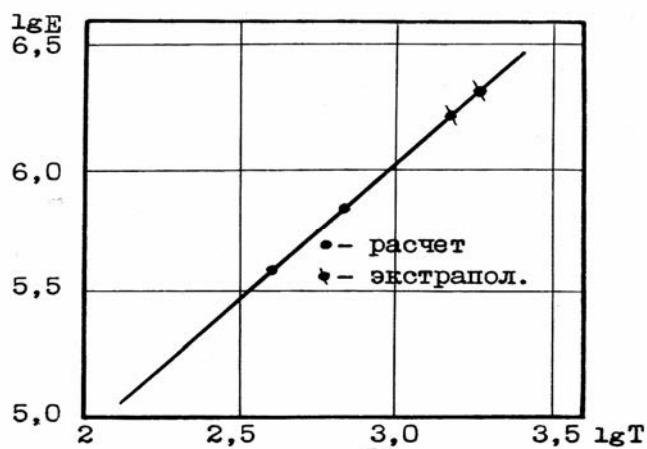


Рис.3. Зависимость энергии активации процесса разложения $Nd_2(C_2O_4)_3 \cdot nH_2O$ ($\lg E_a$) от его температуры ($\lg T$)

УДК.622.765

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ СМЕШАННЫХ РАЗНОТИПНЫХ РУД

Кожонов А.К., Ногаева К.А., Шамыраниева А.А.

ИГДуГТ им. академика У.А. Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова

В данной статье была исследована технология коллективной флотации различных типов золотосодержащих сульфидных руд. Также из-за наличия свободного золота выявилась необходимость использования процесса гравитации. В связи с этим были проведены серии опытов постадиальной гравитации руды, результаты которых показали необходимость включения этой операции в технологическую схему.

In given article the technology of collective flotation of various types золотосодержащих sulphidic ores has been investigated. Also because of presence of free gold necessity of use of process of gravitation has come to light. In this connection series of experiences on постадиальной gravitation of the ore which results have shown necessity of inclusion of this operation for the technological scheme have been spent.

Авторами была исследована и установлена возможность переработки смешанных кварц-турмалиновых, кварц-серицитовых и кварц-карбонатных типов золотосодержащих сульфидных руд в единой технологической цепочке по технологии коллективной флотации, также были определены регламентируемые оптимальные технологические режимы [1].

В целях улучшения показателей переработки смешанных руд более подробно изучены технологические свойства выделяемых типов. Технологические свойства предопределяются геологическим строением месторождения, морфологией рудных тел, минералого-химическими и текстурно-структурными особенностями руд, из которых определяющими являются минеральная форма ценного компонента (золота), характер его ассоциаций с рудными и нерудными

минералами, характер и степень изменения руд гипогенными и гипергенными процессами [2].

Минеральные формы смешанного материала весьма разнообразны и представлены следующими типами руд:

- кварц-турмалиновые – 50%;
- кварц-серицитовые – 25%;
- кварц-карбонатные – 25%.

Качественный состав указанных групп типов руд идентичен, но количественно кварц-турмалиновые богаче на порядок свинцом, медью, цинком. Во всех ассоциациях характерно отложение золота в микротрещинах в пирите, на гранях кристаллов и между пиритом и халькопиритом, в интерстициях между зёрнами кварца.

Рациональный и ситовый анализы материала приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1.

Рациональный анализ смешанной пробы руды

Форма нахождения и характер связи золота и серебра с сопутствующими компонентами руды	Содержание, г/т		Распределение, %	
	Au	Ag	Au	Ag
Au и Ag в виде свободных зерен с чистой поверхностью (амальгамируемые)	1,6	0,6	21,9	7,7
Au и Ag находящиеся в сростках (цианируемое)	4,4	4,4	60,3	56,4
Ag связанное с сульфосолями, цианируемое после обработки NaOH	-	0,8	-	10,2
Ag связанное с карбонатами, цианируемое после обработки HCL	-	0,6	-	7,7
Au и Ag связанное с сульфидами	1,2	1,3	16,4	16,7
Au и Ag тонковкрапленные в кварц, турмалин и пороодообразующие минералы	0,1	0,1	1,4	1,3
Исходный материал	7,3	7,8	100,0	100,0

Из результатов рационального и ситового анализов наблюдается наличие свободного неравномерно распределенного золота. Размер золотин преимущественно сотые доли мм. В подчиненном количестве встречаются золотины размером 0.4-0.6 мм.

Выделено две структурные разновидности золотин: комковатая ассоциация с пиритом и пластинчатая ассоциация с халькопиритом.

Серебро входит в состав золота, часть его связана с галенитом (108 г/т) за счет

включений серебросодержащих фаз, остальное количество приходится на другие сульфиды.

Ситовый анализ руды крупностью - 2мм показал, что распределение золота и серебра по классам крупности сравнительно

равномерное, но с заметным превышением в тонких классах.

Таблица 2.

Крупность класса, мм	Массовая доля, %	Содержание, г/т		Распределение, %	
		Au	Ag	Au	Ag
+2,00	13,2	6,6	7,1	11,8	12,0
-2,00+1,40	19,9	6,9	6,7	18,5	17,1
-1,40+1,25	3,4	7,0	12,2	3,2	5,3
-1,25+1,00	6,7	7,2	7,5	6,5	6,4
-1,00+0,80	9,0	5,7	7,4	6,9	8,5
-0,80+0,60	8,2	7,2	6,8	8,0	7,2
-0,60+0,50	4,6	8,4	7,5	5,2	4,4
-0,50+0,40	6,2	2,8	7,4	2,3	5,9
-0,400+0,315	3,9	5,4	7,0	2,8	3,5
-0,315+0,250	5,6	10,8	8,4	8,2	6,0
-0,250+0,160	2,2	12,8	9,9	3,8	2,8
-0,160+0,100	2,3	11,1	11,2	3,4	3,3
-0,100+0,074	1,7	4,3	10,5	1,0	2,3
-0,074	13,1	10,4	9,1	18,4	15,3
Исходный	100,0	7,4	7,8	100,0	100,0

Распределение золота и серебра по классам крупности в исходной руде

Наличие в руде свободного золота и золотосодержащих сульфидов указывает на необходимость применения процесса гравитационного обогащения, так как основная часть потерь благородных металлов связана с самородными формами и ковкими сульфидными золотами, склонными к расклепыванию и навалыцеванию, которые в процессе измельчения в замкнутых циклах с классифицирующими аппаратами переизмельчаются и могут быть извлечены только мето-

дами гидрометаллургии. Общепринятой мерой борьбы с аккумуляцией благородных металлов в циклах измельчения является включение дополнительных операций гравитационного обогащения в разрыв циклов, циркулирующие нагрузки которых являются естественными концентраторами тяжелых металлов и благородных металлов.

Проведены опыты постадиального гравитационного обогащения исходной руды крупностью -2,00мм (табл. 3, 4).

Таблица 3.

Размер отверстий решета, мм	2
Крупность дробы, мм	3-4
Толщина постели, мм	20
Длина хода диафрагмы, мм	
В первой стадии	9
Во второй стадии	5
В третьей стадии	4
Расход воды, л/ч	
В первой стадии	360
Во второй стадии	514
В третьей стадии	600
Производительность, кг/ч	72

Режимные параметры отсадочной машины

Стадиальное измельчение руды до крупности -0,2мм позволяет извлечь золото

в гравеоцентрат 59,8% при его выходе 15,0% и содержании в нем золота 29,38г/т.

Таблица 4.

Продукты	Выход, %	Золото		Крупность питания, мм
		Содержание, г/т	Извлечение, %	
Концентрат 1	7,8	30,60	32,4	-2,0
Концентрат 2	3,2	24,60	10,7	-1,0
Концентрат 3	1,3	23,50	4,2	-0,5
Концентрат 4	2,7	34,20	12,5	-0,2
Объединенный концентрат	15,0	29,38	59,8	
Хвосты гравита- ции	85,0	3,48	40,2	
Руда	100,0	7,37	100,0	

Результаты гравитационного обогащения исходной руды при шаровом измельчении

При доводке гравитационных концентратов получен концентрат с содержанием золота 78 г/т при извлечении 20.1% и выходе 1.9%.

Промпродукты доводки могут быть направлены на гидрометаллургическую обработку. Результаты гравитационного обогащения при шаровом измельчении и самоизмельчении равнозначны и свидетельствуют о необходимости включения данной операции в технологическую схему переработки.

Учитывая весьма тонкий характер вкрапленности золота в сульфидах и их

сравнительно низкую золотонность, выделить «золотую головку» не представляется возможным.

При гравитационном обогащении руды извлечение золота в гравеоконцентрат составляет 59.8%. С целью доизвлечения металла из хвостов гравитации изучен флотационный метод обогащения.

Исследовались хвосты гравитации с содержанием золота 2.9-3.5 г/т, серебра 4.2-4.5 г/т. Ситовый анализ материала показал (табл. 5), что 87.4% материала сосредоточено в классе менее 0,074мм.

Таблица 5.

Крупность класса, мм	Массовая доля, %	Содержание золота, г/т	Распределение золота, %
+0,074мм	19.1	2.14	12.6
-0,074мм	80.9	3.50	87.4
Исходный	100.0	3.24	100.0

Гранулометрическая характеристика хвостов гравитации

Крупность материала – 88-93%
класса 0.074мм;

Расход реагентов, г/т:

- медный купорос – 141-157;
- бутиловый ксантогенат – 87.5;
- продолжительность флотации – 20 мин.

В табл.6 и рис. 1 приведены результаты опыта с фракционным снятием пены (концентрат 1 через 3 мин, следующие – через 2 мин.). Как видно, основная масса золота (72%) флотируется за 3 мин., в последующие 4 мин – 17.2%, поэтому время основной флотации принято 6-7 мин, контрольной – 13 мин.

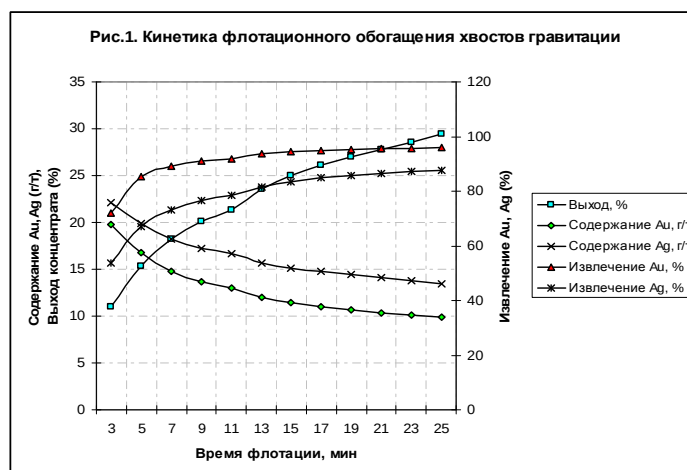
С целью сокращения расхода медного купороса и повышения эффективности действия ксантогената в работе использован способ обработки ксантогената медным купоросом. В этом случае образуется диксантогенид и ксантогенат меди, способствующие повышению извлечения золота и золотосодержащих сульфидов. Соотношение бутилового ксантогената калия к медному купоросу лежит в интервале 1:0,30 до 1:0,25.

Использование способа обработки при флотации хвостов гравитации способствует уменьшению расхода медного купороса на 70% и при этом не ухудшаются технологические показатели флотации.

Таблица 6.

**Результаты опыта по флотации хвостов гравитации
с фракционным снятием концентратов**

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Концентрат основной 1	11.0	19.76	22.16	72.0	53.8
Концентрат основной 2	4.3	9.30	13.86	13.2	13.2
Концентрат основной 3	2.9	4.18	9.32	4.0	6.0
Концентрат основной 4	1.9	2.93	8.52	1.8	3.6
Концентрат основной 5	1.2	2.37	7.61	0.9	2.0
Концентрат контрольный 1	2.3	2.23	6.13	1.7	3.0
Концентрат контрольный 2	1.4	1.76	6.02	0.8	1.9
Концентрат контрольный 3	1.1	1.53	5.90	0.6	1.4
Концентрат контрольный 4	0.9	1.11	4.88	0.3	1.0
Концентрат контрольный 5	0.8	1.09	3.97	0.3	0.7
Концентрат контрольный 6	0.8	0.78	3.06	0.2	0.5
Концентрат контрольный 7	0.8	0.63	2.61	0.2	0.4
Хвосты	70.6	0.17	0.80	4.0	12.5
Исходный	100.0	3.02	4.53	100.0	100.0



Извлечение золота из хвостов гравитации флотацией составляет 96%.

1. Результаты исследований свидетельствуют о целесообразности введения гравитационного обогащения после каждой стадии измельчения;

2. Суммарное извлечение золота по схеме гравитация с последующей флотацией хвостов гравитации составляет 97,7 %. При внедрении данной схемы удастся снизить содержание золота в отвальных хвостах до 0.17 г/т и степень извлечения золота по сравнению с флотационной схемой (92,21%) повышается на 5.5%.

3. В зависимости от способа переработки объединенных концентратов, используя кривую кинетики обогащения, появляется возможность выбора необходимого качества концентрата и уровня извлечения золота.

Литература

1. Кожонов А.К., Ногаева К.А., Шамыралиева А.А. Технологические аспекты переработки разнотипных рудных тел сульфидных месторождений / Кожонов А.К. и др. // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова. 2008. №14.
2. Попов Е.Л. Современные схемы и методы переработки золотосодержащих руд / Попов Е.Л. // Геология и минеральные ресурсы. 1999. №2. С. 10-12

УДК. 502/Б-42

УРОВЕНЬ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ СОЛНЦА В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСТАНА

Бекболотова А.К., Сатыбалдиева Ж.Ж.

ИГДиГТ им. академика У.А. Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова

Озоновый слой защищает нас от вредного ультрафиолетового излучения. Благодаря этому слою на Земле существует жизнь. Если бы его не было, животные и человек получали большую дозу облучения. Поэтому проблема сохранения озонового слоя, защищающего все живое на Земле от пагубного воздействия ультрафиолетового излучения, относится к числу первоочередных задач для ученых, экологов и производителей всех стран мира. В этой связи, под руководством кафедры ООС и РИПР проводился изучение уровня Ультрафиолета Солнца в условиях низко – средне – и высокогорья. Выявлено, что уровень ультрафиолета достигает максимальной величины в геоэкологических условиях Кыргызстана.

В 1985 году специалисты по исследованию атмосферы из Британской Антарктической службы сообщили о том, что весеннее содержание озона в атмосфере Антарктиды уменьшилось за период с 1977 по 1984 г. на 40%. Этот факт подтвердили другие исследователи, показавшие, что область пониженного содержания озона охватывает в пределах Антарктиды зону на высоте от 12 до 24 км, т.е. значительную часть нижней стратосферы. Специалисты из четырех стран провели эксперимент с использованием авиации и показали, что в стратосфере над Антарктидой образовалась озоновая “дыра”. Падение уровня озона в ней было около 9 %. В среднем с 1979 по 1990 гг. содержание озона в стратосфере Земли снизилось на 5%. А весной 1993 г. содержание озона над южным полюсом уменьшилось на 60% Озоновый слой защищает нас от вредного ультрафиолетового излучения [2].

В настоящее время доказано, что увеличение ультрафиолета на поверхности Земли происходит вследствие истощения озонового слоя. В 1992 г, когда истощение озона было значительно, уровень ультрафиолета над Южным полюсом было в четыре раза больше, чем в предыдущем году. Продолжительное повышение уровня УФИ было зафиксировано в 1992–1993 гг. в густонаселенных районах (Торонто, Канада), из-за истощения озонового слоя. Измерение показало, что уровень УФИ был на 35 % выше, чем в предыдущие годы. В 1999 г. на измерительной станции на юге Аргентины уровень УФИ был на 45 % выше, чем в предыдущие годы в этих же широтах. На основе имитационных моделей ожидается, что в будущем уровень УФИ у поверхности Земли будет значительно выше, чем в настоящее время [7].

Солнечный поток, падающий на Землю, испытывает изменение во времени. За 4,5 млрд. лет, прошедших с момента образования Земли, солнечное излучение возросло от 25 до 65 % и поток солнечной энергии оказывает заметное влияние на окружающую

среду. По различным причинам меняется и количество отраженной от поверхности и атмосферы Земли солнечной энергии. Это определяется содержанием в атмосфере Земли аэрозолей, рассеивающих и отражающих солнечную энергию, поверхности той или иной территории (снежный покров и чернозем отражают разные доли падающей на них солнечной энергии). Подсчитано, что уменьшение озона в стратосфере лишь на 1% увеличит, например, число злокачественных новообразований на коже на 3%, катаракты глаз – на 0,6 - 0,8%, а также будут развиваться нарушения в иммунной системе, что породит небывалый рост инфекционных болезней[2].

Около 90 % территории Кыргызстана расположено выше 1500 м над уровнем моря. Численность населения в нашей стране на конец 2005 г. по данным Национального статистического комитета составила 5 млн. 166 тыс. человек. Из них 35 % населения проживают в условиях равнины (800 м над уровнем моря) и 65 % - в горных условиях (выше 1000 метров над уровнем моря). В горах интенсивность УФИ возрастает из-за уменьшения плотности воздуха и снижения его способности поглощать вредные лучи. А научно-исследовательский Центр Мониторинга Атмосферы, расположенный на Иссык-Куле, под руководством академика С.Дж.Токтомышева с 1980 года фиксирует сезонные снижения концентрации озона над регионами Центральной Азии. Истощение озонового с 1979 по 2000 год составило на 30% больше чем предыдущие годы, а спектральная прозрачность атмосферы в период наблюдений возросла на 9% с 1982 по 2001 год [8].

Ионизирующее излучение и высокогорная гипоксия оказывают комбинированное влияние на организм. По данным авторов [1, 3, 5, 6] как в низкогорье, так и в высокогорье, в крови у животных уменьшалось количество эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов и содержание гемоглобина. Угнетался процесс кроветворения в костном мозге. Замедлялась свертываемость крови, сни-

жалась резистентность кровеносных сосудов. В сочетании с радиационным, промышленным и сельскохозяйственным загрязнением среды, фактор высокогорья вызывает нарушение здоровья человека, вплоть до появления специфической горной патологии [4, 6, 10].

Поэтому важно исследовать даже незначительное влияние на организм небольших доз радиации в условиях горных регионов, с целью выявления ранних изменений в организме.

Уровень ультрафиолетового излучения (УФИ) является показателем, существенно влияющим на здоровье населения. Повышенный уровень ультрафиолетового излучения может вызвать рак кожи, катаракту глаза и ослабить иммунную систему, а информация об уровне ультрафиолетового излучения позволяет предпринять действия, необходимые для сокращения риска возникновения этих заболеваний.

Поэтому Всемирная Организация Здравоохранения при содействии Программы окружающей среды ООН, Всемирной метеорологической организации и Международной комиссии по неионизирующей радиации разработали Глобальный индекс солнечного ультрафиолетового излучения (UV index), который необходимо учитывать, находясь на солнце. Индекс является единицей измерения солнечного излучения, вызывающего ожог, диапазона UV – В. Максимальный суточный индекс УФИ изменяется в зависимости от региона и времени года. Высокие (большие) суточные величины, как правило, встречаются летом в самых низких широтах, когда полуденное Солнце находится в зените. Поэто-

му индекс УФИ применяется в Международной практике для повышения осведомленности населения о вредном воздействии УФИ на здоровье человека и входит в перечень обязательных климатических показателей, о текущих и прогнозируемых значениях которых регулярно информируется население через СМИ. А для определения индекса солнечного ультрафиолетового излучения используется современная метеорологическая станция «Цифровой погодный центр с бегущей строкой» с измерителем RST 02871, который в одно и то же время измеряет ультрафиолет Солнца, температуру и влажность воздуха [9].

С 2007 г. в Кыргызстане при финансовой поддержке Озонового центра КР и под руководством кафедры ООС и РИПР ИГД и ГТ КГТУ им. И.Раззакова проводятся исследования уровней УФ Солнца экологами высших учебных заведений в городах Бишкек, Каракол, Нарын, Ош, Джалал-Абад. Значения УФ индекса обычно составляет от 1 до 11 условных единиц. Здесь мы приводим данные, которые были получены в условиях низко – средне – и высокогорья. Как видно на рисунке 1, средние данные ультрафиолета Солнца, полученные летом в условиях среднегорья (в г. Бишкек, 800м. над уровнем моря), были высокими, особенно, с 10:00 часов утра до 16:00 часов вечера и составили 8, 10, 10, 7 индексов, против 2 индекса в норме. В 18:00 часов ультрафиолет Солнца снижается до 2, 3 индекса. Средняя температура воздуха также была высокой и составила от 25° С до 34° С. С увеличением ультрафиолета и температуры снижается влажность воздуха – от 38 % - до 20

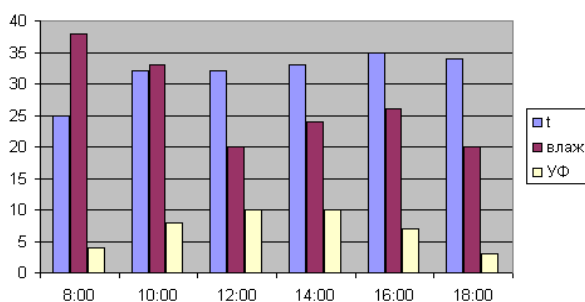


Рис. 1. Солнечная радиация, температура и влажность воздуха в условиях низкогорья летом

За этот же период в условиях среднегорья – в г. Каракол, 1600м над уровнем моря и высокогорья – в г. Нарын 3000м над уровнем моря средняя ультрафиолетовая радиация была высокой и составила максимальную величину по шкале логотипа ультрафиолето-

вого излучения ВОЗ – 11 индексов против 2 в норме (рис. 2 и 3). А температура воздуха была не очень высокой и составила от 25 до 27° С и от 23° С до 21° С соответственно.

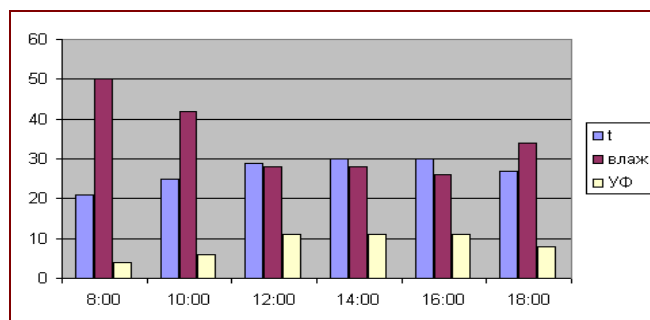


Рис. 2. Ультрафиолетовая радиация, температура и влажности воздуха в условиях среднегорья летом

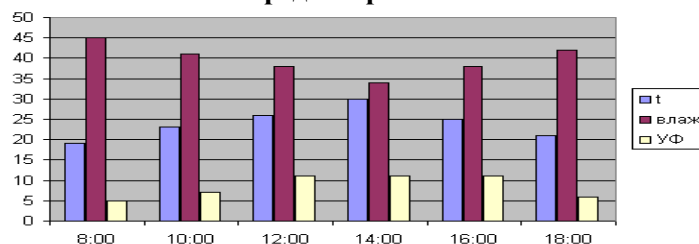


Рис. 3. Состояние ультрафиолета Солнца, влажности и температуры воздуха в условиях высокогорья летом

Так же, как видно на рисунке 1, что в условиях низкогогорья ультрафиолетовая радиация Солнца достигает максимальной величины с 10:00 часов утра до 14:00 часов дня, а в условиях среднегорья (рис. 2) и высокогорья (рис. 3) он был максимальной (11 индекс) с 10:00 до 16:00 часов и оставался высоким и 18:00 часов (8,3 и 6 индексов), то есть, по сравнению с низкогогорьем, в условиях средне- и высокогорья максимальный индекс УФ держался на 2 часа дольше, хотя в этих регионах температура воздуха была не высокой, по сравнению с температурой воздуха низкогогорья. За этот период влажность воздуха составила от 50 до 34% - в среднегорье и 45-42% - в условиях высокогорья. При этом можно отметить, что влажность воздуха в условиях высокогорья выше, чем в низкогогорье.

Таким образом, в геологических условиях Кыргызстана уровень ультрафиолетовой радиации УФ – Б достигает максимальной величины по шкале и логотипа индекса ВОЗ, особенно в условиях средне- и высокогорья. В этой связи, населения Кыргызстана должны быть информированы через средства массовой информации об уровне УФИ, что такая информация позволит предпринять необходимые действия для сокращения риска возникновения заболеваний.

Литература

1. Алиев М. А., Лемешенко В.А., Бекболотова А. К. Стресспротективный эффект горной адаптации. – 1989, Фрунзе. – 213 с.
2. Аманалиев М. К., Ильясов Ш. А. Озоновый слой. – 2007, Бишкек. – 57 с.
3. Бекболотова А.К. Роль системных и метаболических компонентов адаптации в развитии и течении стрессорных состояний в горах: Автореф. дисс. докт. биол. наук. – 2003, Бишкек. – 30 с.
4. Беккоенов М.Э., Ботбаева М.М., Зубанов В.Н. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях в Кыргызской Республике. – 2005, Бишкек. – 66 с.
5. Захаров Г. А., Бекболотова А. К. Стресс и горы. – 2006, Бишкек.- 83 с.
6. Ильина Л.Л. Влияние повышенного радиационного фона на перекисное окисление липидов и систему свертывания крови в средне- и высокогорье. Автореферат канд. диссертации. – 2000, Бишкек. – 20 с.
7. Информационный бюллетень. К XX летию Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой. – 2007, Бишкек. – 19 с.
8. Токтомышев С.Ж. Эпоха перемен. – 2004, Бишкек. – С. 68 – 104.
9. Профилактика через первичное здравоохранение. Всемирная организация здравоохранения 2003. Европейское региональное бюро, Копенгаген. – С. 66 – 70; 116 – 121.
10. Эсенбекова З.Э., Плехина Л.В. Высокогорье и радиация. Экологический вестник Кыргызстана. – 1998. №3. Бишкек. – с. 10 – 11.

ГЕОЛОГИЯ

УДК 55 (575.2)

КОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г.

Томский политехнический университет, Томск

В работе рассматривается история развития, современное состояние и результаты применения материалов современных мультиспектральных космических съемок для решения широкого круга геологических задач, прогнозирования и поисков полезных ископаемых в различных геолого-структурных, ландшафтных и биоклиматических условиях.

Дистанционные методы исследований (ДМИ) всегда были и будут актуальны, особенно для труднодоступных и высокогорных районов. Это касается и известных горнорудных районов, которые детально изучены и опробованы наземными методами. Здесь можно рассчитывать, главным образом, на выявление скрытых рудных объектов (глубоко залегающих и/или перекрытых рыхлыми отложениями), что требует перехода на новые технологии прогноза и поиска месторождений, которые позволяют на начальном этапе в короткие сроки при минимальных затратах средств значительно сократить размер перспективных площадей для постановки детальных глубинных поисковых работ. В этом случае на первый план также выходят дистанционные методы геологических исследований. Наиболее востребованными в настоящее время являются материалы космических съемок (КС).

Преимуществом данных КС является: объективность и метричность исходной информации; обзорность, непрерывность, наглядность и требуемая детальность; использование цифровых средств получения информации и обработка данных в среде геоинформационных систем; естественная генерализация и повышенная глубинность; высокая информативность, обусловленная возможностью получения данных в широком диапазоне спектра электромагнитного излучения; высокая экспрессность и относительно низкая стоимость, что позволяет сократить сроки и повысить результативность геологоразведочных работ (Аэрокосмические ..., 2000; Поцелуев, Ананьев, Житков и др., 2007).

Очевидное достоинство КС – непрерывность данных. Это существенное их преимущество перед большинством наземных и аэрометодов, которые характеризуются дискретностью и выполняются, как правило, в профильном варианте, что существенно влияет на их результативность.

Особо важным обстоятельством является то, что КС высокоэкологичны. При их

выполнении не нарушается целостность и не происходит загрязнение исследуемых площадей. Применение этих методов возможно при исследовании любых, в том числе особо охраняемых территорий (заказников, заповедников, парков и т.д.).

Весьма эффективно использование КС при изучении пограничных районов, прослеживании и корреляции элементов геологического строения и минерализации, в условиях когда возможности использования наземных и аэрометодов ограничены требованиями соответствующих служб.

История развития ДМИ связана, с одной стороны, с развитием способов дистанцирования, а с другой стороны – с совершенствованием методов регистрации и исследования объектов.

Традиционно история ДМИ описывается с событий, связанных с воздухоплаванием. Интенсивное развитие методов началось в XX веке. Со второй четверти XX века стала очевидной возможность применения ДМИ для решения самых разнообразных народнохозяйственных задач. В развитии ДМИ можно наметить четыре основных этапа (Поцелуев, Архангельский, 2001).

1. Этап становления (до 1945 г.). Характеризуется как начало использования ДМИ для решения разнообразных и, в первую очередь, – картографических задач. С 1925 г. начались систематические съемки для составления топографических карт. Для научно-методического обеспечения и координации работ в 1927 г. в г. Ленинграде создается институт аэросъемки. Опыт первых аэрофотосъемочных работ показал высокие перспективы их применения и в 1931 г. при Ленинградском НИИ аэросъемки был организован специальный отдел по изучению геологии, ботаники и почв. С 1938 г. применение АФС стало обязательным при геологосъемочных работах.

В этот период большой вклад в становление и развитие ДМИ в нашей стране внесли А.Е. Ферсман, В.А. Фаас, А.В. Гавеман, Н.Г. Келль, В.П. Мирошниченко, Г.Ф. Лунс-

гергаузен, И.И. Краснов и др. (Перцов, 1999). Потребности производства вызвали и соответствующие изменения в планах подготовки специалистов. В 1939 г. в Московском геологоразведочном институте (в настоящее время Российский государственный геологоразведочный университет) вводится специальный учебный курс "Геологическое дешифрирование аэрофотоснимков". Первая книга по "Аэрогеосъемке" была написана В.П. Мирошников в 1945 г.

2. Этап широкого внедрения аэрометодов (с 1945 г.).

В 1945 г. была создана специализированная Аэрофотогеологическая экспедиция при комитете геологии, позднее реорганизованная в ВАГТ - Всесоюзный аэрогеологический трест (ныне ФГУНПП "Аэрогеология"). В результате планомерных работ к 1957 г. была проведена мелкомасштабная съемка всей территории бывшего СССР, и на ее основе создана Государственная геологическая карта масштаба 1:1000000. Наряду с проведением мелкомасштабных работ аэрометоды в геологии начали развиваться как средства получения информации о геологическом строении хорошо обнаженных районов путем дешифрирования крупно- и среднемасштабных аэрофотоснимков.

3. Третий этап в становлении ДМИ связан с развитием космонавтики и начинается с конца 60-х — начала 70-х годов 20-го столетия.

В начале 1970-х годов создаются специальные технические средства, телевизионная съемка, сканерная и др. Расширяется диапазон технических возможностей и решаемых задач. Применение материалов аэро- и космических съемок становится обязательным в системе геологической службы страны при проведении геологосъемочных работ среднего и крупного масштабов. Наряду с этим, широкое применение находят аэро- и космические съемки при прогнозировании и поиске месторождений нефти и газа, рудных полезных ископаемых, кимберлитовых трубок, строительных материалов, подземных вод. Значительные успехи были достигнуты в области использования материалов ДЗ при изучении состояния природной среды, выявлении уровня и источников ее загрязнения, проведении геоэкологического картографирования (Перцов, 1999).

4. Современный, качественно новый этап развития дистанционных методов наступил в 1980-х годах с появлением нового поколения цифровых средств получения информации, разработкой компьютерных

средств обработки изображений и геоинформационных (ГИС) технологий.

В России в начале 1990-х годов начали функционировать космические мультиспектральные и радиолокационные системы получения дистанционной информации в цифровом виде МСУ-М, МСУ-СК, МСУ-Э, Алмаз, а также фотографические системы высокого пространственного разрешения КФА-1000, МК-4, КФА-3000, ТК-350, КВР-1000. За рубежом широко используются данные мультиспектральных и радиолокационных космических съемок систем Landsat MSS, ETM+, IKONOS (США), Spot XS, P (Франция), ERS (Европа), JERS-1, ADEOS, ALOS (Япония), RADARSAT (Канада).

Необходимо отметить, что количество спутниковых съемочных систем постоянно возрастает и в последнее время практически удваивается ежегодно. Так, по данным ГИС-ассоциации и компании «Совзонд» количество спутников сверхвысокого пространственного разрешения составляло в 2005 г. 3 ед., в 2006 г. 7 ед., в 2007 г. 12 ед., в 2008 г. составило 17 ед. Среди них на рынке широко представлены данные IKONOS, QuickBird, WorldView-1, OrbView-3, Cartosat-2, Kompsat-2, TerraSarX и др.

Современные мультиспектральные данные позволяют получать информацию в цифровой форме об изучаемых площадях в широком спектре от коротковолновой части видимого диапазона (0,3-0,4 мкм) до теплового (10-20 мкм) и радиодиапазона (λ см) с малым, средним и высоким (<1 м) пространственным разрешением. При обработке этих данных используются специальные пакеты программ и алгоритмы. В разных диапазонах КС объекты и явления проявляются по-разному. В одних случаях предпочтительна съемка в каких-то участках видимого диапазона, в других случаях более информативны различные каналы ИК и теплового диапазонов (Поцелуев, Ананьев, Житков и др., 2007).

Наряду с задачами исследования состояния ОС и картографирования ресурсов мелкого (1:5000 000 - 1:500 000) и среднего (1:200 000 - 1:50 000) масштабов, когда требуется невысокое пространственное разрешение, все больше решается задач методами ДЗ при крупномасштабных (1:25 000 и крупнее) исследованиях (картографирование, поиски, мониторинг и др.). С увеличением разрешающей способности съемки значительно возрастает экономический эффект от применения космических методов.

Для решения многих задач применяется комплекс ДМИ, когда выполнение исследу-

дований по заданному району проводится одновременно в нескольких масштабах, в разных спектральных диапазонах, при этом используются материалы различных съемочных систем. В этом случае возникает задача рационального комплексирования методов.

Возможность и необходимость использования материалов ДЗ для решения широкого круга задач в области геологии и недропользования были показаны на различных примерах и декларативно отражены во многих инструкциях. Но работы такого плана, не смотря на их очевидную высокую информативность и относительную дешевизну, не нашли самого широкого применения, за исключением отдельных ведомств или компаний. В первую очередь это обусловлено не очень удачными попытками фирм геологоразведочного профиля, не имеющих специальной базы (подготовленных специалистов по обработке и дешифрированию космосоматериалов и в области ГИС-технологий, специальных программных продуктов и соответствующей вычислительной техники), получить качественную информацию из материалов КС. Частично ситуацию можно поправить, вводя в программу подготовки специалистов в Вузах соответствующие учебные дисциплины.

При подготовке инженеров-геологов в Томском политехническом университете (ТПУ) вопросы применения и комплексирования дистанционных методов, как правило, рассматривались в рамках дисциплин по методике прогнозирования и поисков полезных ископаемых. В 1995 г. была введена самостоятельная дисциплина «Дистанционные методы геологических исследований и мониторинга окружающей среды». В результате наработки учебно-методического материала для лекционных и лабораторных занятий было подготовлено учебное пособие, получившее гриф УМО по образованию в области прикладной геологии (Поцелуев, Архангельский, 2001). Данные разработки были весьма своевременны и оказались востребованы производственными организациями. С 2004 г. в этом направлении активно выполняются хоздоговорные и госбюджетные исследования в Центре дистанционных методов исследований и мониторинга окружающей среды ТПУ. На основе обработки материалов мультиспектральных космических съемок выполнены прогнозные и поисковые исследования в различных рудных районах России и Казахстана (Рудный Алтай, Южный Урал, Забайкалье, Кузнецкий Алатау, Горный Алтай).

При изучении Зырянского и Лениногорского рудных районов Рудного Алтая установлено (Житков, Поцелуев, Ананьев, 2005; Поцелуев, Ананьев, Житков и др., 2007), что общими особенностями известных полиметаллических месторождений является их связь:

- с крупными кольцевыми структурами диаметром 100 км и более. Месторождения располагаются в 25 - 40 км от их центров;

- с кольцевыми структурами меньшего размера, приуроченным, как правило, к «малым» интрузиям. Диаметр этих структур в Зырянском районе не превышает 20 км (месторождения располагаются в 1 - 3 км от их центров), а в Лениногорском составляет от 20 до 80 км;

- с линейными структурами и зонами повышенной линейаризации меридиональной, северо-восточной и северо-западной ориентировки и участками их сопряжения.

Впервые было установлено, что особенностью Зырянского района является выраженное линейно-блоковое строение и наличие очаговых структур, различной природы. Характерной чертой Лениногорского района являются «тектонические» линзы (блоки). Данные особенности геологического строения районов обусловлены явно выраженными индивидуальными чертами их геологического развития и имеют важное минерогеническое значение. Выявление этих черт стало возможным только по материалам космосъемок, обладающих свойствами повышенной глубинности, естественной генерализации и обзорности.

Исследования, выполненные в пределах Валерьяновской структурно-формационной зоны (Южный Урал), наряду с уточнением геологического строения кристаллического фундамента, позволили впервые выявить протяженные (более 220 км) погребенные разновозрастные палеодолины под мощным чехлом аллохтонных отложений. Установлена связь с ними уникального месторождения Шаймерден и сделан положительный прогноз на выявление в районе погребенных россыпей золота и гидrogenных месторождений урана.

При изучении Аkitканского урановорудного района (Северное Прибайкалье) доказана вулканокупольная природа основной Домугдино-Черепаниховской структуры в отличие от существовавших представлений о ее депрессионном характере. Полученные данные позволили существенно уточнить факторы рудоконтроля известных золотоурановых месторождений и рудопроявлений

и скорректировать направление дальнейших прогнозно-поисковых работ.

Исследование района Калгутинского редкометалльного месторождения (Горный Алтай) по материалам мультиспектральной космической съемки Landsat ETM+ и радиолокационной съемки SRTM показало (Поцелуев, Ананьев, Анникова и др., 2007), что оруденение локализовано внутри крупной кольцевой структуры сложного строения, характеризующейся длительным многоэтапным (многоимпульсным) развитием. Установлено погружение корневой (очаговой) части структуры с запад – северо-запада на восток – юго-восток. Положение кольцевой структуры контролируется узлом сопряжения зон разломов северо-западного, северо-восточного и северо-восточно – субширотного направления. Калгутинский гранитный массив и собственно месторождение находятся во внутреннем поясе структуры в кольце диаметром 15,2 км. При этом высоко оценены перспективы рудоносности юго-восточной части района (находящейся на территории Монголии), в связи с развитием малых кольцевых структур второго типа.

Материалы космосъемок высокого пространственного разрешения позволили решить ряд задач инженерно-геологического характера. В том числе по материалам мультиспектральных съемок высокого пространственного разрешения QuickBird, EROS, IRS с использованием данных SPOT, ASTER, Landsat выполнено инженерно-геологическое районирование территорий Томской особой экономической зоны и площадки под строительство коттеджей в пригороде Северска.

Вопросы методики комплексирования ДМИ, обработки и интерпретации данных, полученные результаты обсуждались на международных конференциях в Москве, Усть-Каменогорске, Магадане, Новосибирске, Томске, Иркутске, Екатеринбурге, отражены в многочисленных статьях и монографии (Поцелуев, Ананьев, Житков и др., 2007). Материалы исследований внедрены в учебный процесс, поставлен цикл лабораторных работ для студентов специальности «Геологическая съемка, поиски и разведка МПИ» (Ананьев, Житков, Поцелуев, Орехов, 2005).

В современных условиях интенсивного развития техники и технологии КС, их широкое использование в комплексе геологических исследований на всех стадиях геолого-разведочного процесса, при наличии специалистов в совершенстве владеющих технологией обработки и интерпретации данных, бу-

дет способствовать получению новых геологических знаний и повышению эффективности геологоразведочных работ.

Литература

1. Ананьев Ю.С., Житков В.Г., Поцелуев А.А., Орехов А.Н. Опыт преподавания ГИС-технологий в Томском политехническом университете // ARCREVIEW (современные геоинформационные технологии). – 2005, № 3, с. 14.
2. Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцова. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. - 316 с.
3. Болсуновский М.А. Обзор современного состояния рынка данных дистанционного зондирования высокого пространственного разрешения в РФ. Основные тенденции развития // Вторая международная конференция «Земля из космоса – наиболее эффективные решения», 30 ноября – 2 декабря 2005 г. – М.: Инженерно-технологический Центр СканЭкс, ЗАО «Совзонд», ООО «Издательство БИНОМ», 2005, с. 26-31.
4. Житков В.Г., Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Кузнецов А.С. Позиция крупных полиметаллических месторождений Рудного Алтая в космогеологических структурах // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых. Материалы геологической конференции, посвященной 75-летию со дня основания кафедры разведочного дела и специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». – Томск: Изд-во ТПУ, 2005, с. 391-396.
5. Перцов А. В. Аэрокосмические методы в геологии на рубеже веков // Отечественная геология, 1999, № 1, с. 7 - 12.
6. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Анникова И.Ю. и др. Космоструктурная модель района Калгутинского редкометалльного месторождения (Горный Алтай) // Известия ТПУ, 2007, т. 311, № 1, с. 45-53.
7. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. и др. Дистанционные методы геологических исследований прогноза и поиска полезных ископаемых (на примере Рудного Алтая). – Томск: STT, 2007. - 228 с.
8. Поцелуев А.А., Архангельский В.В. Дистанционные методы исследования окружающей среды. Учебное пособие для вузов. – Томск: STT, 2001. - 184 с.

УДК 553.411.044: 550.8 (575.1)

НОВАЯ МЕТОДИКА ПРОГНОЗА И ПОИСКА ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЗАКРЫТЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ

**Турапов М.К., **Акбаров Х.А., *Дулабова Н.Ю., **Усманов Д.Х., Кабаев О.Д.*

Институт минеральных ресурсов, Ташкент,*

*ТГТУ им. Абу Райхана Беруни, Ташкент**,*

КГТУ им. И.Раззакова

В работе рассматриваются решения проблем поиска и прогноза золоторудных месторождений в закрытых территориях Центральных Кызылкумов. Разработана методика оценки перспектив закрытых территорий на основе комплексирования геолого-структурных, геофизических, геодинамических методов исследований и экспериментальной тектоники.

Разработка научно-обоснованных поисково-оценочных критериев и методов прогнозирования эндогенного оруденения с целью выделения перспективных площадей, а также совершенствования методов поисков - одна из важнейших задач укрепления минерально-сырьевой базы на современном этапе развития геологии. Увеличение масштабов добычи основных видов минерального сырья, в особенности золота, вовлечение в сферу промышленного использования новых видов сырьевых ресурсов определяет необходимость осуществления прогнозных исследований во всех стадиях геологического изучения страны.

Особое значение в повышении эффективности геологоразведочных работ приобретает в этой связи научно-обоснованный выбор перспективных площадей для постановки поисковых работ и осуществление прогнозных исследований. Успех поисково-прогнозных работ в значительной мере зависит от разработанности теории и методики поисковых работ и прогнозных исследований, от степени знания генетических особенностей и закономерностей размещения полезных ископаемых, от надежности разработанных поисково-оценочных критериев и т.д.

Известно, что фонд легкооткрываемых поверхностных и близповерхностных месторождений полезных ископаемых уже в большей мере освоен и в тоже время фонд труднооткрываемых, скрытых и закрытых на глубине месторождений представляет собой огромный резерв, потенциал которого еще не изучен. Проблема поисков оруденения не выходящих на дневную поверхность и перспективной оценки закрытых относительно молодыми образованиями территории в настоящее время стоит перед геологической службой многих стран. Эта проблема возникла в связи с расширением и укреплением минерально-сырьевой базы. Один из путей расширения минерально-сырьевой базы, является открытие новых месторождений в за-

крытых чехлом молодых образований площадях.

С 2003 по 2005 г.г. ИМРом в рамках тематических исследований была дана оценка перспектив закрытых мезо-кайнозойским образованиями территории в обрамлении гор Тамдытау. По результатам работ были выделены пять перспективных участков на обнаружение скрытых золоторудных объектов. Разработаны были рекомендации по направлению дальнейших ГРП в этих перспективных участках.

Сущность метода заключается в детальном изучении закономерностей формирования золоторудных объектов с выделением главных рудоконтролирующих факторов и геологических особенностей площадей проявления золота в открытой части палеозойского фундамента. Далее все рудоконтролирующие факторы и признаки были переведены в разряд поисково-оценочных критериев и были использованы при перспективной оценке закрытых, мезо-кайнозойскими образованиями, территорий.

В основе разработанных поисково-оценочных критериев лежат факторы влиявшие на размещение золотого оруденения в Букантау, а также геофизические, космогеологические, геодинамические, тектонофизические особенности участка проявления золотой минерализации.

Л и т о л о г и ч е с к и е п о и с к о в о о ц е н о ч н ы е к р и т е р и и. Под литологическими факторами понимается влияние на локализацию и размещение оруденения вмещающих пород, благоприятность которых определяется совокупностью их внутренних свойств (Т.М.Марипов и др.1983) и воздействием внешних факторов. При прогнозе площади развития благоприятных литологических разновидностей пород выделяются как наиболее перспективные для обнаружения новых концентраций рудных элементов. И при прогнозе и поиске они приобретают статус поисково-оценочной критерии. В качестве литологической поисково-оценочной кри-

терии выдвигаются образования кокпатаской свиты (вмещает руды Саутбай, Барханное, Турбай, Аякаши), карашохской (Кокпатас), хожахматской (Алтынтау), коксайской (Айтым, Дальнее, Аномальное), архарской (Бозтау, Джелсай) свит. Площадь их развития - это наиболее перспективные площади (среди остальных разновидностей пород) для обнаружения новых скоблений рудных элементов.

Структурные поисково-оценочные критерии. Основу их составляют структурные факторы контроля золотого оруденения Букантау. Это северо-западные, северо-северо-западные, северо-восточные, субширотные и меридиональные разломы, которые крайне неравномерно развиты по всей площади Букантау. По сравнению с другими рудоносными площадями Центральных Кызылкумов здесь такие структурные элементы как сопряжение, пересечение разломов, зоны парных разломов особенно влияют на формирование объектов и размещение золотого оруденения. Учитывая это при оценке перспектив закрытых территорий в качестве поисково-оценочной критерии выдвигаются северо-западные, северо-восточные, субширотные разломы, в зоне которых могут быть обнаружены новые золоторудные объекты.

Магматические поисково-оценочные критерии. Из целого ряда рудоконтролирующих факторов предпочтение нужно отдать магматическому. Именно он определяет специфику формирования и размещения собственно рудных гидротермальных месторождений (И.Х.Хамрабаев, Х.Р.Рахматуллаев, З.Д.Юдалевич, И.М.Голованов и др.).

В пределах Букантау, как отмечают И.Х.Хамрабаев, Х.Р.Рахматуллаев, З.Д.Юдалевич, Ф.К.Диваев, Ю.С.Савчук и др., не наблюдается прямая связь магматизма с золоторудным процессом, т.е. ни одно проявление золота не находится в магматических образованиях.

По мнению Ф.А.Усманова хотя такой факт имеет место в природе, но существует генетическая связь золота с магматическим процессом. Статистический анализ пространственной взаимосвязи участков проявления золота с магматическими (интрузивными) образованиями Букантау, показывает, что все проявления золота расположены в околоинтрузивном пространстве, радиус которого от контакта интрузивов составляет 4 км. За пределами 4 км от интрузивов количество участ-

ков с концентрацией золота резко сокращается. Учитывая это в схеме развития интрузивных образований Букантау и в закрытых мезо-кайнозойским чехлом площадей были оконтурены околоинтрузивные площади радиусом до 4 км. И эти площади являются наиболее перспективными для обнаружения новых золоторудных объектов.

Геофизические поисково-оценочные критерии. В основе этих критериев лежит анализ геофизических материалов, направленные на выяснение геофизического состояния (силы тяжести и магнитные поля) участков проявления золота и факторов определивших пространственное развитие, интенсивность геофизических аномалий. Для Центральных Кызылкумов характерно мозаично-зональное строение гравитационного и магнитного полей.

Исследования показывают, что "промежуточная" зона геомагнитных и гравитационных аномалий (между максимум и минимум интенсивности) была наиболее благоприятна для проявления золотого оруденения. Почти все месторождения золота Букантау приурочены к этим "промежуточным" зонам. Этот факт был переведен в разряд поисково-оценочных критериев при оценке перспектив закрытых территорий в обрамлении гор Букантау.

Геодинамические поисково-оценочные критерии. Это один из новых оценочных критериев, который применяется в металлогенном прогнозировании на средне- и крупномасштабном уровнях. Разработкой поисково-оценочных критериев на основе расшифровки этапов и стадии геодинамического развития Узбекистана и сопредельных территорий занимались Т.Н.Далимов, П.А.Мухин, Ю.С.Савчук, В.И.Троицкий, И.М.Голованов, Э.Р.Базарбаев, А.В.Покровский, Ф.А.Усманов и др.

Исследования на Кызылкумском геодинамическом полигоне позволили В.И.Троицкому, И.М.Голованову и др., разработать методику прогнозирования рудных районов, наметить геодинамические особенности формирования оруденения, создать модель рудообразования в субдукционных условиях. По их мнению геодинамический фактор оказал определенное влияние на формирование и размещение основных типов месторождений полезных ископаемых. Геодинамические модели производились на основе формационного анализа и выделения литодинамических комплексов. Всего для

территории Узбекистана выделено девять геодинамических структур, которые отличаются друг от друга геологическим строением и структурно-тектоническими элементами.

Напомним, что в этой модели Букантау находится в приграничной зоне двух геодинамических структур - Северо-Букантау - Ферганской и Туркестано-Алайской. Имея в арсенале такие данные о геодинамических особенностях Букантау, о геодинамических факторах контроля формирования и размещения эндогенного оруденения приступили к реконструкции палеогеодинамики изучаемой площади на основе экспериментальных данных по моделированию структур Букантау.

Результатом этих работ явилось создание схемы геодинамической обстановки площади Букантау и прилегающих к нему закрытых территорий периода рудообразования. Впервые в пределах Букантау выделены локальные геодинамические зоны отличающиеся друг от друга геологическим строением, тектонической напряженностью, элементами тектоники и условиями формирования зон. Последний фактор имеет исключительную роль, формирование его обусловлено интенсивностью, направлением тектонической активности крупных региональных разломов. Именно движение (как вертикальное, так и горизонтальное) по разломам способствовали локальному отклонению отдельных участков Букантау от региональной геодинамической обстановки в условиях горизонтальных усилий сжатия. Центральных Кызылкумов (по теории литосферных плит - это субдукционный процесс). Полученные данные позволили расшифровать структурные особенности каждой локальной геодинамической зоны и выделить профилирующую структуру диктующей свои условия в формировании золоторудных объектов и размещение оруденения в геологическом пространстве. Эти геодинамические элементы локальных геодинамических зон явились основой для разработки геодинамических поисково-оценочных критериев.

Тектонофизические поисково-оценочные критерии. Изучение тектонических напряжений, под воздействием которых формировались рудоносные структуры и происходила деформация пород имеет первостепенное значение (Ф.И.Вольфсон, Л.И.Лукин, А.В.Пэк и др., 1982). Геологическое пространство в объеме рудного района, рудного поля и даже месторождения крайне неоднородно как по характеру геологического строения, так и по тек-

тонофизическому состоянию и распределению в нем напряжений. Распределение тектонических напряжений обладает частой изменчивостью по сравнению со всеми остальными рудоконтролирующими факторами. В то же время в определении характера тектонических деформаций, в подготовке путей движения рудообразующих субстанций - это зоны трещиноватости, расщепления, открытые грани разломов и др., данный фактор имеет решающее значение. В Букантау в формировании и размещении золотого оруденения тектонофизическое состояние (тектоническая напряженность) участков проявления рудной минерализации также имел решающее значение. Подавляющее большинство участков проявления золота, к моменту рудообразования характеризовались падением тектонической напряженности, с образованием локальных зон растяжения в условиях регионального сжатия. Рудоконтролирующие структуры находились под влиянием пониженных величин тектонических напряжений, с образованием локальных зон растяжений в околоразломном пространстве, причиной которой явились морфологические особенности разрывов и их активность. Поля пониженных величин напряжений, нейтральные участки, которым в природе соответствуют изменения деформации с формированием локальных зон растяжения, составляют основу тектонофизических поисково-оценочных критериев.

Локальное прогнозирование с количественной оценкой ресурсов по категории P_1 и P_2 представляет многоаспектную проблему, одним из ключевых задач является разработка комплекса критериев (В.Е.Бойцов и др.1991). Задача локального прогнозирования обычно реализуется поэтапно следующим образом: 1) выявление факторов рудоконтроля; 2) разработка критериев прогнозирования; 3) выявление перспективных площадей (объектов); 4) оценка прогнозных ресурсов.

Ниже остановимся на третьем этапе - оценке перспектив изученной площади. При оценке перспектив закрытых территорий осуществлялась на основе комплексной интерпретации следующих геологических документов: - схематическая карта перспективных площадей на закрытых территориях прилегающих к горам Букантау (М1:200000) выделенных по магматическим и литологическим критериям; - космоструктурная карта гор Букантау и закрытых территорий прилегающих к Букантау (М 1:100000) выполненные на основе дешифрирования аэрокосмос-

нимков М1:200000) с элементами прогноза; - схематическая карта перспективных площадей выделенных по геомагнитным аномалиям; - схематическая карта перспективных площадей выделенных по аномалиям силы тяжести; - схема геодинамической обстановки гор Букантау (с локальными геодинамическими зонами) с перспективными участками; - схемы: распределения полей тектонических напряжений в фундаменте Центральных Кызылкумов структурно-тектоническая основа М.Х.Хона); распределение полей напряжений в структурах Букантау (структурно-тектоническая основа Ш.А.Чемборисова); распределения полей напряжений в геодинамических структурах Узбекистана (структурно-тектоническая основа В.И.Троицкого, И.М.Голованова).

Особенность метода перспективной оценки закрытых территорий заключается в следующем: а) перспективная оценка осуществлена на основе комплексного использования выше перечисленных восьми геологических материалов; б) каждый из восьми документов разработан самостоятельно и выделенные в них перспективные участки опираются на одну поисково-оценочную критерию.

УДК 553.411.044: 550.8 (575.1)

РОЛЬ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ЭНДОГЕННОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ В ЧАТКАЛО-КУРАМИНСКОМ РЕГИОНЕ

**Турапов М.К., **Акбаров Х.А., *Умарходжаев М.У., *Дулабова Н.Ю.*

*Институт минеральных ресурсов, Ташкент**

*ТГТУ им. Абу Райхана Беруни, Ташкент***

В работе рассматриваются влияние тектонических напряжений на процессе рудообразования, а также взаимосвязь тектонофизических особенностей рудоконтролирующих структур с эндогенным рудообразованием.

Роль тектонофизических напряжений в процессах эндо- генного рудообразования. Изучение роли тектонических напряжений в процессах эндогенного рудообразования – одним из основных направлений работ лаборатории тектонофизических методов исследований ИМРа, созданной В.А.Королевым и Ш.Д.Фатхуллаевым. Здесь экспериментально изучают напряженное состояние рудных полей и месторождений Средней Азии в рамках задач прогнозирования и поиска скрытого эндогенного оруденения (Ш.Д.Фатхуллаев и др., 1976; В.А.Королев, Ш.Д.Фатхуллаев, 1976; Ш.Д.Фатхуллаев, 1981, 1985; М.К.Турапов, 1982, 1987).

На основе анализа экспериментальных данных по моделированию напряжений в структурах рудных полей установлена взаимосвязь оруденения с определенными величинами напряжений (Ш.Д.Фатхуллаев, 1981), которая определя-

Таким образом, наличие нескольких поисково-оценочных критериев (литологический, структурный, геофизический, тектонофизический) в площади явилось основой для выдвижения их в качестве перспективных для обнаружения золоторудных объектов (в ранге месторождения).

Литература

1. Марипов Т.М., Акбаров Х.А., Швецов А.Д. и др. Количественное прогнозирование эндогенного оруденения в рудных полях Средней Азии // Ташкент, «Фан», 1983, 137 с.
2. Вольфсон Ф.И. и др. Общие вопросы изучения структур эндогенных рудных месторождений // Геолого-структурные методы изучения эндогенных рудных месторождений. М., Наука С. 15-30.
3. Бойцов В.Е., Вольков В.О., Флоров А.А. Факторы локализации и прогноз оруденения // М., Недра, 1991, 235 с.

ется типом структур рудных полей и месторождений Средней Азии (по А.В.Королеву, П.А.Шехтману, складчатый, разрывные, контактовый и сложные) "Исследование особенностей такой связи может найти применение при прогнозировании гидротермальных месторождений, что делает результаты этой работы важным для практики (Д.Н.Осокина, 1985).

Анализ работ (В.А.Королев, Ш.Д.Фатхуллаев, 1976; Ш.Д.Фатхуллаев, 1981, 1985; М.К.Турапов, 1982, 1987; Ш.Пулотов, 1988; и др.), посвященных вопросу использования результатов тектонофизических исследований в прогнозировании, показывает, что процессу рудообразования на конкретном участке земной коры (рудное поле – месторождение – рудная зона) предшествует определенная величина тектонических напряжений. Эту закономерность, отражающуюся в схеме "тектоническое напря-

жение – рудообразование", предлагается использовать в качестве одного из критериев оценки перспективного изучаемого объекта. Как видно из схемы, устанавливается прямая связь тектонических напряжений с рудной минерализацией. Истинную величину этой связи невозможно определить, так как оба процесса протекают в пространстве не автономно. Однако главный фактор, определяющий и взаимосвязывающий их – это геологическая среда, следовательно, без учета геологической среды невозможно определить роль тектонической напряженности участка земной коры в процессах рудообразования. При экспериментах геологическая среда учитывается и отражается подбором оптически активного материала для исследований напряжений (по Д.Н.Осокиной, 1963). Кроме того, учитываются "тектонические процессы, отражающие механическую форму движения материи (геологическую среду) во времени и пространстве" (Ж.С.Ержанов, 1981, 1985), а также структурно-тектонические элементы, обусловленные этими процессами.

Итак, при экспериментах полностью учитываются геологическая среда, тектонические процессы и результаты их деятельности (в том числе и рудообразование). В итоге, на моделях, опирающихся на эти данные, получаем картину (по В.И.Лучицкому, - эталоны для толкования природных явлений, 1985) взаимоотношений геологической среды, элементов тектоники и тектонофизических напряжений. Опираясь на эти данные, или, можно сказать, на природное проявление их, в особенности, при определении роли одного из факторов (тектонические процессы) в формировании другого (процессы рудообразования) всегда следует рассматривать их в комплексе с вмещающей геологической средой. Следовательно, определяя роль тектонических напряжений в формировании эндогенного оруденения мы должны учитывать геологическое строение изучаемого объекта и тектонических структур, контролирующих формирование оруденения. В предыдущих главах эти факторы подробно рассматривались как для Чаткало-Кураминского региона, так и для отдельных его рудных участков (Чадак, Кочбулак, Лашкерек, Канимансур, Кайрагач). Ниже проанализируем только взаимоотношения тектонических величин с процессами рудного минералообразования, основываясь на сопоставлении значений тектонических напряжений с площадями рудной минерализации. На основе обобщения данных большого числа экспериментов по моделированию структур эталонных рудных по-

лей и месторождений Средней Азии Ш.Д.Фатхуллаевым (1985) разработаны принципы тектонофизического метода исследования, а также определены основные задачи и граничные условия моделирования структур складчатых, разрывных, контактовых и внутриинтрузивных групп рудных полей и месторождений для прогнозирования скрытого оруденения. Так, для складчатой группы ведущим тектонофизическим фактором, благоприятным для локализации оруденения, являются зоны повышенных значений максимальных касательных напряжений. Размещение оруденения в рудных полях разрывных структур связывается с широким спектром напряжений – нейтральных, слабых и умеренных. На рудных полях и месторождениях контактовой группы размещение оруденения обусловлено увеличением тектонических напряжений. Для внутриинтрузивной группы характерна связь оруденения с зонами пониженных тектонических напряжений.

Таким образом, рудные поля и месторождения Средней Азии формировались на фоне широкого спектра тектонической напряженности земной коры, при этом для определенной группы рудных объектов, «... характеризующихся индивидуальными тектоническими условиями формирования и размещения в них оруденения» (Ш.Д.Фатхуллаев, 1981), свойственна определенная величина тектонической напряженности. Правомерность этих выводов и возможность их применения на практике геологоразведочных работ доказывается В.Д.Поминальным (1984, 1985) и Ш.Пулатовым (1988), Л.А.Черкашиным (1982), М.К.Тураповым (1991) и др.

Анализируя результаты моделирования структур Чаткало-Кураминского региона и сопоставляя ее с металлогеническими особенностями золоторудных и свинцово-цинковых месторождений, мы определили их тектонофизические позиции, т.е. зоны каких напряжений соответствуют площадям проявления рудной минерализации. Было установлено, что большинству площадей проявлений золоторудных и свинцово-цинковых месторождений соответствуют зоны нейтральных и слабых ($\tau_{\max} = 3,5 - 8,2 \text{ г/см}^2$) тектонических напряжений. Это в полной мере относится к Чадакскому, Лашкерекскому, Канимансурскому и Кочбулакскому рудным полям. Ослабленность тектонической напряженности участка земной коры наряду с другими геологическими факторами способствует развитию геологотектонических, магматических процессов, обуславливающих в совокупно-

сти обстановку, благоприятную для рудообразования. Участки с пониженными значениями тектонических напряжений перспективны на обнаружение новых рудных объектов. При этом, помимо экспериментальных данных, следует широко использовать данные тектонического, фациально-формационного, металлогенического и других анализов.

Сопоставление схемы размещения месторождений свинца и цинка в Чаткало-Кураминском регионе с данными тектонофизических исследований, помимо выше отмеченной закономерности, позволило установить, что на зоны умеренных и сильных тектонических напряжений приходится незначительная часть месторождений (объекты Кармазара). Чем это вызвано? осложнение района региональными разломами северо-западного и субширотного простираний способствовало концентрации напряжений вдоль этих структур, а также в зоне влияния участков их сопротивлений и пересечений. Большинство этих региональных разломов по своей природе является рудоподводящими или рудораспределяющими структурами и, поэтому к зонам их влияния приурочиваются некоторые месторождения свинца и цинка. Как обычно, в формировании последних главную роль играют структурные факторы. Вышесказанное в полной мере можно отнести и к золоторудным месторождениям региона.

Масштаб модели Чаткало-Кураминского региона не позволяет внести в нее элементы структур, играющих рудоподводящую, рудоконтролирующую и рудовмещающую роль в формировании эндогенного оруденения, это не позволяет полностью расшифровать геологическую (тектонофизическую) ситуацию определенного участка земной коры, предшествовавшую процессу рудообразования. Для этого необходимо в более крупном масштабе моделировать структурные особенности того или иного участка (рудный район, рудное поле) региона, что даст возможность в полной мере использовать его геолого-тектоническую схему как основу модели. Только в этом случае поддается детальной расшифровке геологическая обстановка далекого прошлого. Поэтому мы провели эксперименты по моделированию структур Лашкерекского, Чадакского, Канмансурского и Кочбулакского рудных полей. Здесь же в рамках изученных объектов коснулись лишь проблемы взаимоотношения полей напряжений с процессом рудообразования.

При сопоставлении схемы размещения рудной минерализации с данными экспериментов выявляется тенденция тяготения участков проявления оруденения к полям пониженных тектонических напряжений ($\tau_{\max} = 3,2 - 5,6 \text{ г/см}^2$). Это наглядно проявляется в Лашкерекском рудном поле (модель разреза месторождения Лашкерек), где формированию и развитию Лашкерек-Тезкульской рудоносной зоны предшествует образование полей нейтральных и слабых напряжений. В процессе рудообразования тектонофизическая обстановка в этой зоне не изменилась. Нейтральные зоны и поля слабых напряжений формируются до глубины модели, соответствующей подрудному горизонту месторождения.

В Кочбулаке направление и место формирования рудовмещающих структур и золоторудных тел в большинстве случаев соответствует также полосе нейтральных и очень слабых напряжений.

В Чадакском рудном поле тектонофизические позиции золоторудных месторождений и рудопроявлений определяются исключительно слабыми величинами тектонических напряжений. К таким объектам относятся месторождения Гузаксай, Северный и Восточный Гузаксай, Джулайсай и др. Исключение составляет месторождение Пирмираб, где золоторудная минерализация в равной мере тяготеет как к зонам слабых, так и умеренных напряжений. Однако, этот факт не влияет на использование выявленной закономерности в качестве критерия при прогнозировании скрытого золоторудного оруденения в Чадакском рудном поле.

Отклонение от закономерности связи оруденения с определенными значениями напряжений характерно и для Лашкерекского рудного поля. Площадь Бешсандыкского рудопроявления, контролируемая одноименной полукольцевой структурой, соответствует площади контрастного распределения напряжений, варьирующих от нейтральных до сильных. Контрастность напряжений связана с осложнением полукольцевой структуры разломами северо-западного и северо-восточного направлений, что обусловило здесь локализацию руд. В целом площадям месторождений и рудопроявлений на модели Лашкерекского рудного поля соответствуют зоны нейтральных и слабых нагрузок.

К вопросу о перспективности Чаткало-Кураминского региона на золотое оруденение. Вопрос о влиянии тектонофизического фактора на процесс золоторудной и серебро-полиметаллической минерализации освещал-

ся выше, где рассматривался уровень взаимосвязи полей тектонических напряжений с проявлениями рудной минерализации. Используя эту связь в качестве критерия, мы произвели перспективную оценку площади Чадакского рудного поля с выделением конкретных участков, тектонофизически благоприятных на выявление скрытого оруденения. Эти исследования носили локальный характер. Однако вопрос перспективности в одинаковой степени актуален и для Чаткало-Кураминского региона. Перспективная оценка Чаткало-Курамы на золоторудное оруденение осуществлена с использованием данных экспериментальной тектоники в качестве оценочного критерия в комплексе с тектоническими, магматическими, литолого-стратиграфическими и другими факторами контроля оруденения.

Анализ условий локализации золоторудных месторождений региона свидетельствует о том, что они образовались в приповерхностных (субвулканических) условиях глубинности и фациальности магматических тел. В регионе наиболее продуктивным на золотое оруденение считается герцинская эпоха магматизма, связанная с андезито-дацитовым вулканизмом среднего и верхнего карбона.

Важное рудоконтролирующее значение имеют региональные разломы, определяющие конкретное положение рудных полей и месторождений в структурах Чаткало-Курамы. Сюда же следует отнести и вулканотектонические структуры.

Вулканогенные месторождения золота в Срединном Тянь-Шане характеризуются приуроченностью оруденения преимущественно к породам андезит-дацит-липаритового и дацит-андезитового составов, а также к гранитоидам среднего и верхнего карбона.

Весьма важное значение при прогнозировании имеют тектоно-физические методы исследования, позволившие установить пространственно-генетическую взаимосвязь полей напряжений с процессами рудной минерализации. Большинство золоторудных месторождений Чаткало-Курамы тяготеет к полям слабых тектонических разгруженностей площадей месторождений ко времени минералообразования.

Перечисленные факторы контроля золоторудного оруденения использовались в качестве поисково-оценочных критериев при перспективной оценке региона. Основу прогнозирования составила карта распределения полей тектонических напряжений в структурах Чаткало-Курамы.

Предварительно площадь региона была разбита на 335 квадратных ячеек (5 км x 5 км), каждая из которых была охарактеризована с помощью следующих критериев: 1) количество разрывных нарушений; 2) наличие магматических образований герцинского этапа; 3) тектонофизическое состояние; 4) проявление золотой минерализации и ее масштаб; 5) глубина кристаллического основания.

Изучение вопроса о влиянии тектонических напряжений на рудный процесс основывалось также на сопоставление результатов моделирования структур Чаткало-Кураминского региона с "Картой размещения месторождений и рудопроявлений золота Чаткало-Кураминского региона" (Т.Ш.Шаякубов и др., 1983). При этом выявлено, что золоторудные объекты (100) пространственно тяготеют либо к зонам слабых напряжений, либо – умеренных. Причем, первые составляют 80% от общего числа золоторудных объектов. К ним относятся Кызылалмасайская, Кочбулакская, Алмалыкская (Актурпак, Бичанзор, Каульды) группы месторождений. С полями умеренных величин напряжений пространственно взаимосвязано 20% золоторудных объектов, среди которых можно выделить месторождение Реваште, рудопроявление Терекли, Правобережное, Нуреката. Однако, подавляющее большинство промышленных золоторудных месторождений региона связано с полями слабых тектонических напряжений, что указывает на тектоническую ослабленность площадей в процессе рудообразования. Это дало основание использовать данный критерий при оценке перспективности Чаткало-Кураминского региона и выделении тектонофизических позиций, благоприятных для обнаружения золоторудных объектов.

Литература

1. Гречишников Н.П., Крамар С.А., Черкашин Л.А. Деформация и напряжения в докембрийских рудоносных зонах разломов по геологическим данным и результатам оптического моделирования // Экспериментальная тектоника в теоретической и прикладной геологии. М.; Наука, 1985. С. 275-282.
2. Ержанов Ж.С. О механизме глобальной тектоники // Пятый Всесоюз. съезд по теоретической и прикладной механике. Алма-Ата. Наука, 1981. С. 147-148.
3. Ержанов Ж.С. Механика глобальных тектонических движений // Эксперимен-

- тальная тектоника в теоретической и прикладной геологии. М., Наука, 1985. С. 15-20.
4. Осокина Д.Н. Моделирование тектонических полей напряжений с помощью поляризационно-оптического метода и его применение при решении задач тектоники и тектонофизике // Экспериментальная тектоника в теоретической и прикладной геологии. М., Наука, 1985. С. 62-93.
 5. Осокина Д.Н. Пластичные и упругие низкомодульные оптически-активные материалы для исследования напряжений в земной коре методом моделирования // М. Изд-во АН СССР, 1963. 196 с.
 6. Пулатов Ш. Тектонофизические особенности формирования рудоконтролирующих структур контактово-метасоматических рудных полей и месторождений (на примерах Алтынтопканского и Тарор-Мосрифского рудных полей) // Автореф. канд. дисс. Фрунзе. 1988. 20 с.
 7. Турапов М.К. Геолого-структурные условия размещения колчеданно-полиметаллического оруденения в Чадакском рудном поле (на примере месторождения Южный Карасан). Автореф.канд.дисс. Ташкент. 1982. 21 с.
 8. Турапов М.К., и др. Моделирование структур одного из объектов Восточный Курамы // Экспериментальная тектоника в решении задач теоретической и прикладной геологии. 1987. С. 217-218.
 9. Турапов М.К., Пулатов Ш., Парпибаев Е.К. Моделирование структур одного из объектов Восточный Курамы // Экспериментальная тектоника и полевая тектонофизика. Киев.; Наукова домка. 1990.
 10. Фатхуллаев Ш.Д., Королев В.А., Белоус И.Р. и др. Опыт моделирования рудоносных структур при детальном и крупномасштабном прогнозировании // Тр. Ин-та геол. и геофиз. СО АН СССР. 1976. вып. 293. С. 166-174.
 11. Фатхуллаев Ш.Д. Тектонофизические условия формирования структур рудных полей эндогенных месторождений Средней Азии. Автореф.докт.дисс. Ташкент. 1981. 42 с.
 12. Фатхуллаев Ш.Д. Принципы тектонофизического изучения структур рудных полей Средней Азии // Экспериментальная тектоника в теоретической и прикладной геологии. М., Наука, 1985. С. 147-150.
 13. Черкашин Л.А. Особенности интерпретации тектонофизических моделей структур редкометального рудопоявления // Рудоконтролирующие структуры домезозойских месторождений. Киев. ИГФМ АН УССР, 1982. С. 45-51.

УДК 543 – 44 – 041/048

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ В РУДНЫХ ПОЛЯХ

Акбаров Х.А., Турапов М.К., *Кабоев О.Д., Усманов Д.Х., Мирзаева Г.А.

ТГТУ им. Абу Райхана Беруни, Ташкент,

КГТУ им.И.Раззакова*

В работе рассматривается методика количественного прогнозирования оруденения на примере изучения эндогенных рудных полей и месторождений Тянь-Шаня. Важным моментом количественного прогнозирования является установление факторов контролирующих размещение эндогенного оруденения и оценка их относительного значения в различных геолого-структурных позициях.

Рыночная экономика перед геологической службой ставит задачу по ускорению качественной и количественной оценки прогнозируемых минерально-сырьевых ресурсов. Обеспечение опережающего роста разведанных запасов минерального сырья по сравнению с темпами добычи не может быть решено только путём расширения фронта поисково-разведочных работ, оно в значительной мере зависит и от повышения качества и уровня научной обоснованности проводимых исследований, в том числе с расчётом на глубину.

Наметившееся в последние десятилетия сокращение фонда легко открываемых,

особенно близповерхностных месторождений требует повышения эффективности методов глубинных поисков и разведки месторождений, детального изучения закономерностей размещения и условий их формирования, всесторонней геолого-экономической оценки. Возрастающая потребность промышленности в минеральном сырье ставит задачу о необходимости проведения поисково-разведочных работ не только в глубоких горизонтах и на флангах известных месторождений, но и выявление площадей со скрытым и перекрытым оруденением. Для этого необходимо постоянное совершенствование методики прогнозирования, поисков и раз-

ведки с привлечением всех достижений науки, техники и технологии.

В связи с этим совершенствование методов прогноза осуществляется на основе разработки новых критериев прогнозирования. Это требует вовлечения в геологические исследования, кроме классических, и альтернативные методы изучения геологических явлений. Оснащенность геологических исследований методами и приемами с использованием точных наук физики, химии, математики должна возрасти настолько, что от качественной характеристики геологических явлений можно будет перейти к их строго количественной оценке.

Прогнозное направление развивается во всех высших учебных заведениях, академических и научно-исследовательских учреждениях, а также в территориальных производственных организациях. Основу этих прогнозов составляют результаты комплексных методов исследований, начиная с геологического картирования, далее широко используются данные геолого-структурных методов, минерало-геохимические, геофизические, аэрокосмические, математические и экспериментальные методы.

Важным моментом количественного прогнозирования является установление факторов, контролирующих размещение эндогенного оруденения и оценка их относительного значения в различных геолого-структурных позициях. Относительное значение рудоконтролирующих факторов для различных геолого-структурных типов рудных полей и месторождений различно. Недостатком в изучении условий размещения оруденения является ограниченное использование количественной оценки их значения, что не позволяет объективно оценивать относительную благоприятность для размещения оруденения однородных и однотипных позиций, не раскрывает полностью их рудоконтролирующую сущность.

В настоящей работе приводится методика оценки значимости групп рудоконтролирующих факторов, на основе которой производится количественная оценка отдельных типов рудных полей и месторождений; даны характеристики факторов, контролирующих размещение оруденения. Предпринята попытка использовать единый подход к оценке рудоконтролирующих факторов в различных геолого-структурных типах рудных полей. Для этого изучены более пятидесяти промышленных объектов Средней Азии. Для характеристики относительного значе-

ния факторов использованы методы математической статистики. Значения статистических характеристик косвенно отражают относительную изменчивость факторов, но они неприемлемы для решения практических задач прогнозирования. В связи с этим авторы попытались разработать несколько иные методы оценки изменения относительного значения рудоконтролирующих факторов, используя для этой цели конкретные значения размеров (объемов) рудных тел и в них минимально промышленные значения полезных компонентов. Они дают возможность количественно оценить запасы руды и металлов на перспективных площадях.

Для выявления новых месторождений необходимо обобщение накопленных сведений по известным объектам, выработка поисковых критериев и методов, где важное место уделяется геолого-структурным исследованиям, количественной оценке относительной значимости рудоконтролирующих факторов с применением математических методов и составлению на их основе детальных геолого-прогнозных карт, обеспечивающих эффективное направление глубокой поисковой разведки.

Достижению указанных целей способствовало решение следующих задач:

- выделение и систематизация ведущих геолого-структурных типов эндогенных рудных полей и месторождений, структурно-морфологических типов слагающих их рудных тел, их позиций;
- установление закономерностей размещения эндогенного оруденения в различных геолого-структурных типах рудных полей и месторождений; определение основных геологических факторов, позволяющих выявлять условия локализации оруденения;
- разработка поисковых критериев и оценка их относительной значимости;
- совершенствование методики детального количественного прогнозирования и глубинных поисков скрытого эндогенного оруденения.

В результате комплексного анализа, с применением методики детального количественного прогнозирования, в пределах изучаемых рудных районов, полей и месторождений выделяются конкретные площади, рекомендуемые для постановки поисково-разведочных работ с количественной оценкой ожидаемого оруденения.

Выделенные перспективные площади характеризуются определенной избирательностью размещения оруденения. В его лока-

лизации главную роль играли: ядра складок с малыми радиусами кривизны и флексуры, зоны межпластового дробления и брекчирования; дорудные разрывные нарушения – трещины отслоения, отрыва, скола; зоны сопряжения и пересечения разрывов и др.

Прогнозирование должно базироваться на обязательном применении математических методов, качественной и количественной оценкой значимости рудоконтролирующих позиций и факторов. Для этого используются методики: 1) ДАРТ-6 – дисперсионный анализ рудных тел, вариант-6; 2) наложение друг на друга по латерали и вертикали зон влияния качественных и количественных факторов, благоприятствующих размещению оруденения и 3) усредненная количественная оценка рудовмещающих геолого-структурных позиций рудных районов и по-

лей на основе аналогии с разрабатываемыми объектами, вплоть до очистных блоков, принимаемых при расчетах за единицу (10 тыс. м³), минимальными средними содержаниями металлов по эталонным типам месторождений.

Исходя из геолого-структурных особенностей исследуемых объектов и с использованием перечисленных методов прогнозирования в соответствующем комплексе, можно решать проблему локального прогнозирования эндогенного оруденения как на флангах и глубоких горизонтах известных объектов с развитой инфраструктурой, так и для выделения новых перекрытых и скрытых перспективных площадей.

УДК 543 – 44.041/048

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ В РУДНЫХ ПОЛЯХ ТЯНЬ-ШАНЯ

Акбаров Х.А., Турапов М.К., *Кабаев О.Д., Усманов Д.Х., Мирзаева Г.А.

ТГТУ им. Абу Райхана Бери, Ташкент,

КГТУ им. И.Раззакова*

В статье рассматриваются вопросы методика локального прогнозирования оруденения в эндогенных месторождениях и необходимость создания и внедрения научно-обоснованных компьютерных технологий для решения геологических задач и определения критериев поисков.

Локальный количественный прогноз полезных ископаемых представляет собой интенсивную наукоемкую технологию геологоразведочного процесса. Для повышения точности и достоверности прогноза требуется всемерно расширять уровень наших знаний о закономерностях образования и размещения полезных ископаемых, максимально охватывая круг используемых при прогнозировании характеристик геологической среды, усовершенствовать методики и создать удобные компьютерные технологии прогнозирования [1,4].

При локальном прогнозировании для выработки прогнозно-поисковых критериев используются структурные методы с целью выяснения закономерностей размещения рудных тел и их внутреннего строения; изучается вещественный состав для определения соотношения метасоматически измененных пород и оруденения, выяснения зональности в размещении жильного и рудного вещества, изменения типоморфных особенностей руд и отдельных минералов в пространстве, реконструкция физико-химических условий формирования, а также геологические критерии, обусловленные соотношением оруденения с рудогенерирующими очагами, ролью химических и физических характеристик вмещающих пород.

Вопрос разработки и внедрения научно-обоснованных методов локального прогнозирования месторождений полезных ископаемых является одной из главных прикладных задач геологических наук. Все геологические знания становятся базой для определения критериев поисков, и, следовательно, методов прогнозирования. Большинство проектов заканчивается прогнозными выводами по дальнейшему направлению геологоразведочных работ. При этом научная обоснованность прогнозирования новых рудоносных позиций оценивается при защите отчетов на НТС.

Выявление, геометризация и количественная оценка благоприятных геологических позиций месторождений осуществляются с помощью динамической системы рудоконтролирующих факторов, градуированных по признаку тесноты и формы их связи с минерализацией; с помощью рудоконтролирующих факторов оконтуриваются перспективные геологически однородные блоки, компактные группы которых составляют основу прогнозирования месторождения. Такой подход повышает достоверность прогнозов. Он может быть введен в каждую методику прогнозирования, не изменяя её специфики и теоретических основ.

Локальное количественное прогнозирование в Среднеазиатском регионе основывалось на изучении месторождений различного генезиса: пневматолито-гидротермальных, гидротермальных, телетермальных, вулканогенных, эксгальационных и др. В них накопление полезных ископаемых и локализация рудных тел, как объектов промышленного значения, происходили при участии подвижной субстанции, осуществляющей перенос и отложение руд в относительно слабо проницаемой среде.

Структурный анализ основывается на данных изучения вещественного состава рудовмещающих формаций и их взаимоотношений, а построение структурных карт - на знании пространственного положения и морфологии разделяющих их поверхностей. Условия локализации оруденения определяются совместным влиянием рудоконтролирующих факторов, из которых главными являются состав и термодинамические параметры рудогенерирующих растворов и эманаций, характер вмещающих пород и позиция рудолокализирующих геологических и иных поверхностей. Поэтому, излагая материал, авторы старались подчеркнуть роль и значение этих трех основных составляющих методики локального прогнозирования: выявление главных рудолокализирующих поверхностей, наглядное отражение их морфологических особенностей на структурной карте, определение на последней границ влияния каждого из выделенных факторов рудолокализации [34].

Глубоко понять структуру месторождения можно лишь при условии детального изучения истории развития составных частей рудоносной площади: до оруденения, в процессе минерализации и в послерудный этап. Между тем, при структурном картировании мы имеем дело с уже сформировавшимися объектами - геологическими телами, разделяющимися геологическими поверхностями. Именно последние и находят в первую очередь свое отражение на структурных схемах (как геологические тела - на геологических картах). Это ни в коем случае не означает отказа от расшифровки истории геологического развития участка рудного поля (месторождения); предполагается, что эта задача была уже в значительной мере решена в процессе геологического картирования, предшествующего проведению структурного анализа условий рудоотложения.

Геологическое прогнозирование полезных ископаемых - естественный результат геологических исследований. «Прогноз - предсказание о развитии чего-либо, основанное на определенных данных (от греческих слов про - вперед, гноз - узнавание), предвидение изменений в развитии и исходе какого-либо события, явления, процессов на основа-

нии полученных данных» (БСЭ, М., 1955); Геолого-прогнозные карты в зависимости от масштаба подразделяются на три вида: региональные (прогнозно-металлогенические - 1:1 000 000), локальные (геолого-прогнозные 1:500 000-1:5 000), детальные (структурно-прогнозные 1:2 000-1:500).

Региональные геологические исследования имеют своей целью фундаментальное изучение строения и истории развития территорий. Обычно они завершаются составлением прогнозно-минерагенических карт крупных провинций. Региональные прогнозные карты (минерагенические или металлогенические) выявляют закономерности размещения рудных районов и месторождений.

Под локальным прогнозированием понимается выяснение места, формы, условий залегания, а также прогнозных ресурсов полезных ископаемых с точностью, обеспечивающей проектирование поисково-оценочных работ. Локальные геолого-прогнозные карты, как итог непрерывного суммирования и обобщения фактического материала, показывают в объемном изображении фактическое и предполагаемое размещение оруденения. Они позволяют: 1) определить наличие оруденения в тех или иных геологических позициях; 2) установить глубины его залегания; 3) предвидеть возможность обнаружения ведущих морфогенетических типов рудных тел и условия их размещения; 4) оценить возможные масштабы оруденения; 5) обосновать условия разведки и последующей эксплуатации перспективных объектов.

Локальное прогнозирование в настоящее время превратилось в самостоятельное научное направление со своей теорией и объектами приложения. Результаты исследований свидетельствуют, что высокая эффективность прогноза эндогенного гидротермального оруденения может быть достигнута при соблюдении следующих принципов: 1) соответствие и соподчинение проявления рудоконтролирующих факторов размерам и масштабам прогнозируемых объектов; 2) оценка факторов числом и мерой; 3) исторический подход к развитию геологических явлений; 4) полнота учета факторов; 5) определение характера и силы связи факторов между собой и с оруденением; 6) учет тектоно-физических особенностей геологической позиции; 7) выявление оптимальных значений факторов; 8) применение геометризации, как главного условия объемности прогнозных построений; 9) приоритет индуктивного подхода над дедуктивным при анализе рудоконтролирующей роли геологических факторов.

Прогнозные карты рудных полей в наглядной и удобочитаемой форме должны отражать закономерности размещения в их пределах месторождений и рудных участков (горизонтов, зон, блоков) – главных объектов геологоразведочных работ, а в контурах последних – морфологию рудных тел – основных объектов эксплуатационных работ.

Нагрузка прогнозных карт складывается из тех элементов геологической ситуации, которые определяют концентрацию и размещение данного полезного ископаемого. В формировании их месторождений участвует множество факторов: вся совокупность условий данного участка земной коры (среда рудолокализации), с одной стороны, и состав, свойство, характер деятельности минералогических агентов – с другой. Для выяснения условий формирования каждого конкретного месторождения следует из этого множества факторов выделить основные. Фактор – причина, движущая сила, одно из основных условий совершающегося процесса, или возникающего в его результаты явления. В учении о прогнозировании эти факторы, применительно к эндогенным вообще или гидротермальным месторождениям – в частности, принято называть рудоконтролирующими или рудолокализирующими. Изучение рудообразующих факторов осуществляется как индивидуально, так и в совокупности с историческим подходом к определению явлений, обуславливающих их рудоконтролирующее и рудолокализирующее значение.

Составление прогнозных карт представляется обязательной составной (или результирующей) частью геологических исследований любого масштаба и должно проводиться в процессе повседневной деятельности геологов, выполняющих оценку объектов. Планирование геологическо-поисковых, разведочных, эксплуатационных работ опирается обычно на прогнозные карты разного масштаба и различной степени достоверности и детальности.

Теория и практика прогнозирования убеждают нас в том, что основную роль в повышении его достоверности приобретают структурные геологические карты и планы.

Детальные геолого-прогнозные карты составляются для месторождений и рудных полей в масштабах 1:25 000 и крупнее; их основу, кроме детальных геологических карт, построенных на топографических планах в горизонталях, составляют также структурные планы, карты, проекции. Прогнозирование в детальных масштабах должно соответствовать точности основы и требованиям, предъявляемым к достоверности запасов (или категории C_2 , или прогнозным ресурсам категории P_1). Это прогнозирование должно быть количественным.

Количественное прогнозирование предусматривает обоснование оценочных критериев, оконтуривание рудомещающих и рудных тел, их качественные характеристики и определение запасов (ресурсов), что достигается при помощи оценки влияния рудоконтролирующих факторов, а также учета поисковых критериев и признаков и выявления степени корреляции их с минерализацией.

Эффективность количественного прогнозирования, как и других видов прогнозирования, обуславливается строгостью отбора перспективных площадей и достоверностью определения степени влияния каждого из рудоконтролирующих факторов.

Таким образом, в основе количественного прогнозирования лежат исследование рудоконтролирующих факторов, обоснованный их отбор и методика использования. Системы рудоконтролирующих факторов зависят от того, на каком уровне (вернее, в каком масштабе) организации геологической среды проводится исследование. Основным объектом крупномасштабного прогнозирования является рудное поле, поэтому и работы ведутся преимущественно на этом уровне (масштаб 1:25 000 – 1:5 000). Одновременно исследования осуществляются и на других уровнях: как более низких – выявление условий локализации рудных тел (масштаб 1:2 000 – 1:50), определение минералогических (масштаб 1:50 – 1:1) и микрогеохимических (масштаб 1:100 000 – 1:1) ассоциаций, так и более высоких – установление позиции рудного поля в пределах рудного района (узла), а последнего – в масштабах рудной зоны (1:500 000 – 1:100 000), рудной провинции (1:1 000 000 – 1:500 000), глобального рудного пояса (1:5 000 000 – 1:1 000 000) и т.д.

В зависимости от цели составляемых геолого-прогнозных карт уровень исследований (масштаб) и набор рудоконтролирующих факторов изменяются. Системы сочетаний, набор факторов составляют образ объекта (рудного тела, месторождения, района). Это целое – объект – имеет частные свойства, присущие каждому рудоконтролирующему фактору, а кроме того, и общие свойства, определяемые сочетанием как указанных факторов, так и свойств геологической среды. Целое – рудное тело, месторождение – возникает при оптимальном сочетании рудоконтролирующих факторов, и в этих сочетаниях роль доминирующего переходит от одного фактора к другому, причем оптимальные значения их соответственно меняются.

Для выявления системы рудоконтролирующих факторов необходимы экстраполяции, вытекающие из теоретических представлений, умелое сочетание конкретного знания факторов (индукции) с теоретическими знаниями (дедукцией), так как нельзя:

- понять структуру эндогенного месторождения без учета состава и морфологии вмещающих его геологических тел;

- выявить свойства пород без изучения проявлений гидротермального метаморфизма;

- разобраться в метаморфизме без знания закономерностей развития магматизма;

- изучить магматизм без тектоники;

- расшифровать тектонику без установления истории геологического развития района;

- выявить свойства месторождения только из наблюдений.

В соответствии с изложенным, при геологическом прогнозировании приходится последовательно решать перечисленные ниже задачи.

1. Выявление условий размещения геологических образований и картирование эндогенной минерализации (околорудных метасоматитов, ореолов рассеяния элементов – индикаторов, рудных тел), составление кадастра минеральных тел.

2. Установление рудоконтролирующих факторов, их количественное изучение, выявление характера и меры связи их как между собой, так и (минерализации) с каждым из выделенных факторов. Градирование рудоконтролирующих факторов, установление границ их оптимального благоприятного, нейтрального, неблагоприятного значения. Ранжирование факторов – оценка относительной их значимости и границ влияния.

3. Составление объемной структурной модели месторождения, рудного поля (структурная геометризация), кинематический ее анализ, определение планов деформации, этапа рудоотложения.

4. Графическое отражение размещения всех рудоконтролирующих факторов в их ранговых значениях в объемной модели, выделение геологически (структурно) однородных участков, их типизация, систематика, составление кадастра. Оценка рудопродуктивности однородных участков разных типов. Выявление компактно распо-

ложенных благоприятных однородных участков на перспективных площадях (объемах).

5. Собственно геологическое прогнозирование – сопоставление перспективных площадей с фактически установленным размещением минерализации (рудными телами, минерализованными зонами, ореолами, аномалиями и т.п.). Анализ совпадающих площадей. Оценка новых перспективных площадей.

6. Необходимо продолжить исследования методом аналогии, с более детальным изучением объектов. Но при этом необходимо иметь в виду два главных обстоятельства: во-первых, нет абсолютно равных объектов, и, во-вторых, месторождения, как правило, локализуются не в обычных, а в аномальных геолого-структурных обстановках.

Литература

1. Акбаров Х.А., Никифоров Н.А., Турапов М.К., Умарходжаев М.У. Проблемы локального прогнозирования. В сб. «Состояние и проблемы прогнозирования месторождений» РИСО ИМР. Ташкент. 1999. С.11-15.
2. Акбаров Х.А., Умарходжаев М.У., Исмаилов Л.А. Геолого-структурные условия размещения оруденения на полиметаллических рудных полях Тянь-Шаня. Изд-во «Фан». Ташкент. 1981. 219 с.
3. Акбаров Х.А., Умарходжаев М.У., Турапов М.К. Геолого-структурные типы золоторудных полей Узбекистана. В сб. «Геология и промышленные типы золоторудных месторождений Узбекистана». РИСО ИМР. Ташкент. 1998. С. 78-81.
4. Усманов Ф.А. Масштабные эффекты и математические методы локального прогнозирования. В сб. «Состояние и проблемы прогнозирования месторождений» РИСО ИМР. Ташкент. 1999. С. 15-21.

УДК 624.131

ОПЫТ ОЦЕНКИ РЕАКЦИИ РЕЛЬЕФА ТЕРРИТОРИИ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ НА ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

**Детушев А.В., ** Кожобаев К.А.*

Центральноазиатский институт прикладных исследований земли,*

*Кыргызско-Турецкий университет «Манас»***

В работе приводится анализ техногенных воздействий на геологическую среду Чуйской долины. Выделено пять основных и два переходных морфогенетических типов рельефа, приведена схема и описание выделенных типов рельефа. Также выделены три вида территорий по величине расчлененности рельефа: менее $2 \text{ км} / \text{км}^2$, $2-5 \text{ км} / \text{км}^2$ и более $5 \text{ км} / \text{км}^2$. В первом случае реакция рельефа на загрязнение характеризуется, как не способствующая выносу загрязняющих веществ; во втором и третьем случаях - как слабо и хорошо способствующая выносу загрязнителей. Показано, что наибольшим по площади влияния является химическое загрязнение.

В настоящее время стало очевидным, что влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду (ОС) обуславливает необходимость ее заблаговременной оценки

и внедрения природоохранных мероприятий, исключающих или ограничивающих отрицательные последствия техногенных воздействий (ТВ) на ОС. Геологическая

среда (ГС) является одним из важнейших компонентов окружающей среды. Практически любой вид хозяйственной деятельности сопровождается изменениями ГС, так как хозяйственная деятельность всегда проходит в каких-то из 4-х основных средах: воздушной, геологической, гидросфере и биосфере, которые между собой тесно взаимосвязаны. Например, загрязнение воздушной среды самолетами через некоторое время обязательно приводит к изменениям в составе ГС, водной и биологической сред.

В связи со значительной степенью хозяйственной освоенности Чуйской долины (ЧД), на большей части ее территории сильно изменены природные условия. По сравнению с предгорными и горными зонами, где изменения природных условий носят «островной» характер, в более неблагоприятном состоянии находится её равнинная часть. Анализ воздействий на ГС ЧД показывает, что наибольшим по площади влияния является химическое загрязнение. Для объектов сельского хозяйства это проявляется во внесении удобрений. В населенных пунктах, где имеются промышленные, транспортные и другие предприятия, имеются и другие виды негативных воздействий на ОС: выбросы транспорта и котельных, шум, сточные воды и т.п. Есть данные, что в целом по долине в окружающую среду выбрасывается более 50 тыс. тонн ядовитых веществ в год, причем если вклад в загрязнение ОС промышленности заметно снизился, то транспортная составляющая заметно возросла. [1,2]. Можно утверждать, что к настоящему времени интенсивность загрязнения воздушного пространства Чуйской долины, а следовательно и ГС, резко возросла из-за работы двух мощных для масштабов республики военно-воздушных баз, расположенных друг от друга примерно в 30 км: США близ города Бишкек и России – вблизи города Кант. Поэтому одной из актуальных проблем в настоящее время является прогноз техногенных загрязнений ОС, включая геологическую среду и реакцию рельефа на загрязнения.

Влияние на состояние ГС практически всех видов хозяйственной деятельности обуславливает постепенное накопление техногенных изменений, с возможностью превышения предела устойчивости системы. Под устойчивостью какого-то объема ГС понимается ее

способность противостоять возможным внешним (природным или техногенным) воздействиям без изменения своих каких-то основных отличительных особенностей, либо достаточно быстро восстанавливать свои свойства после прекращения данных воздействий. Устойчивость ГС к техногенным химическим загрязнениям определяется, наряду с другими условиями, реакцией верхней зоны составляющих её компонентов, и в первую очередь рельефа, на загрязнение, то есть способностью верхней зоны ГС к накоплению или выносу загрязняющих веществ. На основании определения этой способности рельефа можно проводить ее анализ на устойчивость к загрязнениям. Эта способность рельефа при поверхностном стоке в первую очередь связана с интенсивностью водных потоков по ее поверхности, определяемая, при прочих равных условиях, величинами уклонов, то есть физическими характеристиками рельефа. Таким образом, можно считать, что реакция рельефа на загрязнение в первую очередь определяется условиями формирования поверхностного стока и зависит от углов наклона, густоты и глубины расчленения поверхности. По этим показателям и были выделены участки рельефа Чуйской долины, отличающиеся друг от друга своей реакцией на загрязнения. В целом Чуйская долина является частью Чуйской межгорной впадины и представляет собой депрессию, выполненную четвертичными осадками, замкнутую и приподнятую на востоке и юге, понижающуюся и открытую на северо-западе. На общем фоне равнинного ландшафта выделяется пять основных и два переходных морфогенетических типов рельефа, рисунок и описание которых приводится ниже (рис.1* - имеется электронный вариант карт-схем, поэтому – для сокращения объема, здесь рисунки приведены в мелком масштабе).

1 - (VI) – слабо расчленённая, наклонная, аллювиально-пролювиальная (далее – Al-Pr) равнина слившихся конусов выноса крупных горных рек, саев и сухих дельт, расчленённая неглубокой (2-6 м) овражно-балочной сетью и прорезанная речными долинами глубиной до 40 м. Абсолютные отметки поверхности рельефа в пределах исследуемого района колеблются от 720 м (на западе) до 1000 м (на востоке), уклоны составляют 0,015-0,03, коэффициент $R_{сч}$ ($KR_{сч}$) равен $2-3 \text{ км/км}^2$. Поверхность

обладает своеобразной волнистостью, обусловленной чередованием в плане различных по возрасту конусов выноса, которые, в общем, образуют предгорный шлейф.

2-3 – (ВІІ) – слабо наклонная, АІ-Рг равнина, является непосредственным продолжением предгорного шлейфа, от которого она отличается значительно меньшим уклоном, более плоскими формами той поверхности, расчленённой в различной степени долинами рек,

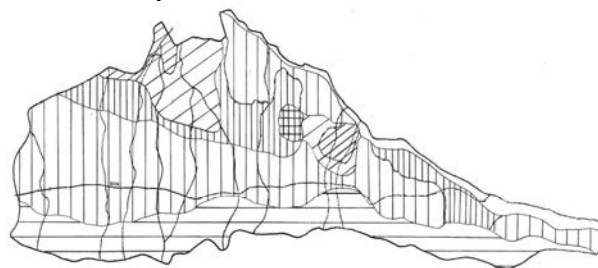


Рис. 1 Схематическая карта геоморфологического районирования Чуйской долины

В связи с этим отличием, в данном морфогенетическом типе рельефа выделено два подтипа.

2 – (ВІІА) – рельеф с относительно ровной поверхностью, расчленённый сетью неглубоких (0,5 - 8 м) долин родниковых ручьёв «карасу», оврагов, балок и прорезанной речными долинами глубиной до 8 м. Рельеф этого подтипа выделяется на трех разобренных участках: западном, восточном и северном. На всех трёх участках рельеф представляет собой равнинную поверхность, имеющую небольшой уклон на север и расчленённую многочисленными долинами рек, родниковых ручьёв, оврагами и балками глубиной от 0,5-3 м до 8 м. Коэффициент Рсч 2 – 2,5 км/км².

3 – (ВІІБ) – рельеф с пологоволнистой поверхностью, расчленённой неглубокими (до 5 м) оврагами, балками и речными долинами глубиной до 10-15 м. Водораздельные пространства обычно широкие и характеризуются волнистостью и неровностью, наряду с всхолмленным рельефом здесь часто встречаются и более ровные поверхности, приуроченные как к долинам, так и к водоразделам. КРсч до 3 км/км².

4-5 – (ВІІІ) – сглаженный увалисто-долинный рельеф размываемых антиклинальных поднятий внутренних частей Чуйской долины. Распространён в

рельефа поверхности, своеобразным характером расчленения. Абсолютные высоты (АОтм) её поверхности колеблются в пределах от 1000 м до 570 м. Общий уклон поверхности с Ю-В на С-З и в среднем составляет от 0,004 до 0,008, реже до 0,01-0,02. КРсч 2-3 км/км². Рельеф характеризуется широким развитием относительно ровной и полого волнистой поверхности, оврагами и балками

северо-западной части Чуйской долины, а также сравнительно на небольшой площади в низовьях рек. АОтм поверхности колеблются в сравнительно небольших пределах. На участках в низовьях рек от 640 до 702 м, в северо-западной части Чуйской долины от 560 до 620 м. Относительные превышения увалов над поверхностью разделяющих их долин, в большинстве случаев невелики и составляют от 10-20 м до 30-50 м, и реже более. По степени Рсч поверхности данный тип рельефа разделён на два подтипа:

4 – (ВІІІА) – рельеф сглаженных холмов и гряд, расчленённый долинами рек, сетью ложбин, балок и оврагов до глубины 50 м и более. Характерной особенностью этого рельефа является его глубокая расчленённость, как речными долинами, так и овражно-балочной сетью. Превышение увалов над поверхностью долин составляет 35-45 м в северо-западной части Чуйской долины и 50-60 м в междуречье. КЗсч до 6 км/км².

5 – (ВІІІБ) – выпуклая пологоволнистая поверхность, изрезанная долинами рек, системой балок и реже оврагов глубиной до 20 м, является продолжением холмисто-грядового рельефа и характеризуется меньшей расчленённостью поверхности и широким развитием плосковыпуклых поверхностей водоразделов. Превышение последних над поверхностью речных долин составляет 10-20 м, КРсч –

5 км/км².

6 – (BV) – эоловый, бугристо-грядовый рельеф образован вследствие перевевания песчаной линзы, выведенной на дневную поверхность из под покрова лёссов в процессе проявления новейших тектонических движений. Рельеф характеризуется широким распространением бугров гряд высотой в 1-3 и более метров, ориентированных в восток-северо-восточном направлении. КРсч рельефа менее 2 км/км².

7 – (BIV) – слабовогнутая Al и Al-Pr ступенчатая равнина долины р.Чу. Этот тип рельефа включает приуловую часть долины р. Чу и вытянут полосой шириной от 1-3 до 6 км с юго-востока на северо-запад. АО_{тм} поверхности закономерно уменьшаются в направлении течения реки от 1000 м на востоке до 560 м на западе в пределах исследуемой территории. Средний уклон составляет 0,005, КРсч менее 2 км/км².

При величине Рсч менее 2 км/км² рельеф характеризуется минимальными глубиной, густотой расчленения и углами наклона склонов до 1,5°, в таких условиях поверхностный сток практически отсутствует, что не способствует выносу загрязнителей [3]. Данный вид Рсч рельефа выделяется в пределах слабовогнутой аллювиальной и аллювиально-пролювиальной долины р.Чу (тип- BIV) и эолового бугристо-грядового рельефа (тип BV).

При общей Рсч 2 – 5 км/км² рельеф характеризуется глубиной, густотой расчленения и углами наклона до 3°, при которых начинает формироваться поверхностный сток и как следствие частичный вынос загрязняющих веществ. Данный вид Рсч рельефа соответствует

геоморфологическим типам рельефа в пределах слаборасчленённой, наклонной аллювиально-пролювиальной равнины слившихся конусов выноса (BI) и слабонаклонной Al-Pr равнине (BII).

В северо-западной части исследуемой территории выделяется сглаженный, увалисто-долинный тип рельефа (BIII) с величиной общей Рсч более 5 км/км², который характеризуется значительной густотой и глубиной расчленения поверхности, углами наклона более 3°, что способствует уже хорошему выносу загрязнителей с поверхностным стоком.

Таким образом, в пределах исследуемой территории Чуйской долины можно выделить три вида территорий (рис.2) по величине Рсч рельефа: менее 2 км/км², 2-5 км/км² и более 5 км/км². В первом случае реакция рельефа на загрязнение характеризуется, как не способствующая выносу загрязняющих веществ. При Рсч 2-5 км/км² и более 5 км/км² реакция рельефа на загрязнение характеризуется, как слабо и хорошо способствующая выносу загрязнителей, соответственно

На рисунке 2 приведена схема районирования Чуйской долины по реакции рельефа, а в таблице 1 приведены основные характеристики выделенных видов рельефа по Рсч, его реакции на загрязнение и приуроченность к геоморфологическим типам.

Таблица 1.

Реакция рельефа на загрязнение	Расчленённость км/км ²	Геоморфологическая приуроченность
Не выносит загрязняющие вещества (3)	Менее 2	Слабовогнутая аллювиальная и аллювиально-пролювиальная долина р.Чу (BIV) Эоловый бугристо-грядовый рельеф (BV)
Слабо выносит загрязняющие вещества (1)	2 – 5	Слаборасчленённая, наклонная аллювиально-пролювиальная равнина слившихся конусов выноса (BI) Слабонаклонная аллювиально-пролювиальная равнина (BII)
Хорошо выносит загрязняющие вещества (2)	более 5	Сглаженный, увалисто-долинный рельеф (BIII)

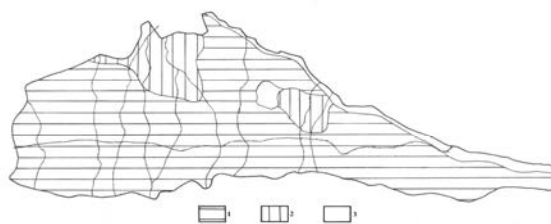


Рис.2 Схематическая карта реакции рельефа Чуйской долины на техногенное загрязнение

Данная оценка реакции рельефа территории Чуйской долины на техногенное загрязнение не учитывает влияние изменённых форм рельефа в результате инженерно-хозяйственной деятельности (коллекторно-дренажные сети, водохранилища, каналы, карьеры, дамбы и др.). Эти изменения должны учитываться при более детальных исследованиях. Для более полной оценки состояния устойчивости ГС необходимы дальнейшие исследования, включая такие исследования, как определение состояния защищенности подземных вод от загрязнения, характеристику источников возможного и существующего загрязнения ГС, характеристику ГС и отдельных ее слоев по

емкости поглощения отдельных веществ и ионов и т.п.

Литература

1. Национальный план по охране окружающей среды Кыргызской Республики. Б.:Детай-Камекс ЛТД, 1995.-181с.
2. Кожобаев К.А. Основные геоэкологические проблемы КР. //Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология.Геоэкология. 2004г., №1. стр33-44.
3. Философов В.П. Основы морфометрического метода поиска тектонических структур. Саратов, 1975.-232с.

УДК 504.06

ЭКОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОД ВЕРХОВЬЕВ РЕКИ НАРЫН.

**Оторова С.Т., ** Кожобаев К.А.*

Нарынский государственный университет,
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»***

На основании изучения и анализа материалов предыдущих исследований и последующих экспериментальных исследований авторов статьи состава вод бассейна реки «Верхний Нарын» показано, что в регионе имеются определенные экогеохимические проблемы. Если по макрокомпонентному составу эти воды отвечают требованиям ГОСТов, то суммарное содержание некоторых микроэлементов первого и второго класса опасности, в летние месяцы меняется от порядка трех и более чем ПДК. Делается вывод о том, что воды верховьев реки Нарын, включая регион города Нарын, содержат микрокомпоненты, представляющие большую экологическую угрозу для жителей этого и нижележащих по течению реки регионов.

В настоящее время считается, что верховья большинства рек еще не сильно подвержены антропогенному (или техногенному) загрязнению, так как высокогорные регионы еще не так освоены и урбанизированы, как равнины. Однако уже во многих местах, где в горах проводится интенсивная инженерно-хозяйственная деятельность человека, можно наблюдать и интенсивное загрязнение вод, о чем можно судить по многочисленным исследованиям, включая и наши. Коварство и усиленная угроза этих загрязнений заключается еще и в том, что в горных условиях поймы рек в основном сложены крупнообломочным материалом, который очень легко пропускает эти воды под русло и образуют под русловой и прирусловой подземные потоки. Эти потоки, в предгорных равнинах нередко служат областью питания грунтовых и межпластовых подземных вод. Обломочные и грубодисперсные породы имеют также очень низкую емкость поглощения ионов и

других веществ. Поэтому многие мелкодисперсные и растворенные в воде загрязнения могут встречаться и в подземных водах межгорных равнин, где эти воды широко используются для различных целей, включая питьевые. Ниже, на основе экспериментальных исследований и их анализа, рассматриваются экогеохимические проблемы вод названного региона и возможные пути их решения.

Экогеохимическое состояние вод верховьев реки Нарын. Химический состав вод этого региона был неоднократно исследован, в том числе и нами [1-6]. Материалы исследований были частично проанализированы и большая часть результатов было опубликовано в периодической печати и в трудах конференций [см. 1-6]. В данном докладе приведены некоторые дополнительные обобщения данных и дополнительный анализ состава вод.

На основании изучения и анализа материалов исследований «Кумтор оперейтинг

компани» (КОК) за 1997-2002 гг. [1] был сделан вывод о том, что воды этого региона в целом не вызывают особой тревоги. Последующие наши экспериментальные исследования по изучению состава вод бассейна реки «Верхний Нарын», проведенные в 2004-2005 гг. показали, что имеются определенные проблемные моменты. Так, по данным макрокомпонентного состава эти воды отвечают

Таблица 1.1.

Результаты экспериментов. Дата отбора проб 23.07.2004			
№	Шифр проб	Среднее значение	ПДК по [11]
11.	Fe, мг/л	4,0	0,1
24.	Ca, мг/л	98,4	180
25.	K, мг/л	2,5	10
26.	Mg, мг/л	20,7	40
27.	Na, мг/л	36,8	300
Сумма макро катионов, мг/л.		162,4	

Таблица 1.3.

Результаты экспериментов. Дата отбора проб 26.01.2005			
№	Шифр проб	Среднее значение	ПДК по [11]
11	Fe, мг/л	0,0	0,1
24	Ca, мг/л	51,4	180
25	K, мг/л	1,9	10
26	Mg, мг/л	22,9	40
27	Na, мг/л	30,6	200
Сумма макро катионов, мг/л.		106,9	

Не прибегая к дополнительным анализам, в том числе и анализу макро-анионов, из этих таблиц можно видеть, что по макрокомпонентному составу воды относятся к обычным пресным поверхностным водам, годных и для питьевого использования.

Однако обобщенный анализ микрокомпонентного состава этих вод по результатам наших исследований показал, что по ряду микрокомпонентов имеется превышение их содержания над ПДК. Согласно пункта 3.4.4. СанПиНа КР [7], при обнаружении в питьевой воде нескольких химических ве-

требованиям самых строгих ГОСТов, включая ГОСТы КР по питьевой воде[7]. Например, ниже в таблицах приведены обобщенные данные по «макро-катионам*» - *здесь имеется в виду катионы, относящиеся в обычных условиях к макрокомпонентам, то есть Na+Ca, Ca, Mg и, иногда, Fe и др. (см. табл.1.1-1.4.).

Таблица 1.2.

Результаты экспериментов. Дата отбора проб 29.10.2004			
№	Шифр проб	Среднее значение	ПДК по [11]
11	Fe, мг/л	0,0	0,1
24	Ca, мг/л	95,8	180
25	K, мг/л	2,4	10
26	Mg, мг/л	20,1	40
27	Na, мг/л	35,6	300
Сумма макро катионов, мг/л.		154,0	

Таблица 1.4.

Результаты экспериментов. Дата отбора проб 26.04.2005			
№	Шифр проб	Среднее значение	ПДК по [11]
11	Fe, мг/л	1,5	0,1
24	Ca, мг/л	83,2	180
25	K, мг/л	3,0	10
26	Mg, мг/л	19,7	40
27	Na, мг/л	28,6	300
Сумма макро катионов, мг/л.		135,9	

ществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому (с.-т.) признаку вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК не должна быть больше 1. Результаты обобщенного анализа данных исследований с учетом вышеуказанного пункта СанПиНа КР, показывают, что сумма ПДК ряда элементов в летние месяцы превышают допустимые пределы – для примера здесь приведена одна из 4-х обобщенных таблиц (см. таблицу 2).

Таблица 2.

Результаты эксперимента. Дата отбора проб 23.07.2004					
№	Шифр проб	Среднее значение	ПДК КР (при отсутств.- РФ)	Средн/ ПДК	Класс опасн_2 и > = СТ
1.	Ag, мг/л	#DIV/0!	0,05	#DIV/0!	2
2.	Al, мг/л	2,604	0,5	5,21	2

3.	As, мг/л	#DIV/0!	0,05	#DIV/0!	2
4.	Au, мг/л	#DIV/0!	Не указ	#DIV/0!	Не указ
5.	Ba, мг/л	0,113	0,1	1,13	2
6.	Be, мг/л	#DIV/0!	0,0002	#DIV/0!	1
7.	Cd, мг/л	#DIV/0!	0,001	#DIV/0!	2
8.	Co, мг/л	0,032	0,1	0,32	2
9.	Cr, мг/л	0,019	0,05	0,39	3
10.	Cu, мг/л	0,324	1,00	0,32	3
11.	Fe, мг/л	3,968	1,00	3,97	3
12.	Hg, мг/л	#DIV/0!	0,0005	#DIV/0!	1
13.	Mn, мг/л	0,229	0,01 (0,5)	#VALUE!	3
14.	Mo, мг/л	#DIV/0!	0,25	#DIV/0!	2
16.	Ni, мг/л	0,017	0,1	0,17	3
17.	Pb, мг/л	#DIV/0!	0,03	#DIV/0!	2
18.	Sb, мг/л	0,062727273	Не указ	#VALUE!	2
19.	Se, мг/л	#DIV/0!	0,01	#DIV/0!	2
20.	Si, мг/л	4,795	10,00	0,48	2
21.	Tl, мг/л	#DIV/0!	Не указ	#DIV/0!	2
22.	V, мг/л	0,015	0,1	0,15	3
23.	Zn, мг/л	0,016	5	0,00	3
24.	Ca, мг/л	98,358	Не указ	#VALUE!	Не указ
25.	K, мг/л	2,491	Не указ	#VALUE!	Не указ
26.	Mg, мг/л	20,744	Не указ	#VALUE!	Не указ
27.	Na, мг/л	36,843	200	0,18	2
28.	CN, мг/л	#DIV/0!	0,035	#DIV/0!	2
Сумма ПДК с Клас. Опасности ≤ 2 и с.-т.				7,62	

Суммированное превышение над «кумулятивным» ПДК элементов в зимние месяцы составило около 1-го (пробы от 29.10.2004г – 0,88; пробы от 26.01.2005г – 1,06), а в летние 7,62 (см. выше таблицу 2) и 2,86 в пробах от 26.04.2005 г.. Причем в составе этих элементов содержатся только элементы 1-го и 2-го классов опасности.

Учитывая вышесказанное и допуская возможность каких-то ошибок в исследованиях, нами был проведен сопоставительный анализ результатов исследований КОК и наших исследований по тем элементам, которые содержались и в исследованиях КОК и в наших исследованиях. Результаты этого сопоставления по осредненным данным по всем исследованиям, а это только по нашей части составляет 48 анализов атомно-эмиссионным способом, проведенных в лаборатории «Алекс Стюарт», по каждому элементу, приведены в таблице 3. Для сокращения объема статьи, в данной таблице приведены только самые обобщенные результаты.

Данные по тем 12 элементам, содержание которых было исследовано и КОК [1] и нами [11] (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Zn, CN), по каждой группе в отдельности, были усреднены. Для вычисления общего среднего по всем элементам, определенным "КОК" за 1997-2002 гг., сначала были

результаты исследований КОК и. определены средние данные по каждому году, а потом было вычислено среднегодовое значение содержания элементов по всем годам исследований. Также были усреднены данные по всем пробам за все время наших исследований (4 раза в разное время года по 12-ти точкам за 2004-2005 гг.). Потом бралась разница средних содержаний по двум группам исследований делилась на содержание элементов по исследованиям КОК и умножались на 100 – для вычисления результатов в процентах. Результаты вычислений и сопоставлений приведены в последнем столбце таблицы 2. Из рассмотрения этой таблицы видно, что результаты двух групп исследований почти полностью совпадают.

Таблица 3.

Сопоставления средних значений содержания элементов по двум группам исследований: за 1997-2002 гг ("КОК") и за 2004-2005 гг.(Огорова С.Т.).								
Общее среднее по всем пробам за все время: по элементам, определенным "Кумтором" за 1997-2002 гг и 4 раза нами (даты отбора 23.07.2004 г; 29.10.2004 г; 26.01.2005 г.; 26.04.2005 г.) по 12-ти точкам.								
№	Химический знак элемента	Общее среднее по всем элементам, определенным "КОК" за 1997-2002 гг	Среднее содержание элементов по результатам анализов отобранных 27.04.2004 г..	Среднее содержание элементов по результатам анализов отобранных 29.10.2004 г..	Среднее содержание элементов по результатам анализов отобранных 26.01.2005г.	Среднее содержание элементов по результатам анализов отобранных 26.04.2005г.	Среднее по всем пробам за все время: по элементам, определенным 4 раза по 12-ти точкам за 2004-2005 гг.	Отклонения средних значений содержания элементов по двум группам исследований за 1997-2002 гг и за 2004-2005 гг. в %-тах.
1	As, мг/л	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	Cd мг/л	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
3	Co мг/л	0,0232	0,032	#DIV/0!	#DIV/0!	0,015	0,023	0,0
4	Cr ,мг/л	0,0571	0,019	#DIV/0!	#DIV/0!	0,095	0,057	0,0
5	Cu мг/л	0,2183	0,324	#DIV/0!	0,011	0,320	0,322	47,6
6	Fe, мг/л	1,3793	3,968	0,015	0,011	1,524	1,379	0,0
7	Hg, мг/л	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
8	Mn,мг/л	0,2016	0,229	#DIV/0!	#DIV/0!	0,174	0,202	0,0
9	Ni, мг/л	0,0085	0,017	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
10	Pb, мг/л	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
11	Sb, мг/л	0,0484	0,062727273	#DIV/0!	#DIV/0!	0,034	0,048	0,0
12	Se, мг/л	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
13	Zn, мг/л	0,0140	0,016	0,005	0,021	0,015	0,014	0,0
14	CN, мг/л	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Только по одному элементу – меди есть почти 50% разница (точнее - 47,6%). То есть можно говорить о том, что несмотря на большую разницу во времени исследований: 1997-2002 гг и 2004-2005 гг и разные места отбора проб – в целом наблюдается очень большая схожесть результатов. Это важный вывод, позволяющий с еще большим доверием относиться к результатам исследований.

Из этого вывода и из вышеприведенных результатов, можно сделать **нижеследующие выводы**. В целом воды региона содержат ряд микрокомпонентов, с учетом кумулятивного их воздействия на организм, их содержание в летние периоды намного (порядка 3 - 8 раз) превышает допустимое для питьевых вод ПДК элементов 1-го и 2-го классов опасности по санитарно-токсикологическому признаку показателя вредности. Таким образом, воды верховьев реки Нарын, включая регион города Нарын и несколько ниже по течению этой реки, содержат микрокомпоненты, представляющие большую экологическую угрозу для жителей этого и нижележащих по течению реки регионов.

Литература

1. Акчалов Ш.А., Оторова С.Т. Экологическое состояние вод реки Кумтор(-реки Нарын) до города Нарын. // Журнал «Известия ВУЗов» №6, Бишкек.-2004.–с.91-95.
2. Оторова С.Т. Течет река Нарын сквозь ПДК. –УДК 577.4:551.482.2 // //Матер.

Межд. научно –технич. конф. «Инновации в образовании, науке и технике». Журнал «Известия КГТУ им. И.Раззакова.» №9, Бишкек.-2006.–с.29-36.

3. Оторова С.Т. Экологическое состояние питьевой воды города Нарына. //Материалы 3-научно-практической конференции «Проблемы образования и науки». –НГУ.2004.–с. 202-204.
4. Оторова.С.Т. Гидрохимическая характеристика вода верховьев реки Нарын. //РФ. Журнал актуальной научной информации. «Аспирант–соискатель», Науки о земле. №6 (31),2005г.– с.208-210.
5. Оторова.С.Т. К изучению геоэкологического состояния воды реки Нарын. // КГ-МИ им. У.А.Асаналиева. Матер. II-й конф. Бишкек, 2002г.– с.54-57.
6. Оторова.С.Т. Кинетика изменения элементного состава воды в верхнем течении реки Нарын. //РФ. Журнал: «Естественные и технические науки», №6 (20), 2005 г.– с.113-117.
7. СанПин 2.1.4.002-03. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы. Минздрав КР, Бишкек.- 2004.

ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ КАК СТИХИЙНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Донбаева Г.Ч.

Таласский государственный университет

В работе рассматриваются вопросы возможных проявлений природных стихийных бедствий, в частности оползневых процессов. Приводятся примеры подобных явлений по территории Кыргызстана.

Центральная Азия – это регион, который активно подвергается природным катаклизмам и где можно увидеть такие природные явления, как наводнения, засухи, лавины, оползни и землетрясения. Этому региону также угрожают катастрофы, вызванные человеческой деятельности и связанные с промышленностью и свалками радиоактивных, химических отходов, которые появились здесь еще в советские времена. Такие факторы, как плотность населения в районах, подверженным катаклизмам, значительный рост населения в целом, бедность, использование земли и воды, несоблюдение строительных норм и правил, так же как и глобальное изменение климата, делают этот регион незащищенным как от

природных бедствий, так и от катастроф, вызванных человеческой деятельностью.

Из-за природных катаклизмов в Центральной Азии за последнее время погибло около 2,5 тысяч человек, а более 5 млн.чел испытало на себе то или иное их воздействие.

Кыргызстан в этом плане не является исключением. Случаи стихийных бедствий, повлекших гибель жителей опасных зон, участились за последние годы в связи с участвовавшими крайними природными явлениями и отсутствием должной подготовленности к ним. Например: проливной дождь и землетрясение в Оше и Джалал-Абаде в 1992 году, сильные ливни в 1993 году, оползни и сели в 1994 году и 2004 го-

ду в Оше и Джалал-Абаде, наводнение в результате схода льдов на озере Шахимардан в 1998 году, крупное наводнение в Джалал-Абаде в 1998 году, прошедшее из-за сильных ливней, трагические оползни на участке Согот в селе Кара-Тарык Узгенского района, в с.Кайнама в Алайском районе в 2004 году, землетрясения в Ошской области в конце 2007 года. Таких примеров, к сожалению трагических, можно приводить еще.

Более подробно хотелось бы остановиться на оползнях, причинами которых являются многие природные процессы, в частности подземные воды и обильные атмосферные осадки. В последнее время в Кыргызстане активизация оползневых процессов усилилось в низко- и среднегорных ярусах рельефа, редко в высокогорной зоне в связи с активизацией взаимодействующих современных геодинамических движений, сейсмичности, подъемом уровня подземных вод, аномальным количеством выпадающих атмосферных осадков, а также инженерно-хозяйственной деятельностью человека, нарушающей баланс устойчивости склона в горных зонах.

Ущерб от оползней, активизирующихся ежегодно в связи с проявлением вышеуказанных причин, неуклонно возрастает, а число отселенных семей из зоны оползневого поражения с 1994 по 2005 гг по данным МЧС достигло 10318.

В настоящее время только в пределах трех южных административных областей республики насчитывается находящихся в разной степени активности более 3500 оползней и оползневых участков склонов, а в четырех северных областях Кыргызстана, с учетом скальных оползней, по инженерно-геологическим, сейсмологическим и геодинамическим данным число разновозрастных оползнеобразующих опасных участков склонов и проявившихся оползней природного и техногенного характера составляет около 5000.

Общая площадь пораженности земель Кыргызстана оползневыми процессами и явлениями, ведущими к погребению и разрушению жилых домов, автодорог, ЛЭП, радиоактивных хвостохранилищ и горных отвалов по предварительным оценкам составляет около 7,5 % территории республики. По среднестатистическим данным до 4 % территории страны, преимущественно в южных регионах, неравномерно покрыты на теле древних оползневых масс, современными активизировавшимися оползнями. Одновременно 3,5 % территории Кыргызстана, в т.ч. в северных регионах, представлены потенциально оползнеопас-

ными склонами сопряженными древнеоползневыми геодинамически и сейсмотектонически активными массивами наскальных, полускальных и скальных грунтов.

Современные активные оползни проявляются преимущественно по наиболее неустойчивым к факторам поверхностного и подземного увлажнения, приводящим к катастрофическим процессам и явлениями в лессовых грунтах четвертичного возраста. Последние также обладают способностью при землетрясениях и технических вибрациях от взрывов или движениях тяжелого транспорта резко терять прочность и переходить в текучее состояние.

Оползневые процессы развиты в основном на территории южного Кыргызстана в среднегорной зоне, совпадая с площадью распространения мезо-кайнозойских отложений, представленных переслаивающимися пестроцветными глинами, песчаниками, мергелями, гипсами с многочисленными водоносными горизонтами и перекрытых сверху лессовидными суглинками мощностью до 30 м.

Оползни имеют разрушительную силу и в некоторых случаях распространяются на довольно большие территории. Оползни разрушают жилые дома и приводят к гибели людей, что является тяжелой утратой для всех, например оползень в с.Райкомол в Джалал-Абадской области (2009 г, см.фото); регулярно создают угрозу непрерывности и безопасности движения транспортных средств; создают угрозу перекрытия бурных рек, последствием которых является затопление жилых массивов; выводят из строя посевы сельхозкультур, пастбищные угодья.

Оползни, в зависимости от их мощности, подразделяются на *поверхностные*, образующиеся за счет влияния атмосферных осадков, и *глубокие*, образующиеся в основном за счет увлажнения склоновых отложений подземными водами.

Многолетними наблюдениями соответствующих служб (КыргызГИИЗ, МЧС) установлено, что большое количество оползней образуется в многоводные годы, какими были 1969, 1978-1979, 1988, 1994, 1998, 2002, 2003, 2004, 2009. Крупные оползни, образующиеся под влиянием подземных вод, возникают и в маловодные годы независимо от периода года, но больше всего весной, когда вес оползневой массы

значительно больше из-за инфильтрации талых и дождевых вод.

Площади деградированных земель, подверженных активным оползневым процессам, обусловленным вышеприведенными факторами, в том числе под влиянием глобального потепления климата Земли, ежегодно возрастают и требуют систематического проведения инженерно-геологических обследований с занесением подробной информации о предвестниках разрушения склонов в компьютерные базы данных. Оползни имеют различные длительности жизни – от секунд до десятков и более лет, поэтому массы горных пород с неустойчивых склонов гор могут длительно разгружаться, представляя угрозу жилым домам и инфраструктуре населенных пунктов, расположенным в зоне их возможного поражения.

Проблемой изучения оползней является создание на каждом потенциально опасном склоновом участке инструментально оснащенной наблюдательной сети с дистанционным получением информации о протекающих деформационных изменениях и опасных подвижках.

Стихийные бедствия по своей природе не знают, что такое границы. Они могут оказывать как прямое, так и косвенное воздействие на безопасность и жизнеспособность. В этой связи, учитывая всю опасность этих явлений, необходимо извещение об истинной ситуации и обучение населения по правилам поведения в момент чрезвычайных ситуаций.



с.Райкомол, Джалал-Абадская область, 2009



УДК 543.12

НОВАЯ ТЕОРИЯ ПРОИСХОЖДЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАМЕННОГО УГЛЯ В ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ ИЗ ЛЕСНОЙ ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ

Ревин В.А.

КГТУ им. И.Раззакова

В работе рассматривается:

1. Современный взгляд на динамику осадочного процесса на земле в каменноугольном геологическом периоде.
2. Существующая теория происхождения каменного угля и ее несостоятельность
3. Новая теория происхождения каменного угля и ее обоснования.
4. Получение искусственного каменного угля.

1. Современный взгляд на динамику осадочного процесса, на земле в каменноугольном геологическом периоде.

Достаточно взглянуть на геологический разрез свиты угольных пластов Кузбасского месторождения (как и любого другого), площадью 26 000 км² глубиной разведки 1800м со 120^ю угольными рабочими пластами, между которыми залегает мощная толща минеральных горных пород – аргиллита, алевролита – чтобы убедиться в том, что осадконакопления шли при участии мощных потоков воды, при участии колоссальной водной энергии в образовании месторождения. Эта энергия воды шла на переработку скальных пород в песок, глину, на перенос этого материала на большие расстояния и на нивелировку этого осадочного материала в пласты. При помощи этой водной энергии образовалась толща осадочных горных пород по всей планете глубиной 20-25 км. Этой энергией были проделаны русла великих рек земного шара, их выход к морям и океанам. В наше время это стало понятным, благодаря открытию английских астрофизиков из Эдинбургского университета, которые утверждают, что наша спутница луна в ранние геологические периоды была ближе к земле в 20 раз, чем сейчас и благодаря закону гравитации И.Ньютона «Увеличивался гравитационный эффект на массы воды, на земле, и потоки воды убывали и притекали на тех или иных участках планеты каждые несколько часов». То есть потоки воды «работали в режиме прилив-отлив, а не текли, в начале, в моря и океаны. Они текли вместе с осадочным материалом в подземные кладовые недр земли в виде пуль-

пы. В недрах земли, под давлением, эта пульпа разделялась на водоносные горизонты и твердую часть.

Определим примерную мощность приливов и отливов в каменноугольном периоде. Что такое приливы в настоящее время?

Приливы: периодические колебания уровня моря, обусловленные силами притяжения луны и солнца в соединении с центробежными силами при вращении земля-луна и земля-солнце. Обычно прилив-отлив бывает 2 раза в сутки. Максимальное поднятие воды: в океане -1м., у берегов -18м. Чтобы определить силу гравитации при близости луны к земле в 20 раз, т.е. на расстоянии 20.000 км, обратимся к формуле закона всемирного тяготения И.Ньютона:

$$F = G \frac{m_3 \cdot m_{\text{л}}}{r^2}$$

где

G- Гравитационная постоянная Ньютона, равная

$$(6,6720 \pm 0,0041) \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$$

m₃ – масса земли

m_л – масса луны

r² – квадрат расстояния между ними

В настоящее время до луны 384400км.

Для удобства арифметических операций округлим эту цифру до 400,000км и представим в виде произведения: r² = 400,000² = 20,000² · 400; Это произведение поставим в знаменатель формулы всемирного тяготения и сделаем преобразование:

$$F = G \frac{m_3 \cdot m_{\text{л}}}{20.000^2 \cdot 400} = 400F = \frac{G \cdot m_3 \cdot m_{\text{л}}}{20.000^2};$$

Здесь цифра в знаменателе -20,000² – есть квадрат расстояния между землей и лунной когда луна была в 20 раз ближе к земле и мы видели, что сила гравитации была в 400 раз сильнее, чем сейчас, которая действовала на потоки воды в режиме прилив-отлив. То есть

это тот аргумент который вносит ясность, благодаря чему на планете образовалась такая толща осадочных горных пород-20-25км глубиной, благодаря чему образовались свиты угольных пластов и минеральной толщи между ними. И благодаря этой

силе водной стихии образовались русла рек на планете.

2. Существующая теория происхождения каменного угля и ее несостоятельность.

По существующей теории Ю.А.Жемчужникова (сов. геолог, член.кор. АН СССР) при формировании углей выделяют 2 стадии:

Первая- Гумус- трава, кустарник, древесная масса – превращается в торф в болотной, озерной, застойной среде.

Вторая - сапропелевые угли, образовавшиеся из остатков микроскопических синезеленых водорослей при участии мелких рачков и др. микроорганизмов в застойных водоемах превращаются сначала в торф, а затем этот торф проходит воздействие метаморфизма и последовательно превращается - в бурый уголь, каменный уголь, антрацит и графит...

В свете современного взгляда на осадочный процесс на земле выше изложенная гумидная теория происхождения каменного угля нелепа и абсурдна, т.к осадконакопление шло не в болоте и следовательно всякий торф здесь неуместен. В своем составе каменный уголь содержит до 50% минеральных примесей, что в болотной среде исключено.

Месторождения каменных углей в основном залегают в виде свиты угольных пластов, толща которых исключает доступ метаморфизма

Пример: Кузбасское месторождение- мощность разведанной свиты

1800м где при проходке квершлагов встречаются окаменевшие деревья, что указывает на отсутствия метаморфизма.

Гумидная теория не в состоянии объяснить процесса залегания каменного угля в виде свиты угольных пластов с постоянной мощностью по простиранию и равномерного распределения в угольном пласте минеральных примесей.

Были проведены эксперименты в автоклавах по получению искусственного угля из торфа при различных температурах и давлениях. Но они оказались безуспешными даже получить бурый уголь. Интернет.

3. Новая теория происхождения каменного угля.

Установлено, что ископаемый каменный уголь средней степени углефикации содержит в горючей массе от 75 до 97% углерода, от 9 до 45% летучих веществ и до 50% минеральных примесей и влагу.

Теплота сгорания каменного угля

30,1÷36,6МДж/кг

Древесный же уголь представляет из себя твердый, пористый высоко углеродистый продукт, который применяется, как топливо и в качестве активного угля в технологических процессах, имеет теплоту сгорания такую же, как у каменного угля – 30÷35МДж/кг !!! Углерод биогенный элемент, при обычных условиях химически инертен, но при высоких температурах соединяется со многими элементами. Водород так же соединяется с другими элементами при нагревании. Углерод парадоксальный элемент. Например, при коксовании (без доступа кислорода) каменного угля при $t=950\div1050^{\circ}\text{C}$ или древесины при $t=450\div550^{\circ}\text{C}$, мы получили в первом случае не отработанный шлак, золу, а высокотемпературный кокс для плавки металла в доменных печах, а во втором случае – древесный уголь, кокс, а не древесную золу, с высоким содержанием углерода и теплотой сгорания.

В этой аналогии каменного и древесного угля и есть ответ на вопрос, как образовался каменный уголь. А он образовался не из гумидной гнили, которая потеряла углерод, а из свежей первосортной древесины, где этого углерода – максимум! В наше время, в летние месяцы, благодаря телевидению, все мы становимся свидетелями стихийных лесных пожаров целых регионов на нашей планете, которые горят месяцами. Это же самое происходило 350млн. лет назад в атмосфере углеводородов (углекислого газа, метана) при недостатке кислорода, когда наша атмосфера так же зарождалась. Лесной материал сгорал, превращаясь в древесный уголь, кокс с высоким содержанием углерода. Древесный уголь являлся легким материалом, который не гниет миллионы лет легко нивелируется водой в угольные пласты постоянной мощности.

Водный режим прилив-отлив является эффективным разносчиком древесного семенного материала. Постепенно идет нарастание древесной массы, зеленые растения образуют хлорофилл, который усваивает углерод, которым насыщена атмосфера. Деревья вырастают до своего естественного возраста, высыхают и в летние месяцы в одну из атмосферных гроз лес воспламеняется. Таким образом, процесс образования угольных пластов повторяется. Так образуется свита угольных пластов.

Получение искусственного каменного угля.

В условиях финансового кризиса пришлось искать простое и оригинальное решение поставленной задачи, способа сжигания древесного материала без доступа воздуха, насыщая его собственными газами CO и CO_2 . Для этого была использована «Орешница» для выпечки кондитерских изделий. Для лучшей герметизации орешницы ее выпуклая часть была заменена на тонкую алюминиевую пластину, которая плотно закрывала вторую половину «Орешницы» с ячейками – углублениями (смотри рис.1) Наполнив ячейки – углубления древесными хвойными опилками и слегка их, уплотнив, «Орешница» закрывалась алюминиевой пластинкой на 2 шурупа и по периметру промазывалась жидкой глиной для герметизации. Затем «Орешница» ставилась на газовую горелку газовой плиты тонкой стороной алюминиевой пластины к пламени. Время сжигания опилок длилось 30 минут при температуре газа 600°C . Давление при сжигании опилок было минимальное – это было видно по газу, который слегка выделялся из «Орешницы», а затем, когда дымок прекратился, пламя газовой горелки было выключено. Далее сгоревшие опилки примерно половина, на половину по весу смешивались один раз с сухой глиной, а другой раз – с пустой породой (порошком) от каменного угля. Во все эти смеси добавлялось небольшое количество воды, а в

пустую породу еще и глину, чтобы получить густой замес. Затем этот густой замес набивался в полудюймовую водопроводную трубку длиной 10см. и при помощи молотка и наковальни, делался брикет испытуемого угля длиной 1,5-2 см. Затем, эти брикеты помещались в ту же газовую горелку, где возгорались и превращались в серый цвет золы и структуру.

Литература

1. И.В. Дорохин, Е.Н. Богачева, В.И. Соболевский, Е.З. Горбунов «Месторождения полезных ископаемых и их разведка». Гос. Научно-техническое издательство литературы по горному делу, Москва 1961г.
2. Советский энциклопедический словарь, Москва 1978г.
3. Распечатка из Интернета об открытии английских астрофизиков из Эдинбургского университета о близости к земле в 20 раз нашего спутника Луны, что обусловило гравитационный эффект воды в каменноугольном периоде.
4. Распечатка из Интернета: «Происхождение угля остается загадкой-органическая теория образования углей не выдерживает критики.



УДК 553.43.434

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ЭПОХИ КЫРГЫЗСКОЙ ЧАСТИ ТЯНЬ-ШАНЯ

Кабаев О.Д.*Кыргызский институт минерального сырья при КГТУ им. И.Раззакова*

Исследования рудоносности особенностей осадочных, осадочно – метаморфизованных толщ обусловлены и тем обстоятельством, что основные ресурсы рудных полезных ископаемых сосредоточены в докембрийских и палеозойских комплексах мира. Анализ распределения оруденения по времени и в пространстве позволил выявить ряд перспективных крупных металлогенических эпох в рудно-геологической истории докембрия и палеозоя. Исходя из анализа основных черт металлогении Кыргызской части Тянь-Шаня установлено, что основные рудные залежи формируются в докембрийских и палеозойских толщах в пределах металлоносных областей, поясов и зон в соответствии с их рудно-геохимической специализацией рудовмещающих толщ.

По экономическому потенциалу среди промышленно-генетических типов месторождений благородных, редких и цветных металлов стратиформный имеет исключительно важное значение. Известно, что наиболее крупные стратиформные месторождения локализуются в докембрийских осадочных формациях. В связи с этим изучение закономерностей размещения и условий образования стратиформного оруденения и разработка поисково-прогнозных критериев является важной задачей геологической науки и практики.

Анализ распределения оруденения по времени позволяет наметить ряд перспективных металлогенических эпох в рудно-геологической истории докембрия и палеозоя Тянь-Шаня. При этом закономерно меняется лито-петрографический состав формаций, их тектонический режим и рудно-геохимическая специализация, что позволяет выделить металлогенические позднеархейские, раннепротерозойские, позднепротерозойские и палеозойские эпохи.

Металлогения позднеархейских и раннепротерозойских эпох В конце позднеархейской и в начале раннепротерозойской эпох происходило накопление полиметаллических, редких, в меньшей мере, серебряных и сульфидных руд, приуроченных к метаморфизованным толщам. Эти оруденения связаны с кристаллическими, амфиболовыми, графитистыми сланцами, гнейсами Актюза. К ним приурочены редкоземельно-полиметаллические месторождения Актюз. Редкометалльно-полиметаллическое оруденение актюзского рудного поля, сопоставимое комплексным редкометалльным (ниобий-тантал-иттрий-бериллий-галлий) месторождением Брокмэн в Австралии.

Позднепротерозойская эпоха. В период этой эпохи происходило накопление полиметаллических, редких, редкоземельных и, в меньшей мере, золото – редкометалльных, зо-

лото- и сульфидных руд, приуроченных к метаморфизованным кристаллическими, амфиболовыми, графитистыми сланцами и гнейсам Актюзского рудного поля и Зайлийского Ала-Тоо, западной и восточной частей Киргизского и Восточной частью Терской хребтов. К ним приурочены редкоземельно-полиметаллические месторождения Куперлисай, Кутессай II. На периферической части этих объектов расположены золоторудные месторождения Долпран, Коматор, Кызыл-Байпак и Боординский рудный узел, относящиеся к золото-сульфидной формации. Отложения этих месторождений сложены в основном зелеными амфиболовыми сланцами Куперлисайской свиты, интрузивированной монзонитовой формацией Беркутского и малыми интрузиями Кыртабулинского комплексов. Рудные залежи, связанные с протерозойскими осадочно-вулканогенными толщами, имеют различный генезис, в частности, допускается экзогенно-гидротермальное образование, не совсем обычное для руд такого типа. В Бразилии установлены докембрийские стратиформные золото-редкометалльно-сульфидные месторождения. Эти оруденения в железистых доломитах и биотит-гранат-графит-серицитовых сланцах сопоставимы с золото-редкометалльно – сульфидным оруденением Коматор-Долпранского рудного поля. В последнем также увеличивается роль золото-сульфидности с постепенным уменьшением концентрации редких и полиметаллических минерализаций.

В отложениях формации с характерным оруденением протягиваются на десятки километров, формируя при этом золото-редко- и полиметаллоносную металлогеническую зону.

Позднепротерозойская эпоха рудно-геохимически специализирована на суль-

фидное, золото-редкометалльно-сульфидное оруденение. В этой эпохе формировались наиболее крупные концентрации серного колчедана в нельдинской свите, осадочно-метасоматической формации Киргизско-Терскайской металлогенической зоны. Формация характеризуется широким распространением пластовых и линзовидных сульфидных оруденений с повышенным содержанием золота. К ним приурочены промышленные рудные залежи (месторождение Ачикташ) и минерализованные точки. Среди последних наиболее крупными являются рудопроявления Джергаланской группы.

Углеродистые черносланцевые формации рудно-геохимически специализированы на комплексное оруденение и отличаются широким развитием с повышенным содержанием благородных, редких и редкоземельных металлов, рассеянных элементов и фосфора при профилирующем значении золота в пределах Срединного и Северного Тянь-Шаня. С черносланцевой формацией Срединно-Тянь-Шаньского металлогенического пояса в пространстве и во времени парагенетически связаны золото-редкометалльно-сульфидные оруденения (месторождение Кумтор, рудопроявления Чомой, Кургак-Тепчи, Каратор, Кызыл-Киндик). Аналогами этих месторождений являются стратиформные золото-редкометалльно-сульфидные месторождения Мурунтау, Даугызтау (Узбекистан), Сухой Лог (Российская Федерация) и др.

Следует отметить, что новые открытия в докембрийских рудоносных черносланцевых формациях не исчерпываются золото-редкометалльностью. В последние годы установлены перспективы черносланцевого пояса Срединного и зон Северного Тянь-Шаня на элементы платиновой группы (Ермолаев-1986, 1995, 2000; Долженко-1998, 2000; Турдукеев, Асаналиев-1998, 1985; Ставинский, Блешинский, Сулайманкулов и др.-2001; Кабаев – 2001 и др.).

Колчеданно-полиметаллические месторождения приурочены к углеродисто-терригенно-карбонатной формации верхнерифейского возраста, свойственной активным окраинам микроконтинентов (Керегеташ-Барскаунская группа проявлений).

Продуктивными, несущими железорудную минерализацию являются месторождения кашкасейской, жаргалачской и джетымской свит венда, из которых породы первых двух свит характеризуются слабой железоносностью и сколько-нибудь значительных концентраций железа не содержат. Главным рудным

минералом этих толщ является магнетит, который присутствует в виде вкрапленников, рассеянных в эффузивной части в виде небольших гнезд и линз совместно с гематитом в терригенной части разреза. Наибольшее количество рудных тел расположено в месторождениях джетымской свиты. Породы джетымской свиты с размывом и несогласием залегают на вулканогенно-осадочных образованиях кашкасейской и жаргалачской свит, а также на эффузивах свиты Большого Нарына и согласно перекрываются осадками джакболатской свиты (Сагындыков, Судоргин 1984, Джолдошев 1964).

В структурном плане месторождение приурочено к северному крылу антиклинария большого Нарына, осложненному структурами более высокого порядка, которые в свою очередь осложнены разрывными нарушениями.

В общем плане рудоносная зона прослеживается прерывистой полосой с востока на запад вдоль правобережья реки Большой Нарын, примерно на 40 км. Основная масса руд сконцентрирована на участках Дангы, Туяксу, Айрансу, Молдобаши, Телеке (сев.), Телеке (южн.) и Курменты. Подсчитанные запасы железных руд на месторождении должны рассматриваться как приближенные, квалифицироваться как прогнозные ресурсы по категории $R_{\text{общего железа}}$ 3810,8 млн.т, магнетитового железа 715,80 млн.т.

Палеозойская эпоха. Серебряные, полиметаллические, медные оруденения нижнего, среднего и верхнего ордовика соответственно приурочены к сероцветной карбонатно-терригенной нижнего, слабо углеродистой терригенно-карбонатной среднего и пестроцветной терригенной формации верхнего ордовика Таласской подзоны Таласо-Каратауского террейна.

К сероцветной карбонатно-терригенной формации приурочены серебряные месторождения Джолсай, Шток, Карагат, Сарымсак, Текели и многочисленные минерализованные точки отличающиеся высокой сереброносностью. Сереброносная толща формации в северо-восточной зоне фациально замещается золотоносной углеродистой окремненной карбонатно-терригенным аналогом. Эти слабо углеродистые окремненные алевролиты, алевропелиты и мелкозернистые песчаники характеризуются содержанием золота от 0,2 г/т до 4-6 г/т. Наиболее высокие концентрации

золота (до 12г/т) приурочены к интенсивно лимонитизированным пиритизированным песчаникам, алевролитам и их мелонитизированным зонам.

Слабо углеродистая терригенно-карбонатная формация характеризуется потенциально в полиметаллоносностью с высоким содержанием серебра (месторождения Ортокан, Ельчи, Мусбулак, Бабахан и др.)

Завершающим этапом является комплекс медистых песчаников и сланцев верхнего ордовика. Меднорудное оруденение стратиформного типа получило широкое развитие в красно- и пестроцветных флишеидных формациях Таласской подзоны Талассо-Каратауского террейна. Здесь известен целый ряд меднорудных объектов (Кызылбельская группа, Басат, Курган и др.), представленных стратифицированными горизонтами алевропесчаников, алевролитов, аргиллитов и сланцев с сульфидной минерализацией меди, реже свинца, цинка и серебра.

С каледонским периодом связано большое количество различных полезных ископаемых, из которых наибольшее значение имеют фосфор, молибден, ванадий, свинец, цинк, медь и др. Кембрийская эпоха – наиболее продуктивная по фосфорноносности. Все известные крупнейшие месторождения Каратауских фосфоритов приурочены к нижнекембрийским кремнисто-карбонатным формациям Северного Тянь-Шаня. Широко распространены углесто-глинисто-сланцевые формации кембрия в пределах трех структурно-формационных зон Тянь-Шаня (Северной, Срединной и Южной), с которыми связано молибден-ванадиевое оруденение, местами достигающее до промышленных концентраций.

Оруденение приурочено к нижнеордовикской терригенно-кремнистой формации, развитой на территории Срединного Тянь-Шаня. Отложения ее в виде прерывистой полосы прослеживаются от хр.Сарыджаз на востоке до Чаткальского хребта на западе; далее она уходит в Джабаглинские горы, в Северо-Западный Каратау в Казахстане. В горизонтах кремнистых пород формации развиты линзы бедных железомарганцевых руд, детально изученных пока только в районе хребта Джетым-Тоо. С нижнедевонской вулканоплутонической ассоциацией Кураминского хребта – медно-колчеданное оруденение. Допускается силур-нижнедевонский возраст ряда свинцово-цинковых месторождений Северного Тянь-Шаня (Джарконуш, Ак-Куль и др.).

В раннегерцинский период формировались крупнейшие стратиформные полиметал-

лические месторождения, определяющие металлогенический облик региона (Миргалымсай, Учкулач, Сумсар и др.). Большим разнообразием полезных ископаемых отличается позднегерцинский период. В это время формировались оловорудные и редкометальные (сурьма, ртуть, вольфрам и др.) месторождения Южного Тянь-Шаня, медные, золоторудные, флюоритовые, полиметаллические и редкометальные месторождения Чаткало-Кураминского региона (Асаналиев, Турдукеев 1987, 1991). Ртутные месторождения представлены тремя типами: листовитовыми, джаспероидными и карбонатно-джаспероидными. Сурьмяные – двумя морфогенетическими типами: 1) согласных межформационных роговиково-джаспероидных рудоносных брекчированных залежей с монометальными кварц-антимонитовыми (Терексай-Кадамжайский тип) и комплексными флюорит-киноварь-антимонитовыми (Хайдарканский тип) рудами, нередко золотосодержащими; 2) секущих и линейных внутриформационных минерализованных зон в терригенно-вулканогенно-сланцевых толщах с комплексными и упорными рудами (Актюбе-Ничкесуйский тип). Эти сурьмяные и ртутные типы оруденения приурочены к Туркестано-Алайскому сурьмяно-ртутному поясу.

Геодинамическим и металлогеническим анализом зон Южного Тянь-Шаня, прилегающих к Таласо-Ферганскому разлому установлено, что потенциально рудоносными являются зоны сдвигов. В качестве матрикса в зонах сдвигов присутствуют тектонические брекчии, катаклазиты и милониты, образовавшиеся по тем же породам, которые сохранились в зоне сдвига в виде блоков и будин (“включений”) с повышенным содержанием золота и редких металлов. Чаще всего с ними связаны, редкометально - золоторудные объекты в черносланцевых толщах Восточно - Алайской, золото - редкометальные, золоторудные объекты Восточно-Ферганской металлогенической зоны и золото-редкометальное оруденение Арпа-Атбашинского сектора. Рудоносные блоки и будины “включений” можно изучить только с помощью горных выработок, поэтому при геолого-съёмочных и поисковых работах они нередко пропускались (Гончаренко А.В., Саркулов М.И. и др., 2000).

Открытие в Восточно-Алайском регионе новых участков золоторудной

минерализации и ряда площадных геохимических аномалий золота позволило увязать ранее обособленные Каракалинское и Иркеш-Савоярдинское рудные поля Восточно-Алайской металлогенической области в единую Восточно-Алайскую металлогеническую зону с редкометалльно-золоторудным профилем (Гончаренко А.В. и др., 2002). В её составе выделяются Каракалинское рудное поле с новыми участками Чекуло и Чон-Блеули на севере, Айтопан-Акбогузское рудное поле, участок Кичи-Каратума, Иркеш-Савоярдинское рудное поле, площадные геохимические аномалии золота Шарт, Сары-Кучук, Сугут, Темирджан, Айтопан, Айтопан Южный, Тонзоу, Кашкасу. Все вышеупомянутые объекты вписываются в подковообразный изгиб основных структур Восточного Алая. Намечается металлогеническая зональность Восточно-Алайской области, которая наиболее хорошо прослеживается в западном крыле изгиба (Гончаренко А.В., Саркулов М.И. и др. 2002).

На золото-редкометалльном оруденении Арпа-Атбашинского сектора в пределах восточной части Южного Тянь-Шаня, прилегающей к Таласо-Ферганскому разлому, как уже было упомянуто выше, на настоящий момент не выделяется каких-либо конкретных обособленных металлогенических подразделений в связи с отсутствием значительных выявленных рудных объектов на этой территории. Здесь известно только одно месторождение ртути Акбеит, ряд рудопроявлений ртути, золото-рудное рудопроявление Айгырбулак, полиметаллическое рудопроявление Снежное, рудопроявление золота Каратор и вольфрама Мюджум. К востоку от озера Чатыр-Куль установлено наличие многочисленных россыпей золота, шлиховых аномалий касситерита и шеелита.

На всех вышеупомянутых проявлениях ртути отмечаются (Конюхов А.Г. и др., 1972) повышенные содержания золота в киноварь-лиственитовых рудах (до 0.2-0.4 г/т). Из гидротермальных изменений характерны площадные протяжённые зоны силицификации, сульфидизации вмещающих метаморфических и вулканогенно-осадочных пород, развитие зон тонкого кварцевого прожилкования и карбонат-кварцевых брекчий.

Исходя из анализа металлогении Кыргызской части Тянь-Шаня необходимо учесть рудно-геохимическую особенность следующих поясов и зон: 1) черносланцевого пояса Срединно-Тянь-Шаньской металлогенической области, перспективного на золото - редкометаллоносное и золото-платиноидное орудене-

ние; 2) Кыргызско-Терской пояса Северо-Тянь-Шаньской металлогенической области, перспективного на сульфидное и благороднометалльное оруденение; 3) Таласской металлогенической зоны – на серебро и серебро-полиметаллическое оруденение; 4) Актюз-Заилийской – на золото-редкометалльно-редкоземельное оруденение; 5) общеизвестного Туркестано-Алайского металлогенического пояса Южно-Тянь-Шаньской металлогенической области – на сурьмяно-ртутное оруденение; 6) Металлогеническая зона Южного Тянь – Шаня прилегающая к Таласо – Ферганскому разлому - на редкометалльно – золото-рудное, золото-редкометалльное и золото-рудные объекты.

Как видно, основные рудные залежи формируются в пределах металлоносных областей, поясов и зон в соответствии с их рудно-геохимической специализацией.

Литература

1. Асаналиев У.А., Богдецкий В.Н., Турдукеев И.Д. Закономерности распределения золота в вендских углеродистых отложениях Тянь-Шаня // ДАН СССР, 1985. с 7.
2. Бакиров А. Б. Сакиев К. С и др. Редкометалльная записка на проведение поисково-оценочных работ на титаномагнетит, ванадий, редкие земли, апатит и сырье для каменного литья в Кичи-Кеминском и Бала-Чичканском пироксенит-горноблендитовых телах. 1982г. Фрунзе.
3. Блешинский С.В., Осмонбетов К.О., Сартбаев М.К., Ставинский В.А., Сулайманкулов К.С. и др. Прогнозирование и оценка месторождений комплексных руд в черных сланцах. – Бишкек, 2001, 89 с.
4. Гончаренко А.В., Саркулов М.И. и др.. Метаморфизм флишоподных толщ среднего-верхнего карбона и динамокластическое оруденение Восточного Алая./Труды Кыргызского института минерального сырья: Сб. науч. трудов (КИМС). Бишкек: 2000. С. 34-44.
5. Гончаренко А.В., Саркулов М.И., Шевкунов А.Г. Перспективы Восточно-Алайской "подковы" на обнаружение золотого оруденения./Труды Кыргызского института минерального сырья: Сб. науч. трудов (КИМС). Бишкек: 2002. С.51-56.

6. Джолдошев Б. Геология и генетические особенности железорудной свиты Джетым-Тоо (Центральный Тянь-Шань). - Автореф. канд. дисс. - Алма-Ата, 1964, 21с.
7. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А. и др. Стратиформные рудообразования в черных сланцах. – М.: Научный мир, 1986. 176 с.
8. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А., Чиненов В.А., Горячкин Н.И. Формы нахождения платиновых металлов в рудах золота из черных сланцев // Геохимия.: М, 1995, №4, с.524-532.
9. Кабаев О. Д., Розживин О. Д., Турдукеев И. Д. Минерально-сырьевые ресурсы стратифицированных геологических комплексов докембрия Тянь -Шаня и перспективы их рационального освоения. – Наука и новые технологии, № 6, часть 1.г. Бишкек 2000 г. С.42-45.
10. Сагындыков К. С., Судоргин А. А. Джетымский железорудный бассейн Тянь-Шаня. Фрунзе, 1984. 194 С.
11. Сагындыков К. С. Вендская (нижнекембрийская?) вулканогенно-терригенная железорудная формация типа Джетым-Тоо. – В кн.: Формации. позднего докембрия и раннего палеозоя Северной Киргизии. – Фрунзе: Илим, 1967, С. 94-102.

УДК 553.44. 444.445

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕНДСКИХ ФОРМАЦИЙ ТЯНЬ-ШАНЯ

*Кабаев О.Д.**Кыргызский институт минерального сырья при КГТУ им И.Раззакова*

В работе рассматриваются металлогенические особенности перспективных на рудоносность формаций вендского возраста Кыргызской части Тянь-Шаня.. Дан анализ закономерностей размещения, условия формирования и определены источники золото-сульфидного, золото-редкометалльного, редкометалльного оруденения.

На геологических картах Киргизии и Казахстана полумиллионного масштаба в пределах Каратау-Чаткало-Нарынской структурно-формационной зоны к рифею-венду и венду отнесены отложения фаунистически немых кичиталдысуйской, джетымтауской и джакболотской свит Нарынской подзоны, узунбулакской, мурсашской, шорашуйской свит Чаткальской подзоны, ранской, косшокинской, курайлинской и байконурской свит Каратауской подзоны. Возрастная корреляция этих толщ обычно проводится по взаимоотношению с тиллитовыми уровнями. Для объективного познания геодинамических закономерностей образования и размещения стратифицированных и секущих полезных ископаемых в перечисленных свитах проведено послыное изучение их состава, строения и металлогенической специализации. В итоге получены следующие результаты.

1. Кичиталдысуйская свита является возрастным и формационным аналогом свиты Большого Нарына - относится к раннерифейскому континентальному (орогенно-му) структурно-вещественному комплексу. Джетымтауская свита по составу, строению, степени метаморфизма и металлогенической специализации четко расчленяется на две толщи: нижнерифейскую и вендскую. Нижнери-

фейская сложена несортированными разно-обломочными тиллитами и другими терригенными породами с горизонтами карбонатных и туфогенных пород, хлорит-гематит-магнетитовых и хлорит-гематитовых руд, она подвержена метаморфизму фаций зеленых сланцев (хлоритизации). Вендская сложена мелко и тонкообломочными, часто углеродистыми, терригенными породами с горизонтами калькоренитов, трахибазальтовых и кератофирных подводных туфов, пиритовых палеороссыпей и гематитовых микрокварцитов, подверженные только дозеленосланцевому эпигенезу (серитизации). Между этими толщами существует регионально выраженное стратиграфическое несогласие, обусловленное средне-верхнерифейским перерывом в осадконакоплении.

Узунбулакская свита является молассовой составляющей свиты Большого Нарына. Мурсашская свита вмещает возрастные и формационные аналоги нижнерифейской свиты Большого Нарына, возрастные аналоги нижнерифейской спаргмитовой формации и вендских отложений. Под «Шорашуйской свитой» большей частью закартированы (из-за тиллитов, ле-

жащих в основании) раннерифейская узунбулакская и среднеордовикская аюторская свиты. Нижняя половина ранской свиты вмещает раннерифейскую молассу (аналог узунбулакской свиты) и раннерифейские спарамиты (Джумалиев 1980).

2. Вендские отложения Срединного Тянь-Шаня образуют единый, углеродистый вулканогенно-осадочный комплекс, фиксированный в континентальных (платформенных) рифтогенных (авлокогенных) структурах на месте отмершей раннерифейской островодужной зоны в условиях гумидно-криогенного и гумидного климата. Осевая зона рифта вероятнее всего находилась на стыке современных Джалаир-Найманской зоны и Муюнкумского массива, где фиксируется структура с остатками офиолитового комплекса. Тянь-Шань представлял южное крыло этой рифтовой структуры и состоял из Таласо-Муюнкумского, Киргизско-Терскайского, Средне-Тяньшаньского и Таримского блоков, падающих на север.

Непосредственными структурами осадконакопления служили геоморфологически выраженные в рельефе унаследованные от раннего рифея вулканические горы и их межгорные впадины. Поверхность Средне-Тянь-Шаньского блока занимала самое высокое гипсометрическое положение и была покрыта ледниковыми озерами.

3 Разрезы вендского структурно-вещественного комплекса делятся на четыре макроритма, обусловленных четырьмя макроциклами нисходяще-восходящих тектонических движений. В объеме черносланцевых отложений вендского возраста выделены перспективные на благородные металлы углеродистая тиллоидно-терригенная и углеродистая карбонатно-терригенно-тиллоидная формации. По характеру изменения литологического состава (в том числе содержания углеродистого вещества), степени пиритизированности и мощности по латерали в них выделяются типы разрезов, сгруппированных в два - сокращенный и полный (Кабаев, Осмонбетов, 1999). Ниже приводится описание сокращенного типа разреза.

II. Макроритм ритм сложен характерными ледово-озерными ритмитами, образованными чередованием сезонных прослоев мелкозернистых песчаников, алевролитов, глин с мелкогравийно-алевритовыми обло-

мочными зернами пиритоносных вторичных кварцитов (они часто образуют струйки, прослои и линзы пиритовых палеороссыпей), углеродистыми пирит-гематитовыми микрокварцитами, пиритоносными карбонатными калькаренидами, подводными туфами щелочных базальтоидов (трахибазальты) и трахитов (кератофиры). Для ритмопачки характерны такие отличительные особенности: 1) темная и темносерая окраска, обусловленная неравномерной пропитанностью пород аморфным углеродистым и углеродистогематитовым веществом и начальной стадией их биотитизации, 2) широкое развитие оползневых текстур-сингенетических брекчий и плейчатоности, 3) послойное распределение мелкогравийно-алевритовых обломочных зерен пород, минералов, обусловленное сезонностью образования и таяния льда.

Все толщи разреза терригенные, зафиксированы в трансгрессивную стадию озерного режима. По степени вторичного изменения породы находятся в дозеленосланцевой стадии эпигенеза. Макроритм местами пронизан пиритоносными карбонатитовыми жилами и прожилками с повышенным фоном вольфрама, золота, бария, стронция, фосфора и т.д. Изучение золотоносности ритмопачки показывает следующие закономерности его появления. Повышенный фон золота (от тысячных до десятых долей г/т фиксируется в: 1) пирит-гематитовых микрокварцитах; . пелитоморфный кварцит и гематит образованы за счет ледниковой «муки», невидимое золото скорее всего сорбировано гематитом; 2) пиритоносных известняково-доломитовых калькаренидах, образованных за счет продуктов разрушения микро - и тонкокристаллических доломитовых известняков подстилающего орогенного комплекса формаций, где золото фиксируется в пиритах; источником его и других элементов в гематитах микрокварцитов и пиритах калькаренидов скорее всего служили дацит-риолитовые и базальт-андезитовые формации свиты Большого Нарына, отличающиеся повышенным (тысячные доли г/т) фоном золота; 3) подводных трахибазальтовых и кератофировых

туфах; 4) пиритовых карбонатах, где золото связано с пиритом (Джумалиев, Кабаев, Хафизов 1987)

II макоритм состоит из двух ритмопачек. 1 ритмопачка. На размытой поверхности 1-го макоритма залегают темно-серые алевролиты незначительной (0,2 м) мощности, которые вверх по разрезу сменяются углеродистыми пиритизированными кварц-серицитовыми сланцами мощностью-4 м. Последние в свою очередь переходят в черные углеродистые сланцы с линзами и прослоями пирита и пиритизированных кремнистых пород -7 м. Мощность ритмопачки - 11 м. 2 ритмопачка. Темно-серые углеродистые слабо пиритизированные горизонтально-слоистые алевролиты залегают с микроритмом на отложениях I ритмопачки. Они сменяются серыми, слабо углеродистыми сланцами -0,1 м. Выше наблюдается горизонт ритмично чередующихся между собой серых пиритизированных, карбонизированных кварц-серицитовых сланцев-4м. Далее вверх по разрезу залегает углеродистый пиритизированный сланец с прослоями и линзами пиритов и сильно углеродистых сланцев - 15м. Общая мощность ритмопачки 20,1м.

III макоритм представлен двумя ритмопачками 1 ритмопачка. Темно-серые углеродистые массивные алевролиты -1,3 м. Они перекрываются углеродистыми горизонтально-слоистыми, пиритизированными сланцами -6 м. Последние вверх по разрезу сменяются углеродистыми серицитизированными и пиритизированными сланцами с прослоями зеленовато-серых сланцев-4 м. Ритмопачка заканчивается зеленовато-серыми слабо пиритизированными сланцами с отдельными прослоями, линзами углеродистых сланцев и известняков - 8 м. Мощность - 19,3 м. 2 ритмопачка. В основании ритмопачки обнажаются зеленовато-серые массивные алевролиты с рассеянно-вкрапленным пиритом — 0,5—2 м. Выше наблюдаются темно-серые углеродистые сланцы -8 м. Последние сменяются в свою очередь суперуглеродистыми высокопиритизированными сланцами с прослоями пирита - 10 м. Мощность-20 м.

IV макоритм. Серые углеродистые пиритизированные алевролиты, горизонтально-слоистые - 0,5 м. На них залегают зеленовато-серые, сильно серицитизированные сланцы с редкой вкрапленностью пирита и линзами

черных сланцев. Мощность макоритма - 17 м.

Разрезы полного типа, находящиеся по правому борту ледника Петрова и в русле ручья Сарытор, имеют много общего с сокращенными типами разрезов: сложены теми же породами, состоят из тех же четырех макоритмов и т.д. Отличительные особенности таковы: 1) первая ритмопачка сложена, в основном, гальками карбонатных пород, обломки интрузивных пород встречаются очень редко; 2) остальные ритмопачки характеризуются повышенной карбонатностью, очень слабой пиритизированностью, большой мощностью. Кроме того, прослои и линзы пирита в этом типе встречаются реже, чем в сокращенном.

Характерной особенностью отложений II, III ритмопачек является повышенная углеродистость, достигающая в горизонтах ритмопачек 18% C_{org} (Богдецкий и др., 1981; Шеин, 1984), и обильная пиритовость, что свойственно только сокращенным типам разрезов (Кабаев и др, 1999).

Все известные золото-редкометалльные рудные залежи месторождения Кумтор приурочены к II и к верхней части I ритмопачек, в пределах III,IV встречаются рудные залежи месторождения Арчалы, Боорду, Кургак-Тепчи, Чомой и другие.

В структурном отношении рудные тела месторождений Кумторского типа приурочены к своду и крыльям конседиментационных структур, где установлены повышенные содержания золота (Кабаев и др., 1993, 1999).

В результате анализа установлена ритмостратиграфическая закономерность образования и размещения стратиформной золото-редкометалльной, золото - сульфидной минерализации месторождений Кумторского типа. Выявлена четкая приуроченность оруденения и повышенных относительно кларка содержаний золота и платиноидов к определенным типам разрезов и типам пород, определенным ритмопачкам, определенным элементам макоритмов.

Нижняя углеродистая тиллоидно-терригенная формация венда (базальные

горизонты джетымской, шорашуйской серии, ранская свита, низы карагурской свиты), сложена автохтонными тиллоидами, песчаниками, алевролитами, сланцами, часто углеродистыми; местами присутствуют линзообразные силлы и покровы основных и средних магматических пород щелочного ряда. Мощность формации сильно изменчива от 0-5 м до 1000м. Данная формация может вмещать проявления железных руд, конкреционных фосфоритов и т.д., но она, особенно мурсашская ее градация, должна привлекать внимание как вместитель древних россыпей золота. Первоочередной проверке подлежат углеродистые конгломераты, мелкозернистые песчаники, алевролиты и сланцы в тех участках, где данная формация залегает на порфировой формации (свитах Большого Нарына и Кайнарской свите), специализированной на золото.

Углеродистая карбонатно-терригенно-тиллоидная формация (средняя часть джетымской шорашуйской серии, карагурская свита) сложена тиллоидами, полевошпатовыми, аркозовыми песчаниками, алевролитами (кварцитами), сланцами, известняками, пластовыми телами гематит-магнетитовых (Джетымский бассейн) (Сагындыков, 1976; Сагындыков. Судоргин, 1984) и золото-редкометалльно-сульфидных руд (Кумторское месторождение) (Турдукеев, Войтович, Кабаев и др., 1999); местами встречаются линзо- и прослоевые покровы вулканитов щелочного ряда. Мелко-тонкообломочные и карбонатные породы часто обогащены углеродистым органическим веществом. В разрезах этой формации снизу вверх наблюдается постепенное увеличение количества пелитовых и карбонатных пород. Мощность формации изменяется от 50-60м до 800м.

Структурно-вещественный металлогенический анализ показывает, что из всех углеродистых формаций Срединного Тянь-Шаня углеродистая тиллоидно-терригенная углеродистая карбонатно-терригенно-тиллоидная формация (джетымская, нижняя половина шорашуйской серии, аяктерекская, ранская и карагурская свиты) являются в целом наиболее перспективными на метаморфизованные стратиформные месторождения золота, образованные за счет экзогенного, комбинированного экзогенно—эндогенного источника (Асанали-

ев 1989,). Так, стратиформные осадочные месторождения золота можно ожидать не повсеместно, а только в тех описываемых авлакогенных формациях, которые перекрывают дейтероорогенную порфировую группу формаций (свиту Большого Нарына) или залегают в непосредственной близости от нее. Перспективность таких градаций обусловлена следующими благоприятными геологическими факторами: 1) порфировая группа формаций, во-первых, является единственной подстилающей группой, специализированной на золото и способной при выветривании образовывать его россыпи в заметном количестве, во-вторых, относится к раннерифейскому континентальному образованию, фиксированному в виде вулканических гор, в третьих, длительное время (в течение всего рифея) подвергалась физико-химическому выветриванию, и продукты выветривания (в том числе россыпеобразующие минералы и золото) заполняли межгорные впадины, образуя автохтонные континентальные рыхлые морены (тиллиты) и молассы. Таким образом, к началу венда в участках развития порфировой группы формаций накапливается огромный запас золота и других полезных компонентов путем "промывки"; 2) в венде в авлакогенных структурах наступает мелководный морской режим. Начинается перемыв и гидродинамическая сортировка рыхлых осадков по фракциям. Золото и россыпеобразующие минералы концентрируются в мелкозернистых песках, алевритах, алевритистых глинах, при этом необязательно, чтобы эти осадки были углеродистыми. Стратиформные месторождения золота с комбинированными экзогенно-эндогенными источниками можно ожидать в тех градациях, где имеется парагенезис порфировой (поставщик экзогенного золота), трахибазальтовой (поставщик эндогенного золота) нижней углеродистой тиллоидно-терригенной и углеродистой карбонатно-терригенно-тиллоидной (локализаторы золота) формаций (Джумалиев 1980., Джумалиев., Кабаев., Хафизов 1987)

На основе комплексного структурно-вещественного, литологического, ритмо-стратиграфического, формационного, металлогенического анализов ассоциации пород и руд в стратифицированных толщах Срединного Тянь-Шаня и Таласо - Карауского террейна установлены следующие формации с определенной рудно - геохимической специализацией. В пределах Та-

ласо-Каратауского террейна углеродистая кремнисто-карбонатная формация венда геохимически специализирована на благородно-металльное и золото-редкометалльное оруденение.

В пределах Ишим-Нарынского палеобассейна углеродистая тиллоидно-терригенная формация специализирована на золото-сульфидное, благородно-металльное; углеродистая карбонатно-терригенная тиллоидная на благородно-металльное и сульфидное оруденение.

Литература

1. Асаналиев У.А. Стратиформные месторождения золота // Рудоносные геологические формации Киргизии. Фрунзе, 1989. с.4-26.
2. Джумалиев Т.Д. Авлакогенные формации рифея-венда Тянь-Шаня и перспективы их рудоносности // В кн. «Вопросы рудообразования Тянь-Шаня». Фрунзе, 1980, с.31-36.
3. Т.Д. Джумалиев, О.Д. Кабаев, Э.И. Хафизов Литолого-формационные и металлогенические особенности венда Тянь-Шаня // Всесоюзная научная конференция. Металлогения Тянь-Шаня. ФПИ, Фрунзе, 1987г. с. 185-189.
4. Кабаев О.Д., Абаева Д.Ш. и др. Закономерности размещения, условия формирования золото-редкометалльного месторождения Кумтор // Тр. Международной научно-технической конференции «Геодинамика, металлогения полезных ископаемых и геоэкология» // МОНИК КР, КГ-МИ Сб. научных трудов, ч.1.- Бишкек, 1999. с. 155-159.
5. Сагындыков К.С., Судоргин А.А. Джетымский железорудный бассейн Тянь-Шаня. - Фрунзе: Илим, 1984, 214 с.
6. Сагындыков К.С. Строение и состав мурсашской и джетымской серии Срединного Тянь-Шаня // Изв. АН Кирг.ССР, 1976, № 1, с. 23-29.
7. Турдукеев И.Д., Войтович И.И., Кабаев О.Д., Чукулов Ж.Т. и др. Геодинамические этапы стратиформного рудообразования Тянь-Шаня и их прогнозно-металлогеническое значение // Тр. Международной научно-технической конференции «Геология и горнотехнические процессы» МО и К КР, КГ-МИ, - Бишкек, 1999, с. 189-196.

УДК 669.215'22'3

О ГЕНЕЗИСЕ ЗОЛОТО – МЕДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОЗЫМЧАК И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА В ПРОЦЕССЕ СКАРНО - РУДООБРАЗОВАНИЯ

Сатыкеев Д.С.

ИГДиГТ им. академика У.А. Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова

Рассматриваются некоторые вопросы генезиса медно – золоторудного скарнового месторождения Бозымчак и закономерности распределения золота в процессе скарно – и рудообразования.

Среди генетических типов промышленных месторождений немаловажное значение имеют контактово-метасоматические или скарновые месторождения, содержащие ценные минералы, в количестве и по качеству достаточные для экономически целесообразной разработки. Большая часть полезных компонентов накапливаются в скарнах на регрессивной стадии скарнообразования вслед скарнообразующими известково-силикатными минералами. В связи с этим контуры залежей полезных ископаемых не совпадают полностью с площадями развития скарновой массы, а образуют в пределах последних самостоятельные участки обычно сложного очертания.

Главные разновидности полезных ископаемых в скарнах: месторождения железных руд с магнетитом, месторождения железоко-

бальтовых руд с магнетитом и кобальтином, месторождения вольфрама с шеелитом, месторождения молибдена с молибденитом, месторождения свинцового – цинковых руд с галенитом и сфалеритом, месторождения золота обычно связанного со скарнообразующими сульфидами. Последние известны в США, Мексике, Бразилии, КНДР и в СНГ, в том числе Кыргызской Республике. Одним из таких потенциально крупных рудных объектов является золото-медно-скарновое месторождение Бозымчак, расположенное на юго-западном окончании Чаткальского хребта в бассейне р. Гавасай на высотах 1700-2300м.

Не останавливаясь на более подробную характеристику геологического строения Бозымчакского месторождения, ниже

приводим некоторые вопросы его генезиса и поведение золота в процессе скарно-рудообразования.

Золотомедное месторождения Бозымчак относится к числу сложных скарново-рудных образований, отличительной особенностью которых является весьма интенсивное проявления ранних магматических и послемагматических процессов. В нем широко развиты минеральные ассоциации, сформировавшиеся в высокотемпературные и средне – низкотемпературные стадии послемагматического этапа формирования Джалгызурюкской интрузии. В этой связи, минеральный состав месторождения довольно сложен. Эндогенному рудоотложению предшествовали процессы контактового метаморфизма, скарнообразования и проявления главного этапа постскарновых процессов кислотного выщелачивания. Рудный процесс как бы завершает общий ход главной части минералообразования на месторождении.

Различия в вещественном составе скарнов, скарноидов и руд, в морфологии рудных тел и распространений рудной минерализации и в том числе золота на рудных участках Бозымчака объясняется особенностями их структурного положения, различием литологического состава рудовмещающих пород, эволюцией гидротермальных процессов и тектонической обстановкой в контактовом ореоле.

Контакт гранодиоритов с известняками создал благоприятные структурные и геохимические условия для формирования скарновых залежей и заключенного в них золото – сульфидного оруденения. При этом скарны в силу их основности явились наиболее благоприятной средой осаждения сульфидов из растворов.

Некоторую роль в формировании скарнов и золото – сульфидного оруденения играли поперечные, дорудные разломы, создавшие ослабленные дробленные участки, в пределах которых циркуляция растворов была облегчена и имело место более интенсивное скарнирование и последующее рудоотложение. Кроме того, в формировании скарновой залежи и локализации золота – сульфидного оруденения определенную роль играли азимутальные изменения простираения контакта гранодиоритов с известняками. Так, в средней части Центрального участка при довольно резком изменении простираения контакта с северо-восточного (30-40°) на широтное, отмечается увеличение мощности скарнов до 50-60 м и повышенные содержания в них золота.

В формировании Бозымчакского месторождения выделяются два основных этапа эндогенного минералообразования – магматический и послемагматический, тесно связанные во времени и сопровождающиеся проявлением интенсивных тектонических движений. Магматический этап включают породы трех формаций: контакто-метаморфических роговиков (на месте кремнистых и известково-кремнистых), формацию мраморов (на месте доломитов и известняков), формацию магнезиальных скарнов. Формация контактовых роговиков отвечает начальному периоду формирования Джалгызурюкского интрузива и характеризуется образованием кварц-пироксеновых, ортоклаз – кварц – пироксеновых роговиков и волластонит – гранат – диопсидовых скарнов.

Формация магнезиальных скарнов является одновременной с образованием контактовых роговиков. В отличие роговиковой – собственно метаморфической, - данная формация по способу образования является инфильтрационно-метасоматической. Характеризуется замещением доломитов плагиоклазом, шпинелью, форстеритом, фассаитом и кальцитом, образующими ассоциации битовнит-фассаитовую, шпинель – фассаитовую, шпинель-фассаит-форстеритовую с кальцитом.

Послемагматический этап минерализации, охватывая высоко-температурную стадию протекает также при средних температурах и завершается отложением минералов при сравнительно низких температурах.

В высокотемпературную (скарновую или раннюю щелочную по Д.С. Коржинскому) стадию в различных участках контакта Джалгызурюкского массива одновременно протекали следующие процессы:

А) форматирование пород известково – скарновой формации (на участках развития известняков);

Б) в значительной мере гисторогенное преобразование магнезиальных скарнов магматической стадии в сложенных последним зональных телах;

В) развитие известковых скарнов с замещением магнезиальных скарнов и гранодиоритов Джалгызурюкской интрузии. При этом в составе каждой формации (известковой и магнезиальной) возникали скарны различных фаций.

В составе известково-скарновой формации образовались скарны преимущественно гранатового, гранат-пироксенового и гранат – волластанитового состава и гранат пироксеновые эндоскарны с участием везувиана.

Формирование скарнов происходило при неодинаковых условиях, в частности температурных, что сказывается на составе, строении и мощности скарновых зон. По мере удаления от интрузива происходит смена пироксеновых (диопсид – геденбергитовых) сканов пироксен – гранатовыми (с гранатом промежуточного состава) и наконец, одними гранатовыми скарнами (с андрадитовым гранатом) при параллельном уменьшении мощностей скарновых зон.

Стадия кислотного выщелачивания характеризуется широким развитием за счет скарновых минералов комплекса гидросиликатов в составе минералов эпидотовой и гумитовой групп, слюд, пренита, хлорита, амфиболов, серпентина, кварца и карбонатов. На месторождении сменяет скарновую стадию без резких усиления тектонического воздействия на ранее сформировавшиеся метасоматиты.

С понижением температуры и нарастанием интенсивности кислотного выщелачивания возникает роль кварца в составе ассоциации «жилых» минералов, сопровождающих рудно- или золотосульфидный комплекс. Эта тесная ассоциация может соответствовать подстадии. Характерно размещение кварца и сульфидов в метасоматических породах. В относительно более кислой части последних (частично скарнированные породы интрузии, также некоторые роговики и скарноиды) кварц занимает ведущее положение среди «жилых» минералов. В скарнах-породах значительно более основных кварц занимает подчиненное положение в минеральном сопровождении сульфидов, или вовсе отсутствует (в породах зоны форстеритового состава).

Золотосульфидное оруденение в скарнах и апоскарновых породах, как бы завершает последовательный ряд смен разнообразных минеральных ассоциаций. В последующем проявляется лишь интенсивное карбонатное замещение силикатных масс (низкотемпературная или позднещелочная стадия Д.С. Коржинского), охватывая почти все разности скарнов.

В пределах скарновой залежи рудоотложение шло неравномерно. Наиболее интенсивным оруденением характеризуются гранат-волластанитовые скарны, в которых рудные минералы избирательно замещали выделения гранатов. Обычно гранат – волластанитовые

скарны образуют внешнего контакта скарновой залежи, вытягиваясь выдержанной широкой полосой, в силу чего, все рудные тела повторяют контуры тел этих скарнов. Последнее обстоятельство становится весьма важным фактором в оценке промышленных перспектив золото-сульфидного оруденения и установления глубины развития рудных тел. Золото-сульфидная формация охватывает выделение основных промышленных руд на месторождении и подразделяется на ряд ассоциаций: кварц-молибденитовую, арсенопирит-пирит-пирротинную, сфалерит – халькопиритовую, борнит – халькопиритовую, пирит – магнетитовую, золото – борнит – халькопиритовую, сфалерит-галенитовую и кварц-кальцититовую.

Золото-борнит-халькопиритовая ассоциация, определяющая промышленную ценность исследуемых руд в отношении золота, интенсивно проявилась почти на всех участках месторождения и характеризуется резким преобладанием халькопирита, борнита, с которым тесно ассоциируют незначительные количества пирита, блеклой руды, сфалерита, а также жильные минералы – кварц, карбонат и др. Доминирующее значение здесь приобретают халькопирит и борнит, количественное соотношение их колеблется в широких пределах, но в основном халькопирит преобладает над борнитом.

Самородное золото на месторождении установлена нами впервые. Тщательное микроскопическое исследование руд показало наличие видимого самородного золота, обнаруживающего связь почти со всеми известными сульфидными минералами месторождения. Совместно с сульфидами, а также некоторыми другими минералами, этот благородный металл повсеместно встречается и в скарновых образованиях. На данном уровне изученности руд месторождения устанавливается две морфологические разновидности золотой минерализации. Первая разновидность обычно выявляется только химическими и пробирными анализами и составляет основную массу, а вторая представлена самородным видимым золотом, которое устанавливается только при больших увеличениях. Таким образом, характерными особенностями золота Бозымчакского месторождения являются рассеянные в сульфидах тонкодисперсные формы его выделения (субдисперсные) и свободное микроскопическое с минималь-

ным размером частиц 0,0005 мм (по О.Е. Звягинцеву). Оруденение золота в месторождении Бозымчак при многократном и длительном отложении формировалось в этапе кислотного выщелачивания (кварц – сульфидном) и часть золота отличалось на ранних стадиях процесса в связи с такими сульфидами, как арсенопирит, пирит, пирротин и др. (остальные же количества выпадало в конце процесса в ассоциации с такими сульфидами как пирит, борнит, халькопирит, айкинит, сфалерит, кобальтин и др.).

Тяготение самородного золота к халькопириту, борниту, пириту, айкиниту и кобальтину объясняется по видимому, близости времени их отложения, причем золото часто представлено тончайшей вкрапленностью с размерами золотинок около 0,001 до 0,004 мм, которые хорошо сорбируются указанными выше сульфидными минералами. Между прочим, аналогичное возрастное положение золота свойственно для многих месторождений мира. В этом отношении Бозымчакское месторождение не имеет столь резких отличий от других типов месторождений (Синюхинское месторождение в Горном Алтае, Лебедское, Натальевское – в Горной Шории, многие скарновые месторождения Кыргызстана и др.).

Таким образом, следует отметить неоднородность процесса формирования золотосодержащих скарнов и сульфидов, зависящую от разных физико-химических условий на разных этапах воздействия растворов на породы. Если скарнообразование заключается в интенсивном высокотемпературном метасоматозе, то часть сульфидов и золота отлагаются, по видимому, на относительно уравновешенных по составу с породами охлаждающихся гидротерм. Одним из факторов контролирующих размещение золота является также избирательное дробление в первую очередь крупнозернистых гранат-волластанитовых скарнов.

Приуроченность золота к тем или иным скарнам зависит и от минерального (химического) состава последних. Благоприятным в этом отношении на Бозымчаке оказались гранат – волластанитовые, гранат-пироксеновые и флогопит – серпентиновые участки скарновых тел. Пространственному совпадению участков скарнообразования и золотосульфидной минерализации, по-видимому способствуют отчасти и известняки являющегося своего рода химическими барьерами для растворов в равной мере как при скарнообразовании, так и во время образования руд.

Приведенный в настоящей статье фактический материал позволяет наметить следующую

оценку геологической истории образования Бозымчакского месторождения.

1. Тектонические движения, проявившиеся в раннегерцинский этап магматизма создали благоприятные предпосылки для поднятия магматических масс в верхние структурные этажи. В результате в районе Бозымчакского месторождения произошло излияние основных и средних лав с образованием эффузивных пород типа разнообразных порфириров, обнажающихся в северо-западной части Бозымчакского рудного поля.

2. Продолжающиеся тектонические движения привели к деформации верхних слоев земной коры, образованию складок. При этом возникли также крупные разрывные нарушения глубокого заложения. В конце проявления главного этапа раннегерцинского тектогенеза на участке сопряжения тектонически ослабленных зон внедряется магматическая масса, происходит вертикальное глыбовое перемещение отдельных блоков каледонского фундамента и формируется Джалгызурюкская интрузия. Условия глубинности становления этой интрузии определяются наличием в контактах некоторых её апофизов на Гавасае (уч. Кан-Сай) мервинитовых и монтицелитовых скарнов, возникающих, как известно в условиях наименьших глубин скарнообразования (Коржинский, 1948). В то же время на большом отрезке контакта этого массива с карбонатными породами (от рудного поля Гавасай до Бозымчака) скарны указанного состава отсутствуют и на Восточном участке глубинность определяются наличием периклазовых мраморов. Такого рода соотношения имеют место, по видимому вследствие тектонического характера Западного контакта массива в указанном выше отрезке. В этих условиях нахождение на одном уровне эрозии образований различных фаций глубинности вполне естественно.

3. Началом формирования месторождения следует, очевидно, считать момент внедрения Джалгызурюкского гранодиоритового массива в ядре Гавасайской антиклинали. Процесс формирования этой интрузии оказывает контактное воздействие на вмещающие породы и вызывает в них разнообразные контактово-метаморфические и контактово-метасоматические преобразования. В благоприятных структурно-литологических условиях образуются магнезиальные и разнообразные карбонатные скарны и скарнированные породы. При

этом крупные региональные разломы глубокого заложения (Джалгызурюкский, Сатыртауский и Каджибекский) следует рассматривать как основные рудовыводящие каналы. Постмагматические растворы, просачивающиеся на контакте двух химически различных сред (контакт гранодиоритов с вмещающими породами) обусловили возникновение скарнов с образованием эндо-и экзоскарнов. Таким образом, контакт гранодиоритов Куяундинского типа с вмещающими карбонатными породами имеющий обратное падение в пределах тектонического блока заключенного между Джалгызурюкским и Сатыртаурским разломами оказался наиболее благоприятной рудоконтролирующей структурой, обусловившей начале собственно скарновой стадии формирования месторождения Бозымчак.

В зависимости от формы контакта гранодиоритов с известняками и очевидно вещественного состава последних формировались различия фации скарнов с преобладанием гранатоволластанитовых скарнов. Некоторую положительную роль в формировании известково-скарновой залежи играли дорудные изменения простираения контакта гранодиоритов с известняками. Именно в этих местах фиксируются максимальные мощности скарновой залежи.

4. Продолжающиеся повышенные температуры в контакте, а также реакция минералообразования изменяют физико-химические свойства растворов и влекут ряд смен минеральных ассоциаций во вмещающих породах, и в особенности в участках развития скарнов и скарнированных пород. Преимущественное просачивание растворов в том или ином месте облегчается структурно-тектоническими факторами и физическими свойствами пород. В зависимости от состава пород действие на них постмагматических растворов вызывает образование разнообразных метасоматитов, часть последних явилась непосредственно рудовмещающим породами.

Последовательность выделения минералов рудного комплекса определялась физико-химическими условиями, существовавшими на различных участках контакта интрузива. Завершающим гидротермальную деятельность

на месторождении явился процесс карбонизации силикатных пород, который проявился пространственно, в основном, в тех же местах, где происходило и более высокотемпературные процессы стадии кислотного выщелачивания. Совокупность изложенного фактического материала позволяет говорить о пространственной и генетической связи (в понимании общности магматического очага) золотой минерализации описываемого месторождения с Джалгызурюкской интрузией, формирование которой происходило в карбоновом этапе развития герцинского магматизма.

Литература

1. Давлетов И.К., Дженчураева Р.Д., Сатыкеев Д.С.. О скарново-золоторудной минерализации в Чаткальском районе. Металлогения Тянь-Шаня, Илим, Фрунзе, 1968г.
2. Давлетов И.К., Дженчураева Р.Д., Сатыкеев Д.С.. Типы скарнов и их золотоносность в Чаткальском рудном районе. Основные проблемы в металлогении Тянь-Шаня // Илим, 1968г.
3. Коржинский Д.С.. Режим кислотности послемагматических растворов Изв. АН СССР, 1957г.
4. Сатыкеев Д.С.. Стадии скарнообразования и рудоотложения на одном из золото-медных месторождений южного Тянь-Шаня. Материалы научной конференции молодых ученых Киргизской ССР, Фрунзе, 1959г.
5. Сатыкеев Д.С., Байтуkenова Н.О., Акматов М.А.. Минерально-сырьевые ресурсы Чаткало-Сандаляцких гор и перспективы их освоения. Экологические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов гор Тянь-Шаня, Бишкек – 2002.
6. Шабынин Л.И.. Магнезиальные скарны и связанное с ними оруденение. Генетические проблемы руд. М, Госгеолтехиздат

УДК 553. 497+2кн

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ВЗГЛЯДЫ О ПРОИСХОЖДЕНИИ И МИНЕРАЛЬНО- СЫРЕВОМ ПОТЕНЦИАЛЕ ДЖАСПЕРОИДОВ

Туркбаев П.Б.

ИГДиГТ им. академика У.А. Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова

В статье рассматриваются различные точки зрения относительно генезиса и рудоносности джаспероидов. Вопросы происхождения джаспероидов представляют большой интерес тем, что существуют неоднозначные трактовки об их условиях формирования. С другой стороны джаспероиды являются носителями промышленных месторождений сурьмы, ртути, золота и других полезных ископаемых.

The different points of view concerning origin and ore - bearing jasperoids are considered in this article. The questions of jasperoids' origin are interesting because of different interpretations about conditions of formation. On the other hand jasperoids are receptacles of industrial deposits of antimony, mercury, gold and other minerals.

Изучением проблемы касающихся происхождения рудоносных джаспероидов занимались многие исследователи, согласно мнениям которых существуют неоднозначные трактовки генезиса месторождений. В общем, как и другие типы стратиформных оруденений джаспероиды отличаются двойственностью генетических признаков. Для них характерны черты гидротермального рудообразования и стратиформное распределение оруденения. С джаспероидами связаны промышленные месторождения сурьмы, ртути, железа, марганца, золота и других металлов.

Одним из главных факторов условий образования джаспероидов является источник кремнезема. Т. Ловеринг исследовавший вопросы происхождения джаспероидов отмечает следующие возможные источники кремнезема: ювенильные воды поступающих по глубоким разломам из остывающих на глубине магматических массивов; подстилающие кремнесодержащие породы, из которых кремнезем мог заимствоваться гидротермальными растворами; вмещающие кремнесодержащие породы, из которых кремнезем извлекается нагретыми поверхностными водами или смесью поверхностных и ювенильных вод; перекрывающие породы из которых кремнезем может привноситься поверхностными водами в процессе химического выщелачивания. В качестве примера образования кварцевых тел за счет привноса кремнезема из близлежащих пород подземными и поверхностными водами приводил кремнистые выходы жил, кремнисто-песчаный цемент в конгломератах Южной Африки, Австралии и другие.

Джаспероидные месторождения Невадийской провинции с комплексным оруденением золота, серебра, сурьмы и ртути Т. Ловеринг относит к эпitherмальным образованиям, связанным с кислым магматизмом. В. П. Федорчук развивает представления о принадлежности рудоносных джаспероидов к классу телетермальному геолого-промышленному ти-

пу, связанные с глубинными рудогенерирующими очагами и сформировавшихся на орогенном этапе. В. Т. Сургай выделяет среди среднеазиатских месторождений гидротермальный и осадочно-диагенетический типы. Для последнего установлена связь оруденения с накоплением ртути и сурьмы в древних погребенных корах выветривания. Ж. Самама рассматривает флюорит-барит-антимонитовое пластовое оруденение в триасовых карбонатных толщах обрамления Центрального Французского массива как сингенетичное. Ж. Гийу относит близкое к джаспероидной формации стратиформное оруденение в Астурии (Иберийская провинция) к эксталяционно-осадочному типу, подчеркивая значение процессов древнего корообразования в рудоконцентрации сурьмы. В. И. Бергер рудоносные джаспероиды относит к группе амагматических зон длительного прогибания включающей сурьмяные формации стратиформного типа, приуроченные к карбонатным или терригенным комплексам миогеосинклиналей и авлакогенов.

Анализ вышеизложенных взглядов о происхождении рудоносных джаспероидов показывает их полихронное и полигенное образования. Это по В. И. Смирнову считается характерным для всех типов стратиформных месторождений.

Относительно генезиса рудовмещающих джаспероидов месторождения Кадамджай и смежных районов Туркестана-Алая господствуют гипотеза об их гидротермальном происхождении. Считается, что джаспероиды сформировались в процессе рудно-метасоматической проработки за частую тектонически-брекчированных извостняков на контакте с перекрывающими (надвинутыми, «экранированными») сланцами под воздействием постмагматических гидротермальных преимущественно щелочных растворов.

В последнее время некоторыми исследованиями (В.И.Бергер и И.Д.Турдукеев и др.) обосновывается концепция о экзогенно-метоморфогенно-гидротермальном, комбинированном, происхождении рудоносных джаспероидов. Согласно этой концепции, джаспероиды являются метаморфизованными продуктами палеокарстов, которые в виде кремнисто-карбонатных брекчий с примесью рудного материала накапливались на поверхностях несогласия подстилающего субстрата, а затем подверглись процессам окремнения (джаспероидизации) в ходе последующих процессов метаморфизма- метосоматизма. Такой механизм формирования джаспероидных тел доказываются прямыми геологическими наблюдениями, данными теоретических и экспериментальных исследований. Следующие факторы свидетельствуют о первичном осадочном генезисе джаспероидных образований:

- региональная приуроченность джаспероидных тел к стратиграфическим перерывам осадконакопления и древним денудационным поверхностям несогласий-размылов подстилающего кремнисто-карбонатного субстрата.

- пластообразный характер залегания и слоистое строение отдельных составляющих джаспероидных тел;

- идентичность состава джаспероидов и вмещающих пород.

- автохтонный (местный) состав и облик слагающих джаспероидные тела брекчий и конгломератобрекчий; чужеродный (аллохтонный) материал фиксируется только в местах надвигания на известняки более древних терригенно-сланцевых, причем такие тектонические брекчии имеют ограниченное, сугубо-локальное развитие;

- пространственно-временная сопряженность джаспероидных тел и карстовых боксито- проявлений осадочного, континентально-морского происхождения, причем в рудовмещающих джаспероидах фиксируется включения бокситоподобных, высокоглинистых пород вроде аллиитов- ферриаллиитов и бокситообразные минералы (каолинит, гематит, гидрогематит), а бокситопоявления, в свою очередь обогащены типоморфными компонентами (сурьма, ртуть, галлий, фтор, флюорит, барит, пирит, кермезит) сурьмяно-ртутных месторождений джаспероидного типа ;.

- отсутствие магматических образований в участках распространения джаспероидных тел;

- незональное строение джаспероидных образований, что противоречит их эндогенному гидротермально-метасоматическому

происхождению;

- наличие в кремнистых разностях пород джаспероидов морских кремнелюбивых организмов (сполонгитов, спикул, губок и другие).

Приведенные выше данные позволяет считать, что материнские породы джаспероидов («праджаспероиды») как и сопряженные с ними пластово-линзовидный и карстовый морфогенетические типы бокситов является продуктами древнего латеритного (субконтинентального) литогенеза имевшего место в Алае, начиная со второй половины серпуховского яруса до нежнесреднемосковского яруса карбона включительно. По мнению В.И. Бергера, рудоносные джаспероиды первоначально представляли собой продукты корового окремнения потенциально металлоносных силикатно-карбонатных пород в зоне экзогенеза-гипергенеза около поверхностей межформационных перерывов. Более поздние процессы метоморфизма-метасоматизма придали псевдогидротермальный облик. Такой механизм формирования джаспероидов находит минералогеохимическое подтверждение и у других исследователей (Турдукеев И.Д. и др.).

Поздние процессы окремнения (джаспероидизации), согласно данным ряда исследователей (Айлер, Балгер, Дунхем, Мак-Найму, Сингеулд, Ловеринг), вполне могут происходить путем метасоматоза в диагенезе и эпигенезе исходных материнских осадков или в связи с процессами карстообразования среди карбонатных толщ. Не исключается сложное, комбинированно-полигенное происхождение джаспероидов, обусловленное сочетанием разнообразных процессов эндогенного и экзогенного характера. Кремнезем может заимствоваться из вмещающих и окружающих пород гидротермальными растворами и подземными водами (это доказано В.П.Федорчуком на примере соседнего с Кадамджаем месторождения Хайдаркан), а также привноситься ювенальными водами. Однако многие исследователи связывают процессы окремнения с кислыми, нередко коллоидальными низко температурными растворами немагматического происхождения. Ими подчеркивается, что процессам джаспероидизации благоприятствует понижение температуры или увеличение содержание CO_2 в водном растворе. Эксперименты Черча показали, что обогащенная углекислотой кремнесодержащая вода может замещать карбонат

кальция кремнеземом при комнатной температуре и обычном давлении. Примеры супергенного, в том числе диагенетического происхождения рудоносных джаспероидов описаны в ряде районов распространения полиметаллических железо-марганцевых месторождений мира в кремнисто-карбонатных толщах (Нью-Мехико, Колорадо, Арканзас, Хорску, Сакраменто и др.). Причем подчеркивается приповерхностное, низкотемпературное происхождение джаспероидных тел и связанного с ними оруденения.

Теория низкотемпературной внемагматической джаспероидизации, как отмечает М.С.Ловеринг детально изучивший происхождения джаспероидов среди карбонатных пород, более обоснована, нежели гипотеза предполагающая связь джаспероидов с интрузиями. В последнем случае постмагматические гидротермальные растворы должны были циркулировать по соседству от интрузива и обусловить зональное строение джаспероидов, чего не наблюдается во многих районах распространения джаспероидных тел. Нахождение флюорита в джаспероидах объясняется механизмом образования джаспероидов фторсодержащими растворами кислот (Айлер, Сургай), а не щелочных растворов (Кристи, Беккер и др.). Подтверждением сказанному служат сурьмяно-ртутно-флюоритовые месторождения джаспероидного типа телетермального (амагматического) генезиса, связь которых с интрузиями не устанавливается (Хайдаркан, Чаувай, Кадамджай, Терексай и Сингуаншань в Китае, Динарская провинция в Югославии, Манго, Мексике и т.д.)

Изложенные выше данные позволяют говорить о немагматическом происхождении рудоносных джаспероидов Кадамджайского рудного поля и их аналогов за рубежом.

Минерально-сырьевой потенциал джаспероидов очень велик. Они являются носителями таких элементов как сурьма, ртуть, свинец, цинк, золото, флюорит и другие. Антимонит, киноварь и флюорит являются наиболее распространенными компонентами, образующими промышленные концентрации и составляют более 90% всего комплекса рудных минералов.

Сурьмяные оруденения представлена кварц-флюорит-антимонитовой джаспероид-

ной рудной формацией которая объединяет собственно антимонит-джаспероидный и полисульфидно-джаспероидный типы. Сюда относятся месторождения Кадамджай, Акташ, Терек, за рубежом Джижикрут, Сингуаншань и другие. Руды сурьмяные, сурьмяно-флюоритовые и сурьмяно-ртутные. Содержание сурьмы по отдельным месторождениям составляет от 0,75 до 43%, в среднем 2-6%.

Ртутные оруденения приурочены к кварц-флюорит-антимонит-киноварной джаспероидной формации и представлены следующими месторождениями-Хайдаркан, Чаувай, Глубинное, Кульдама, Столице и другие. Руды ртутные и сурьмяно-ртутные.

Также на всех месторождениях джаспероидного типа большую роль играют попутно-извлекаемые компоненты такие как флюорит, золото, серебро, полиметаллы и элементы-примеси - таллий, селен. Причем характерно присутствие селена до 6000 г/т в киновари и 1150 г/т в антимоните (В. И. Бергер 1978). Флюорит и барит практически присутствуют во всех месторождениях данного типа. Количество флюорита изменчиво. Иногда образуют чисто флюоритовые месторождения как Куликалон, Казнок в Зеравшано-Гиссарской зоне и Ташкайнар в Южном Казахстане, где содержание флюорита достигает до 78%. Представителем флюорит-баритового оруденения в джаспероидах является Шамансай.

Литература

1. Асаналиев У.А. Стратиформные месторождения цветных, редких и благородных металлов. – Бишкек: Илим 1991
2. Бергер В.И. Сурьмяные месторождения – Л., «Недра» 1978
3. Турдукеев И.Д., Фриев Э.Х. Среднеазиатская провинция /Справочное пособие по стратиформным месторождениям – М.: Недра, 1990. – С.303-321.
4. Федорчук В.П. Околорудные изменения ртутно-сурьмяных месторождений – М., Недра 1988

УДК:553.22.

МИНЕРАЛЬНЫЙ БАЛАНС ЗОЛОТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУРУ-ТЕГЕРЕК

Байтукенова Н.О.

ИГДиГТ им. академика У.А. Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова

Для правильной оценки месторождения, выявления промышленных запасов определяется валовое содержание полезного компонента, присутствующего в рудах.

Истинные запасы полезного компонента могут быть выявлены, охарактеризованы и математически выражены только при составлении минерального баланса. В статье рассмотрен минеральный баланс золота на месторождении Куру-Тегерек.

В Кыргызской Республике весьма перспективной является Чаткало-Кураминская металлогеническая область. На ее территории находятся предварительно разведанные золото - медные с серебром и молибденом месторождения. Это Бозымчак и Куру-Тегерек. Последнее характеризуется промышленными содержаниями меди, золота и молибдена. Поэтому это месторождение подверглось детальному вещественно-минеральному изучению.

Минеральный баланс золота производился раздельно по типам и сортам рудных тел. В типах руд определялись средне - статистические содержания золота по данным атомно-абсорбционного и минералогического анализов. При составлении баланса по сортам руд устанавливались средне - статистическое содержание золота по определенным рудным телам, горизонтам штолен, а затем и в целом по месторождению.

На месторождении Куру-Тегерек выделяются следующие типы руд (параметры рудных тел позволяют организовать селективную отработку):

1.Халькопирит-магнетит-пирротин-серпентиновый; 2.Халькопирит-клиноэнстатитовый; 3.Халькопирит – геденберgit – андрадитовый; 4. Салит – андраит – гроссуляровый; 5. Гранат – волластонитовый; 6. Молибденит – пирит – слюдисто – кварцевый; 7. Золото – анкерит – кварц – серицитовый; 8. Золото – лимонит – малахитовый в кальцификах..

Халькопирит – магнетит – пирротин – серпентиновый тип руд. В этот тип объединены магнезиальные метасоматиты, образовавшиеся, главным образом, по клиногумит – флогопит – форстеритовым скарнам в раннюю послемагматическую стадию магнезиального метасоматоза.

Рассматриваемый тип руд, по данным минерального баланса, сложен магнетитом (43,2%), пирротином (20,2%), серпентином (18,6%), халькопиритом (2,9%) и иногда пиритом (до 13,7%). В меньших количествах при-

сутствуют клиноэнстатит, флогопит, диопсид и карбонаты.

Типоморфным пороодообразующим минералом здесь является серпентин, образующийся в основном по форстериту. К характерным рудным минералам относятся магнетит, пирротин и халькопирит, выделяющийся в виде эмульсионной вкрапленности в магнетите. Содержание рудных минералов резко увеличивается в участках интенсивной серпентинизации пород и в таких зонах последняя представляет собой массивную пирротин – магнетитовую руду. Эти руды характеризуются массивной или прожилково-вкрапленной текстурой. Выделенные рудные минералы образуют линзы, гнезда, прожилки и реже вкрапленность. Структура преимущественно эмульсионная.

Содержания золота в описываемом типе руд, по данным атомно – абсорбционного анализа составляет 2,96 г/т. По минералогическому анализу – 2,406 г/т. Главными минералами – концентратами золота являются пирротин и пирит. Золотины в пирротине наблюдаются в виде рассеянных микроскопических (0,01-0,008 мм) вкраплений. На долю пирротина приходится 1,183 г/т золота, а пирита- 0,761 г/т. Для обоих минералов это составляет 81,78% от общего количества золота в этом типе руд.

2.Халькопирит-клиноэнстатитовый тип руд. В этот тип объединены разновидности магнезиальных скарнов, подвергнутых слабому послемагматическому известково-скарновому замещению. Он сложен в основном клиноэнстатитом (53%) и диопсидом (41%), в меньшем количестве халькопиритом (2,03%) и пирротином (2,2%). В незначительном количестве присутствуют флогопит, магнетит, кварц и кальцит. Типоморфным пороодообразующим минералом в этом типе руд является клиноэнстатит. Характерный рудный минерал – халькопирит. Он наблюдается в виде пластинчатых выделений, образующих тонкие просечки в

скарне. Кроме того халькопирит встречается в виде мелкой рассеянной вкрапленности в ассоциации с пиритом. Текстура руд прожилково-вкрапленная. Структура интерстициальная.

По данным атомно-абсорбционного анализа в описываемом типе руд содержание золота составляет 1,2 г/т, а минеральному анализу - 1,44 г/т. Основными минералами-носителями золота являются диопсид и клиноэнстатит. На их долю приходится 90,4% золота, содержащего в этом типе руд, поэтому его извлечение, по-видимому, представит сложную проблему. В целом этот тип руд характеризуется небольшой распространенностью и не высоким содержанием полезных компонентов.

3. Халькопирит-геденбергит-андрадитовый тип руд. В этот тип объединены все магнезиальные скарны, интенсивно замещенные известковыми скарнами и постмагматическими метасоматитами. Описываемые руды сложены геденбергитом и диопсидом (65,7%), андрадитом (17,96%), халькопиритом (9,9%). В незначительных количествах присутствуют марматит (1,99%), пирротин (2,17%).

Здесь типоморфными породообразующими минералами являются андратит и геденбергит. Рудный минерал представлен халькопиритом. Он развивается по пирротину, иногда почти полностью замещая последний. Текстура руд пятнистая, участками вкрапленная, структура интерстициальная и цементационная.

По данным атомно – абсорбционного анализа, содержание золота составляет 1,02 г/т. По минералогическому анализу - 0,95 г/т. Основными рудными минералами являются халькопирит. Золотая минерализация наблюдается в виде рассеянной вкрапленности в халькопирите, геденбергите, андрадите и пирротине. На их долю приходится 82% золота, содержащего в данном типе. На месторождении этот тип имеет широкое развитие и в нем сконцентрированы значительные запасы меди и золота.

4. Салит-андратит-гроссуляровый тип руд. Здесь объединены все апоизвестковые скарны. Они сложены, главным образом, андрадитом и гроссуляром. В незначительном количестве присутствуют пирит, халькопирит и лимонит. Содержание рудных минералов колеблется. В одних участках они развиты в незначительном количестве, а в других образуют густую вкрапленность. В количественном отношении чаще пирит наблюдается над халькопиритом. Типоморфным породообразующим минералом в этом типе является гроссуляр. Здесь сульфиды замещаются лимонитом. Тек-

стура вкрапленная, структура краевых каемок, обусловленная каемками и тонкими прожилками, просечками позднего халькопирита и лимонита, замещающего пирит.

По данным атомно – абсорбционного анализа, содержание золота составляет 1,0 г/т. По минералогическому анализу – 0,914 г/т. Основная масса золота рассеяна в гранате, поэтому оно почти не обогащаемое.

5. Гранат-волластонитовый тип руд. В этом типе объединены все разновидности аповолластонитовых скарнов, представляющих интерес как сырье для получения промышленного волластонита. При воздействии на эти породы постмагматических процессов стадии кислотного выщелачивания в них концентрируются промышленные золотомедные рудные тела. Они сложены в основном волластонитом и гранатом. В значительно меньшем количестве отмечаются диопсид и кальцит. Из рудных минералов в переменных количествах содержатся халькопирит, пирит, магнетит. Основными типоморфными минералами в этом типе руд являются волластонит, образующий спутано-волоконистые агрегаты. В отдельных участках порода полностью сложена волластонитом, а в других – преобладает гранат. Рудные минералы приурочиваются к выделениям граната. При совместном развитии андрадита и гроссуляра сульфиды преимущественно локализируются в первом. Текстура вкрапленная, структура пучковидно-волоконистая. В этом типе руд содержание золота составляет 0,62 г/т. по данным минерального баланса содержание золота составило 0,443 г/т. Такие расхождения в содержании золота, по нашему мнению, обусловлено тем, что рудных минералов имеет субмикроскопические размеры и поэтому не диагностируется при минералогическом изучении. Основное количество рассеянного золота приурочено к зонам интенсивного окварцевания апоизвестковых скарнов или локализовано в волластоните в виде субмикроскопических вкрапленностей. В целом в апоизвестковых скарнах месторождения не наблюдаются крупных и богатых золото-меднорудных тел.

6. Молибденит- пирит- слюдисто-кварцевый тип руд. В этом типе объединены биотитовые и серицит- кварцевые метасоматиты с повышенным содержанием пирита. Такие руды можно селективно обрабатывать для получения серы. Кроме этого следует учесть, что в наиболее окварцо-

ванных участках содержится повышенное количество молибдена. В таких случаях они оконтуриваются как промышленные молибденовые рудные тела с рением. Текстура массивная, структура прожилково-вкрапленная. По данным минерального баланса этот тип руд в основном сложен кварцем и серицитом. В значительно меньшем количестве отмечаются флогопит, турмалин и апатит. Рудные минералы представлены пиритом и молибденитом. Изредка встречаются халькопирит и пирротин. Молибденит ассоциируется с кварцем, иногда флюоритом и турмалином. Пирит характеризуется неравномерным распределением. В интенсивно окварцованных участках он образует густую вкрапленность, где его содержание иногда достигает 5-10%. Типоморфными минералами являются молибденит, флюорит и турмалин. По данным атомно-абсорбционного анализа установлено содержание золота 0,6 г/т а по минералогическому анализу – 0,587 г/т. Эти руды не перспективны на золото.

7. Золото-анкерит- кварц- серицитовый тип руд. В этот тип объединены низкотемпературные метасоматиты, образовавшиеся при наложении постмагматических процессов стадии кислотного выщелачивания. Они представлены разнообразными карбонат-серицитовыми и карбонат-кварцевыми разновидностями метасоматических пород. В строении этого типа руд принимают участие кварц, карбонат и пирит. В меньшем количестве встречаются лимонит, серицит и ковеллин. Рудные минералы представлены пиритом и халькопиритом. Типоморфными минералами являются карбонаты, ноздреватый кварц и окисленный пирит, содержащие в своем составе повышенные количества золота. Отличительной особенностью этих руд является высокое развитие супергенных минералов. Текстура вкрапленная, структура цементная. По данным атомно-абсорбционного анализа, содержание золота составляет 4,8 г/т. По минералогическому – 4,34 г/т. Минералом концентратом золота является пирит. Этот тип руд в основном развит на верхних горизонтах месторождения и в нем сконцентрированы основные запасы золота.

8. Золото- лимонит- малахитовый тип руд в кальцифирах. Эти руды в основном слагаются карбонатами. В незначительном количестве встречаются диопсид, гранаты и серпентин. Рудные минералы представлены лимонитом, малахитом, окисленным пиритом и другими вторичными минералами зоны окисления. Типоморфными минералами в этих рудных являются карбонаты с незначительным

количеством серпентина или флогопита. Иногда они содержат рассеянную вкрапленность халькопирита пирита, малахита, окислов и гидроокислов железа. Последние окрашивают эти руды в бурый цвет. На участках интенсивной лимонитизации и окварцевания они содержат повышенное количество золота образуя самостоятельные рудные тела, пригодные для промышленной разработки. Текстуры руд прожилково-вкрапленная, структура коррозионная.

По данным атомно-абсорбционного анализа содержание золота составляет 1,27 г/т. Минералогический анализ установил, что золото в основном сконцентрировано в лимоните и ноздреватом кварце до 1 г/т.

Рудные тела по золоту месторождения Куру-Тегерек.

Для выделения рудных тел результаты валового определения золота атомно-абсорбционным методом наносились на погоризонтные геолого-петрографические планы и интерпретировались с учетом содержания полезного компонента и общей геолого-петрографической обстановки. При этом выделялись следующие сорта рудных тел: I сорт с содержанием золота больше 5 г/т; II сорт – 5-3 г/т; III – 3-2 г/т; IV-2=1 г/т; V – менее 1 г/т.

Данные анализов проб обрабатывались с применением методов математической статистики. При этом определялись средне-статистические содержания по каждому отдельно выделенному телу, затем по горизонту штолен и, наконец, в целом по месторождению.

Северная скарновая залежь. По этой залежи составлены схемы распределения золота по горизонтам штолен № 2 и № 3. При этом в первом выделены 32 рудных тела различных сортов, а во втором – 30. Здесь рудные тела первого и второго сортов преимущественно приурочены к апомагнезиальным метасоматитам и реже апоизвестковым скарновым породам, и они контролируются линейными структурами субширотного, субмеридионального и северо-западного простираний. Как правило, залежи имеют небольшие размеры. Максимальная длина по простиранию не превышает 15-20 м, мощность 5-7м. Рудные тела первого и второго сортов обычно оконтуриваются более низкими сортами.

В целом по горизонту штольни № 2 средне-статистическое содержание золота, подсчитанные по 380 пробам, составляют 1,153 г/т, а на горизонте штольни № 3, под-

считанное по 130 выработкам – 1,397 г/т. Следует отметить, что золотое оруденение имеет более широкое развитие на верхних горизонтах месторождения. Поэтому в группировку подсчета средне- статистического содержания золота по штольне « 2 попало значительно больше выработок, чем по штольне № 3.

В Северной скарновой залежи золоторудная минерализация локализуется в основном в контуре промышленного медно-рудного оруденения. Поэтому их отработку можно производить комплексно с извлечением всех встречающихся компонентов.

Южная скарновая залежь. По этому рудному телу составлены схемы распределения золота по горизонтам штольни № 1 и № 6. Здесь рудные тела, с наиболее высоким содержание золота, приурочены к апомагнезиально-апоизвестковым метасоматитам.

На горизонте штольни № 1 выделяются 26 золоторудных тел разных сортов, а на горизонте штольни № 6 – 10 тел.. Рудные тела первого сорта устанавливаются только на горизонте штольни № 1. Они приурочиваются к зоне развития апомагнезиально- апоизвестковых метасоматитов и характеризуются небольшими размерами. Максимальная их длина по простиранию достигает 40 м, а по мощности редко превышают 5-7м. Золоторудных тел второго сорта здесь не обнаружено. На горизонте штольни № 6 не установлено золоторудных тел первого и второго сортов, даже третьего и четвертого имеют незначительное развитие. Они локализуются в апомагнезиальных и апоизвестковых метасоматитах и контролируются линейными структурами северо-западного простирания. В Южной скарновой залежи наибольшим распространение пользуются золоторудные тела пятого сорта. Они характеризуются более или менее равномерными содержанием золота и приурочены к участкам, сложенным апоизвестковым и реже апомагнезиальными метасоматитами. С глубиной рудные тела и этого сорта постепенно выклиниваются. По-видимому, это обусловлено тем, что на глубине, развитие метасоматических пород с которыми связана золотая минерализация, резко уменьшаются. На нижних горизонтах месторождения четко устанавливается увеличение объема измененных кварцевых диоритовых порфиритов. Исходя из этого считает необходимым проведение специальных работ по обнаружению месторождения порфир- типа, что может резко увеличить перспективу Куру-Тегерекского месторождения.

В целом штольне №1 средне- статистическое содержание золота, подсчитанное по

240 выработкам, составляет 0,904 г/т, а по штольне № 6, подсчитанное по 150 пробам – 0,374 г/т. Здесь четко отмечается уменьшение золотой минерализации на глубину. Оно выражается как в сокращении суммарной площади развития золоторудных тел. Так и в снижении интенсивности минерализации.

На месторождении Куру-Тегерек средне- статистическое содержание золота, подсчитанное по 900 выработкам – проб, составляет 0,991 г/т. В виду такого низкого содержания, золотое оруденение не имеет самостоятельного промышленного значения и может быть отработано только в комплексе с медью, молибдена, рением, серой и волластонитом.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. На месторождении Куру-Тегерек выделяются восемь типов руд, отличающихся друг от друга минералогическим составом, химизмом, физико- механическими свойствами слагающих минералов. Каждый тип имеет обособленное пространственное положение и выполняет структуры различной ориентировки. Поэтому рекомендуется их селективная отработка.

2. Золоторудная минерализация, в основном, локализована в золото-карбонат-кварц-серицитовых и золото-лимонит-малахитовых типах руд. Наибольшее количество и наиболее богатые золотом руды встречаются в верхних частях месторождения. (с глубиной они постепенно выклиниваются). Это обусловлено тем, что постмагматические процессы стадии кислотного выщелачивания, с которыми связано формирование золотого оруденения, широко проявились на верхних горизонтах месторождения.

3. В Северной скарновой залежи выделены 62 золоторудных тела. Из них только 14 тела первого и второго сортов, которые можно обрабатывать самостоятельно на золото с попутным извлечением меди и других полезных компонентов. Остальные рудные тела не имеют самостоятельного значения на золото и могут быть утилизированы лишь попутно при отработке их на медь.

В Южной скарновой залежи выделены 36 золоторудных тел. Из них только два небольших тела – первого сорта с содержанием золота 7,999 г/т., остальные относятся к 3-5 сортам. Поэтому только первые могут

быть самостоятельно отработаны на золото с попутным извлечением меди и других компонентов.

4. На месторождении Куру-Тегерек средне- статистическое содержание золота составляет 0,991 г/т. В виду низкого содержания, золотое оруденение, кроме отдельных рудных тел первого и второго сортов, не имеет самостоятельного промышленного значения и может быть отработано только в комплексе с медью, молибденом, рением, серой и вольфрамом.

Литература

- 1.Жариков В.А. и Омеляненко Б.И. Некоторые проблемы изучения изменений вмещающих пород в связи с металлогеническими исследованиями. В сб. «Изучение закономерностей размещения минерализации при металлогенических исследованиях» Изд-во «Недра», М., 1965.
- 2.Жариков В.А. Скарновые месторождения. В книге «Генезис эндогенных рудных месторождений». Изд-во «Недра», М., 1968.

- 3.Коржинский Д.С. Режим кислотного послемагматических растворов. Изв. АН СССР, серия геол., 1957, № 12.
- 4.Байбулатов Э.Б., Ким В.Ф. К методике составления минерального баланса по оловодрудным и редкометальным месторождениям. Изд-во «Илим», Фрунзе, 1973.
- 5.Беус А.А., Григорян С.В. и др. Руководство по предварительной математической обработке геохимической информации при поисковых работах. Изд-во «Недра», М., 1965.
- 6.Шабынин Л.И. Формация магнезиальных скарнов. Изд-во «Недра», М., 1973.
- 7.Шабынин Л.И. О новых аспектах в изучении скарновых месторождений. АН СССР, ИГЕМ, М., 1977.
- 8.Омеляненко Б.И. Околорудные гидротермальные изменения пород. Изд-во «Недра», М., 1978.

УДК 553.22.

ОСНОВНЫЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУРУ-ТЕГЕРЕК

Байтукенова Н.О.

ИГДиГТ им. академика У.А. Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова

Приводится описание наиболее распространенных минералов, принимающих участие в строении месторождения.

На месторождении Куру-Тегерек обнаружено более 130 минералов. Такое большое количество минералов, принимающих участие в строении месторождения, обусловлено длительным и многостадийным развитием процесса минералообразования, тесным и многократным наложением минерализации поздних стадий на более ранние образования, участием в процессах в различных количественных соотношениях большого разнообразия элементов (Cu, Au, Mo, Pt, Hg, Pb, Zn, Ni, Co, S, Fe, Ca, Mg, Si, Al, K, Na.), вхождением этих элементов в состав как собственных минералов, так и в виде изоморфных и эндокриптных примесей в другие минералы.

На месторождении Куру-Тегерек наибольшим развитием пользуются гипогенные минералы. Они принимают участие в строении массива кварцевых диоритовых порфириров, магнезиальных, апомагнезиальных известковых и известковых скарнов, и различных по составу метасоматитов.

Гипогенные процессы также широко проявлены на месторождении. Они развиты на верхних горизонтах и в участках интенсивного дробления пород, особенно в зоне контакта апомагнезиальных известковых скарнов с кальцифирами. При развитии процесса окисления эндогенные сульфиды замещаются вторичными минералами (лимонит, азурит, малахит).

На месторождении Куру-Тегерек широким распространением пользуются следующие породообразующие минералы: кварц, шпинель, кальцит, оливин, форстерит, клиногумит, андратит, гроссуляр, вольластонит, энстатит, гиперстен, клиноэнстатит, диопсид, геденбергит, фассаит, роговая обманка, актинолит, флогопит, биотит, серицит, плагиоклазы.

Ниже приводится описание наиболее распространенных минералов и минералов, которые были описаны на месторождении впервые (В.Ф. Ким, А.Д. Торшилова, Н.О. Байтукенова).

Кварц-SiO₂ весьма распространенный минерал кварцевых диоритов, кварцевых диоритов порфириров и различных по составу метасоматитов.

Наиболее ранним является кварц, слагающий массивы магматических пород. Здесь он наблюдается в виде двух разновидностей: а) порфировых вкрапленников, размером до 1-1,5 мм с идиоморфными очертаниями и б) мелкокристаллической основной массы. Размером отдельных зерен до 0,2мм. Этот кварц имеет ксеноморфную форму и извилистые очертания.

Постмагматический кварц образует прожилки и просечки в различных формациях скарнов, и являются одним из основных породообразующих минералов метасоматитов. В этих породах с процессом окварцевания связаны выделения медной, золотой и молибденовой минерализации. Для этого кварца характерна лапчатая форма кристаллов и молочно-белый цвет.

Постмагматический кварц подразделяется на три генерации. Первая участвует в строении молибденит-кварцевых рудных тел, вторая слагает золото – анкерит - кварцевые метасоматиты. Третья генерация кварца встречается в пострудных кальцитовых образованиях. Температура образования, определенная по методу гомогенизации газовой-жидких включений, составляет: для кварца первой генерации- 300-350 град., кварц-II-220-240 град., кварц-III-160 град.

Кальцит - CaCO₃ – является широко распространенным минералом. Он образуется, начиная с магматической стадии и кончая самыми низкотемпературными процессами. Кальцитом в основном сложены кальцифиры и постмагматические метасоматиты.

Кальцит наблюдается в виде таблитчатых, пластинчатых, хорошо образованных ромбоэдрических кристаллов и зерен неправильной формы. Размером до 1см в поперечнике.

Показатели преломления, определенные в иммерсионных жидкостях, соответственно равняются: No = 1,662; Ne = 1,497; No-Ne = 0,165. Удельный вес, определенный по методу К.К. Василевского и Н.И. Руденко равняется 2,754. Не магнитен. Температура гомогенизации кальцита из кальцифиров равняется 278 градусов. Рентгенометрическое изучение кальцита показало, что его дебаграмма идентична эталонным.

В шлифе кальцит тесно ассоциирует с доломитом, пироксеном, флогопитом, серпентином и постмагматическим кварцем. Это указывает на то, что его выделение происходило в

течении всего процесса формирования месторождения.

Анрадит-CaFe₂[SiO₄]₃ и Гроссулярь – CaAl₂[SiO₄]₃ являются главными породообразующими минералами, слагающими залежи апомагнезиальных известковых и собственно известковых скарнов. Гранаты обычно имеют зернистый облик, редко встречаются ромбодоэдрические кристаллы, размером до 1см. цвет от светло-зеленого до темно-бурого. По составу это анрадит и гроссуляры со всеми переходными разностями.

При наложении постмагматических процессов гранаты интенсивно корродируются кварцем, кальцитом, халькопиритом и другими сульфидами. При этом, сульфиды преимущественно приурочиваются к участкам развития анрадита.

Гранаты имеют неравномерное распределение, иногда слагают зоны, а в других случаях образуют редкую вкрапленность. Многие зерна гранатов характеризуются зональным строением. При этом обычно центральная часть сложена гранатом (гроссуляром), а периферическая – бурый (анрадитом). Зерна гранатов секут или замещают пироксены. Удельный вес, определенный по методу К.К. Василевского и Н.И. Руденко, соответственно равняется: для гроссуляров – 3,504 и анрадита – 3,675.

Температура образования гранатов определена методом гомогенизации, варьирует от 420 до 574 градусов. По-видимому, их кристаллизация начинается, как показывает декриптометрическое исследования, около 600 градусов. И полностью заканчивается при температуре 300-400 град.

Рентгено- структурный анализ дал следующие параметры элементарной ячейки: ао= 12,016-12,092 А и ао = 11,854-11,95 А. Первая цифра соответствует анрадиту, а вторая гроссуляру.

Волластонит-Ca₃[Si₃O₉] является основным минералом, слагающим гранат-волластонитовые скарны. Он представляет основной компонент на волластонитовое сырье и встречается в виде шестоватых и радиально-лучистых агрегатов. Размеры выделений волластонита достигают 0.5см. Цвет в основном, белый с сероватым оттенком. Температура образования, определенная методом гомогенизации. Равняется 380-405 град. Рентгеноструктурное изучение показало, что дебаграмма волластонита месторождения Куру-Тегерек не совсем идентична эталонным. Это обусловлено, по-видимому, большой загрязненностью

пробы. Почти все образцы содержат мелкие включения кварца и граната.

Шпинель- $MgAl_2O_4$ – минерал класса окислов. Шпинель является весьма распространенным породообразующим минералом магнезиальных скарнов. Шпинель наблюдается в виде мелких и крупных зерен (0,2-1,2мм) бурого цвета. Многие зерна имеют сферическое строение. Края зерен часто замещены серпентином, а иногда по тонким прожилкам он внедряется в шпинель минерал изотропный, высокоорельефный и отличается от ассоциирующих с ним пироксенов характерной изометрической формой и бурым цветом. Минерал характеризуется высокими показателями преломления 1,755-1,767 и резкой шагреновой поверхностью. Шпинель является одним из основных породообразующих минералов магнезиальных скарнов и встречается в тесной ассоциации клиноэнстатитом, авгитом и клиногумитом. Часто встречается в виде реликтового минерала в магнетит-пироксен-серпентиновой породе, где почти всегда замещается флогопитом и серпентином.

Форстерит- Mg_2SiO_4 является одним из главных породообразующих минералов, составляющих клиногумит-флогопит-форстеритовые скарны. Он отмечается в виде бесцветных, таблитчатых выделений с прямым погасанием. Минерал образует характерную петельчатую структуру, обусловленную интенсивной серпентинизацией. В серпентиновой породе форстерит наблюдается в виде мелких реликтов с размерами зерен до 0,02мм. Форстерит ассоциирует с клиногумитом, флогопитом, серпентином и диопсидом.

Минералы, впервые описанные на месторождении Куру-Тегерек.

Флюорит - CaF_2 , минерал класса галоидов, относится к числу мало распространенных минералов на месторождении Куру-Тегерек. Встречается, главным образом, в качестве жильных минералов в постмагматических метасоматитах. Максимальное выделение флюорита происходило в постмагматическую стадию кислотного выщелачивания, в период формирования серицит-кварцевых метасоматитов с молибденитом. Окраска флюорита светло-фиолетовая, встречается в виде рассеянной вкрапленности в тесной ассоциации с кварцем и реже серицитом. Размеры зерен колеблется от 0,005 до 0,04мм. При микроскопическом исследовании установлено, что флюорит имеет скрытокристаллическое строение с показателем преломления 1,435-1,439. В общем балансе минералов месторождения флюорит играет незначительную роль. Он является минералом, сопутствующим молибденовой минерализации.

Арагонит – $CaCO_3$ является малораспространенным минералом. Он встречается в виде тонких прожилков в апомагнезиальных пороксен-гранатовых скарнах, мраморах и кальцифирах. Арагонит представлен мелкими (до 0,1мм) игольчатыми кристаллами. Цвет белый. Показатель преломления определенный в иммерсионных жидкостях, равняется $N_g = 1,686$. Количество арагонита в изученных пробах не превышало 0,5%.

Сидерит- $FeCO_3$ является редким минералом на месторождении. Он наблюдается в виде мелких неправильных обломков желтовато-коричневого цвета в магнетит-пироксен - серпентиновой породе. Размеры отдельных кристаллов не превышает 0,5мм. Показатель преломления, определенный иммерсионным методом, равняется $N_m > 1,780$, $N_r = 1,630$. В шлифе сидерит тесно ассоциирует с серпентином, кальцитом и магнетитом.

Барит – $BaSO_4$ – является минералом класса сульфаты и встречается на месторождении очень редко. Барит представлен таблитчатыми кристаллами белого цвета. Показатель преломления: $N_g = 1,648$, $N_r = 1,633$, $N_g - N_r = 0,015$. Барит встречается в кальцифирах, в ассоциации с хлоритом, серпентином, карбонатом и лимонитом.

Клиногумит – $Mg_9[SiO_4]_4[OH,F]_2$ является породообразующим минералом, составляющим клиногумит-флогопит-форстеритовые скарны. В шлифах клиногумит наблюдается в виде изометрических кристаллов с размерами отдельных зерен до 0,4мм. Он имеет почти прямое погасание и характеризуется турмалиновой схемой абсорбции. Цвет желтовато-бурый. Обнаруживается плеохроизм с максимальной окраской по N_r .

Энстатит – $Mg_2[Si_2O_6]$ и Гиперстен (Mg, Fe) $[Si_2O_6]$ относится к числу широко распространенных минералов на месторождении. Энстатит наблюдается в качестве породообразующего минерала в магнезиальных скарнах, а гиперстен составляет апомагнезиальные известковые скарны. Они встречаются в виде короткопризматических таблитчатых или зернистых агрегатов. Цвет у энстатита серовато-серый с зеленоватым оттенком, а у гиперстена – буровато-зеленый. Показатели преломления у энстатита $N_r = 1,559$ и $N_g = 1,670$; у гиперстена $N_r = 1,692$ и $N_g = 1,706$. Константы, измеренные на Федоровском столике следующие: у энстатита – $cN_g = 0$ град.; $2Y = 62$ град., у гиперстена – $cN_g = 7$ град., $2Y = +56$ град.

Клиноэнстатит – $Mg_2[Si_2O_6]$ является главным породообразующим минералом

шпинель - клиноэнстатитовых скарнов. Он наблюдается в виде мелких таблитчатых или призматических зерен, размерами 0,2-0,5мм. Цвет темно-зеленый. В шлифе бесцветный. Большинство зерен клиноэнстатита имеют низкие цвета интерференции и погасание близкое к прямому. Иногда образует полисинтетические двойники по первому пиноксиду. Оптические константы, измеренные на Федоровском столике следующие: $N_g = 2,660$, $N_m = 1,654$, $N_p = 1,651$, $N_g - N_p = 0,009$, $c N_g = 30$ град., $2Y = 51$ град.

Цоизит – $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}[\text{OH}]$ встречается на месторождении в незначительных количествах. Он обычно сопровождает эпидот и наблюдается в виде мелких призматических кристаллов, размером до 0,2мм. Цвет серый с розоватым оттенком. В шлифах наблюдается резко выраженный рельеф и серая интерференционная окраска. Оптически двуосный, положительный. Показатель преломления, определенный в иммерсионных жидкостях, равняется: $N_g = 1,702$. Цоизит ассоциируется с хлоритом и наибольшее его количество встречается в известковых скарнах.

Церрусит – PbCO_3 относится к классу карбонаты, встречается в единичных знаках в окварцованных и ожелезненных известковых скарнах. Цвет светло-серый. Отмечается в зернах неправильной формы, размером 0,3мм дает положительную реакцию на свинец.

Анализ – TiO_2 минерал класса окислов, встречается в виде дипирамидальных кристаллов, размером до 0,2мм в фаялит-плагноклазовых породах. Цвет голубой, дает положительную реакцию на титан. Отмечается в единичных знаках.

Бруксит – TiO_2 отмечается в единичных знаках в кварцевых диоритовых порфиридах в виде призматических кристаллов красноватого цвета. Размеры кристаллов не превышает 0,3мм. Дает положительную реакцию на титан.

УДК.: 004.413:628.31

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОЧИСТНОЙ УСТАНОВКИ

Кошоева Б.Б., Иманалиева Ж.

КГТУ им. И.Раззакова

В работе предлагается один из методов приёма – передачи данных в территориально распределенной системе очистки сточных вод, что характерно для курортных зон Кыргызской республики. Также целью работы является разработка клиент – серверного программного обеспечения для управления и контроля параметров в распределенной системе автоматизации. Рассмотрены вопросы стыковки разрабатываемого программного обеспечения с программируемым логическим контроллером Simatic Step7 через специальную программу – драйвер в среде Windows.

Введение. Технология очистки сточных вод отличается сложностью и разнообразием процессов. Технологические закономерности отдельных процессов до сих

Топаз– $\text{Al}_2[\text{SiO}_4] [\text{F}, \text{OH}]_2$ относится к классу силикатов. Встречается в единичных знаках в известковых пироксен-гранатовых скарнах. Топаз представлен мелкими бесцветными зернами неправильной формы. Показатели преломления, определенные в иммерсионных жидкостях, равняются: $N_g = 1,624$, $N_p = 1,618$.

Турмалин – $(\text{Na}, \text{Ca}) (\text{Mg}, \text{Al})_6 (\text{Si}_6\text{Al}_3\text{B}_3)(\text{O}, \text{OH})_{30}$ минерал класса силикатов, встречается в единичных зернах в фаялит-плагноклазовых породах, биотитовых метасоматитах, магнезиальных скарнах и др. Турмалин представлен короткопризматическими кристаллами темно-зеленого цвета. Размеры отдельных зерен не превышает 0,3мм. Плеохроизм, схема абсорбции обратная биотитовой. Показатель преломления, определенный в иммерсионных жидкостях, равняется $N = 1,635$.

Итак, на месторождении Куру-Тегерек наибольшим распространением пользуются породообразующие, слагающие изверженные породы, различные типы скарнов и метасоматитов. В настоящей статье приводится характеристика породообразующих минералов рудных скарнов и метасоматитов.

Литература

1. Василевский М.М., Руденко Н.И. Метод определения удельного веса из малых навесок, Зап. Всес. минерал. об-ва, часть 86, № 1, 1957.
2. Михеев В.И. Рентгенометрическое определение минералов. Госгеолтехиздат, М., 1957.
3. Наковник Н.И. Иммерсионный метод в применении к петрографическим шлифам. Изд. Госгеолтехиздат, М., 1957.

пор еще не вполне изучены. Основные параметры этих процессов контролируют, как правило, лаборатории путем отбора проб сточной жидкости в различных точках со-

оружий и проведения соответствующих анализов.

Многообразные динамические процессы, протекающие в автоматизируемых канализационных объектах, характеризуются сравнительно небольшим числом факторов. К ним относятся изменения давления, расхода, уровня, количества теплоты и концентрации вещества.

Влажность, вязкость, коррозионность, переменные температуры, сложность состава среды предъявляют особые требования к приборам и создают затруднения при внедрении серийных устройств автоматики.

В результате недостаточной или запаздывающей информации о ходе процесса он протекает часто не в оптимальном режиме, что влечет за собой повышение издержек производства, снижение производительности очистного сооружения или качества очистки сточных вод. Создание автоматических систем для поддержания оптимального режима предполагает расширение границ автоматизации канализационных сооружений.

Постановка задачи

Сущность решения заключается в управлении технологическим процессом очистки сточной воды, контроле важнейших её экологических показателей и состояния технических средств автоматизации [3]. Техническую базу подобного подхода составляют современные средства автоматизации на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК) и компьютерной техники.

Назначение системы:

- автоматическое поддержание заданных экологических параметров сточной воды в выходном водоводе;
- дистанционное управление работой очистных установок;
- визуализация технологического процесса на рабочем месте оператора;
- сбор, обработка и выдача статистических данных об объемах очищенной воды и статусе основных узлов очистных сооружений.

Создание и внедрение системы преследует цели:

- обеспечение эффективности работы очистных установок;
- повышение надежности оборудования станций;
- продление ресурса узлов и очистных агрегатов;
- снижение затрат на электроэнергию.

Данная работа подразумевает создание единого аппаратно-программного комплекса распределенной архитектуры, оборудование которого представлено в виде трехуровневой иерархии (рисунок 1):

- уровень управления технологическими агрегатами (датчики давления и расхода воды, регулируемый и нерегулируемый электропривод агрегатов и т.д.);
- уровень управления технологическим процессом (программируемый логический контроллер);

уровень оперативно-административного управления (рабочая станция оператора на базе персонального компьютера).



Рис 1 - Структурная схема системы автоматизированного управления распределенной системой

Выбор структуры передачи данных в системе автоматизации.

В инженерной литературе [1, 2] приводятся разные способы реализации как технологических процессов очистки, так и систем автоматизации для них. В системах автоматизации передача информации от объекта на центральный диспетчерский пункт и в обратном направлении может реализовываться различными методами. На рисунке 2 приведена обобщенная структура передачи данных системы автоматиза-

ции очистных сооружений. Пункт 1 – пункт N это есть пункты водоочистки и они идентичны друг другу. На центральном диспетчерском пункте производится преобразование информации, архивирование данных, идет выработка локальных алгоритмов управления процессами очистки воды. Удаленных диспетчерских пунктов может быть сколько угодно много, поскольку ими являются электронно-вычислительные устройства, имеющие доступ в Интернет.

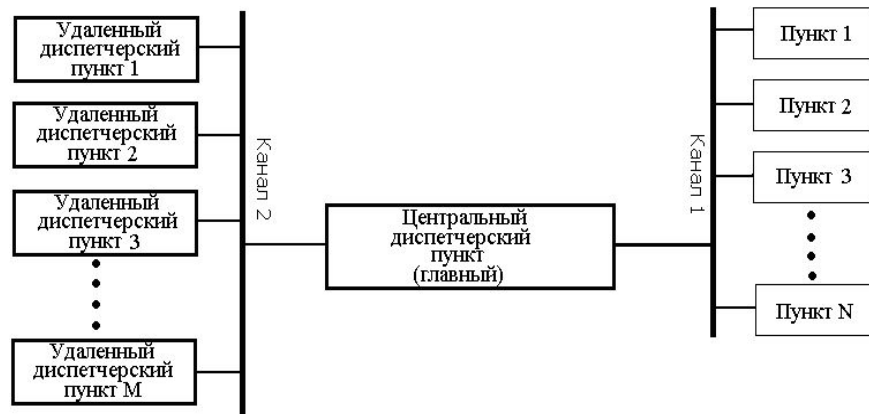


Рис. 2. Структура передачи данных в распределенной системе автоматизации

Функциональная структура системы автоматизации локального пункта водоочистки представлена на рис.3. Информация о параметрах системы снимается датчиками 1 - X. Измеряемая величина в электрическом виде подается на модуль аналого-цифрового ввода/вывода для предварительной обработки. Далее обработанный сигнал загружается в ПЛК, где по заданному локальному закону регулирования программа принимает реше-

ние о выработке управляющего воздействия и передачи его обратно через модуль аналого-цифрового ввода/вывода на механизмы 1-У. Все эти действия передаются также в терминал связи. Терминал связи – это коммуникационный интерфейс передачи данных по определенному протоколу. Тип данного терминала зависит от вида протокола передачи данных канала 1.



Рис. 3. Структура пункта водоочистки

В настоящий момент существует большое число протоколов, видов и физических сред для передачи данных. Применимость каждого из них диктуется экономической целесообразностью разработки, особенностью рельефа местности, где станции рас-

положены, территориальной удаленностью очистных сооружений как между собой, так и от центрального диспетчерского пункта [3].

Для связи с диспетчерским пунктом выбирается протокол GSM-GPRS [3]. Выбор обусловлен следующими причинами: 1) этот

способ связи сейчас относительно дорог, но ежегодно цены на мобильную связь снижаются, а качество и диапазон предоставляемых услуг растёт, к тому же это наиболее перспективный вид связи на настоящий момент; 2) В отличие от систем радиотелеметрии или пакетной радиопередачи зона охвата системы автоматизации ограничивается лишь зоной охвата базовых GSM – станций; 3) в пакете программируемого логического контроллера имеется базовый коммуникационный модуль для работы с GSM/GPRS; 4) в отличие от проводных способов передачи (телефон, RS, Ethernet) зона охвата существенно увеличивается, не требуется тратить средства на прокладку кабеля, оплату междугороднего/международного соединения (если центральный диспетчерский пункт и очистные станции могут располагаться в разных населенных пунктах).

Современные мобильные протоколы передачи данных[3]: GPRS – (General Packet Radio Service) – пакетная радиосвязь общего назначения; EDGE – (Enhanced Data rates for GSM [Global] Evolution) – технология и система беспроводной связи EDGE перспективная технология мобильной радиосвязи; UMTS – (Universal Mobile Telecommunications System) – универсальная система мобильной связи стандарт для сотовой связи третьего поколения; WAP – (Wireless Application Protocol) – протокол приложений для беспроводной связи; HTTP – (Hypertext Transfer [Transport] Protocol) – протокол передачи гипертекста, протокол http протокол прикладного уровня, используемый для «переговоров» о доставке Web-сервером документа Web-браузеру. В качестве программируемого логического контроллера выбирается ПЛК немецкой фирмы Siemens Simatic S7 (рисунок 4).



Рис.4 - Внешний вид ПЛК Siemens семейства S7-300.

S7-300 находит применение для автоматизации машин специального назначения, текстильных и упаковочных машин, машиностроительного оборудования, оборудования для производства технических средств управления и электротехнического оборудования, в системах автоматизации судовых установок и систем водоснабжения и т.д.

Конструктивные особенности.

Программируемые контроллеры S7-300 включают в свой состав:

- Модуль центрального процессора (CPU). В зависимости от степени сложности решаемых задач в программируемом контроллере могут использоваться более 20 типов центральных процессоров.
- Блоки питания (PS) для питания контроллера от сети переменного или постоянного тока.

- Сигнальные модули (SM), предназначенные для ввода и вывода дискретных и аналоговых сигналов. Поддерживаются отечественные ГОСТ градуировки термометров сопротивления и термопар.

- Коммуникационные процессоры (CP) – интеллектуальные модули, выполняющие автономную обработку коммуникационных задач в промышленных сетях AS-Interface, PROFIBUS, Industrial Ethernet, PROFINET связи. Применение загружаемых драйверов для CP 341 позволяет расширить коммуникационные возможности контроллера поддержкой обмена данными в сетях MODBUS RTU и Data Highway. Для организации модемной связи в составе S7-300 могут использоваться коммуникационные модули семейства SINAUT ST7.

- Функциональные модули (FM) – интеллектуальные модули, оснащенные встроенным микропроцессором и способ-

ные выполнять задачи автоматического регулирования, взвешивания, позиционирования, скоростного счета, управления перемещением и т.д.

- Интерфейсные модули (ИМ) для подключения стоек расширения к базовому блоку контроллера, что позволяет использовать в системе локального ввода-вывода до 32 модулей различного назначения. Модули ИМ 365 позволяют создавать 2-, модули ИМ 360 и ИМ 361 – 2-, 3- и 4-рядные конфигурации.

Центральные процессоры.

Все центральные процессоры S7-300 характеризуются следующими показателями:

- высокое быстродействие,
- загружаемая память в виде микро карты памяти ММС емкостью до 8 МБ,
- развитые коммуникационные возможности, одновременная поддержка большого количества активных коммуникационных соединений,
- работа без буферной батареи.

Центральные процессоры CPU 3xxC и CPU 31xT-2 DP оснащены набором встроенных входов и выходов, а их операционная система дополнена поддержкой технологических функций, что позволяет использовать в качестве готовых блоков управления. Типовой набор встроенных технологических функций позволяет решать задачи скоростного счета, измерения частоты или длительности периода, ПИД- регулирования, позиционирования, перевода части дискретных выходов в импульсный режим. Целый ряд центральных процессоров имеет второй встроенный интерфейс: CPU 31...-2 DP; CPU 31...-... PN/DP; CPU 31...T-2 DP.

Система команд центральных процессоров включает в свой состав более 350 инструкций и позволяет выполнять: 1) Логические операции, операции сдвига, вращения, дополнения, операции сравнения, преобразования типов данных, операции с таймерами и счетчиками; 2) Арифметические операции с фиксированной и плавающей точкой, извлечение квадратного корня, логарифмические операции, тригонометрические функции, операции со скобками; 3) Операции загрузки, сохранения и перемещения данных, операции переходов, вызова блоков, и другие операции.

Для программирования и конфигурирования S7-300 могут использоваться пакеты STEP 7 или STEP 7 Lite. Пакет STEP 7 Lite

применяется для программирования и конфигурирования контроллеров S7-300, используемых в качестве автономных систем управления, не содержащих CP и FM. Кроме того, для программирования контроллеров S7-300 может использоваться также весь набор программного обеспечения Runtime, а также широкий спектр инструментальных средств проектирования.

Описание центрального диспетчерского пункта

Центральный диспетчерский пункт представляет собой серверную станцию с необходимым коммуникационным обеспечением для выхода в сеть Интернет и соответствующим программным обеспечением (рис.5).

Данные с каждой удаленной станции поступают через GPRS – канал на концентратор, которым может служить быстродействующий GSM – терминал. Программа – драйвер, находящаяся на управляющей вычислительной машине, обрабатывает информацию с GSM – терминала в пригодный для машины вид. Драйвером может служить, к примеру, пакет драйверов GSM – модуля Siemens. Программа – интерфейс это так называемый APM (автоматизированное рабочее место) оператора. Интерфейсом может служить любая SCADA – система, поддерживающая базы данных по ODBC (Open DataBase Connectivity interface). Служит для ускорения разработок приложений, например, Siemens Simatic или Adastra Trace Mode. Информация, обрабатываемая в интерфейсе, поступает также в SQL – сервер, выполняющий как роль архиватора данных за предыдущие моменты времени, так и буфера для взаимодействия с другим программным обеспечением и сервера документирования. Далее, если требуется, эти данные можно предоставлять удаленным пользователям, находящимся в любой точке мира. Этот процесс способна осуществить технология ASP 2.0 (или ASP.NET). ASP – страница размещается на сервере IIS, имеющем доступ в Интернет (WWW). IIS – сервер по запросу удаленной машины компилирует ASP – страницу в HTML – код и предоставляет его по протоколу HTTP обратно на эту удаленную машину.



Рис. 5 - Описание центрального диспетчерского пункта-сервера.

Технологии ASP.NET для IIS или PHP для Apache логическим принципом работы не отличаются, однако в среде ASP программировать очень комфортно и быстро, а среда PHP не менее мощная, да и к тому же бесплатная.

Разработка клиент-серверной программы – интерфейса

Для разработки клиент серверной программы требуется:

- установленная операционная система Windows;
- инструментальная среда разработки программ Visual Basic 6;
- драйвер S7ProSim для связи с ПЛК;
- веб-сервер Apache для обработки PHP – сценариев.

Выбор программы-драйвера

Для сопряжения персонального компьютера с программируемым логическим контроллером можно использовать два метода:

- Сопряжение через систему WinCC flexible – пользовательская программа – интерфейс запускается только в среде WinCC flexible, то есть её нельзя скомпилировать для отдельного выполнения;
- Сопряжение через ActiveX – объект S7ProSim для возможности программирования в средах объектно-ориентированного и событийно-ориентированного программирования (как C#, C++, Visual Basic).

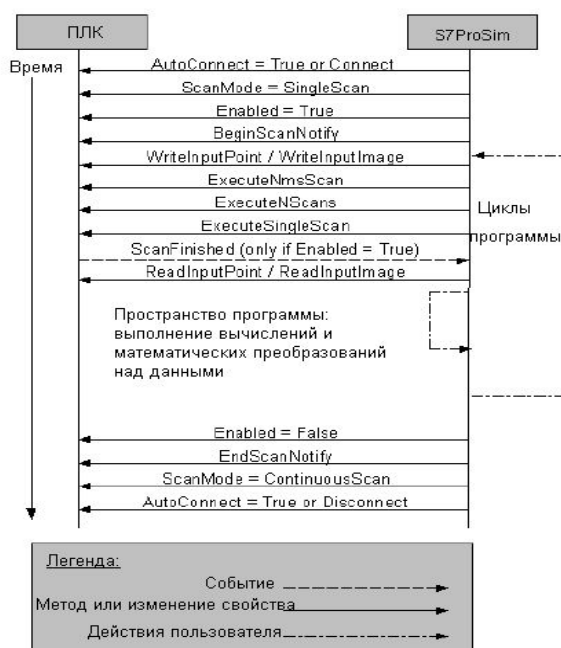


Рис.6 - Временная диаграмма работы алгоритмов драйвера S7ProSim.

Первый метод настолько прост, что рассматривать его можно в курсе лабораторных работ, то есть с помощью мастера подключения создается база каналов и по определенному адресу канала SCADA получает его информационное содержимое.

В данной работе будет раскрыт второй метод, то есть сопряжение через ActiveX – объект S7ProSim.

Описание драйвера S7ProSim

S7ProSim предоставляет программный доступ к интерфейсу ПЛК. С помощью ActiveX – объекта S7ProSim разработчик может создавать программы по изменению состояния ПЛК, производить его диагностическое сканирование, считывать или загружать в него данные. Данный компонент предназначен в основном для событийно-ориентированного программирования в средах C# и Visual Basic. Методы S7ProSim и их краткое описание приведены в [4].

Временной алгоритм работы любой программы, использующей драйвер S7ProSim приведен на рисунке 6. Из диаграммы видно, что сначала производится подключение программы пользователя к ПЛК. Затем производится сканирование регистров памяти. Как только получено сообщение ScanFin-

ished=True, начинается считывание указанных данных, а также возможность записи данных в ПЛК с целью управления технологическими процессами, контролируемые данным ПЛК. Метод ScanNotify служит для обновления данных в реальный момент времени, то есть для постоянного отображения свежей информации о состоянии контролируемых переменных.

На такой основе будет работать серверная программа WaSer, которая заменит и программу-интерфейс, и программу архиватор базы данных, и связующую веб – программу для администрирования очистным сооружением через глобальную сеть Интернет.

Серверная программа WaSer

Программа WaSer состоит из следующих модулей: 1) Модуль связи с драйвером S7ProSim; 2) Модуль доступа к базе данных с целью документирования событий; 3) Модуль связи с РНР-сценарием для осуществления контроля и управления через Интернет; 4) Модуль интерфейса инженера на серверной стороне. Принцип действия модуля связи с драйвером S7ProSim приведен на рисунке 5, а схематичный вариант связи с ПЛК – на рисунке 7.

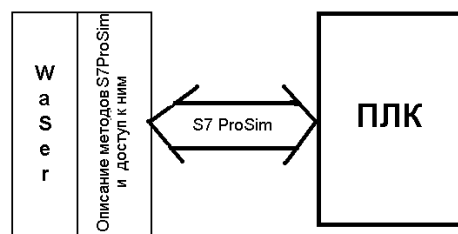


Рис. 7 - Взаимодействие программы WaSer с ПЛК через методы S7ProSim.

Модуль доступа к базе данных работает на основе провайдера ADO. ADO (ActiveX Data Objects) - объекты данных ActiveX, механизм (технология) ADO набор компонент ActiveX, используемых для доступа к БД, поддерживающим спецификацию OLE DB. OLE DB - OLE для баз данных на-

звание спецификации доступа к данным (прежнее название - Nile), разработанной корпорацией Microsoft. Объединяет Open Database Connectivity API и OLE. Схематичный вариант доступа к базам данных изображен на рисунке 8.

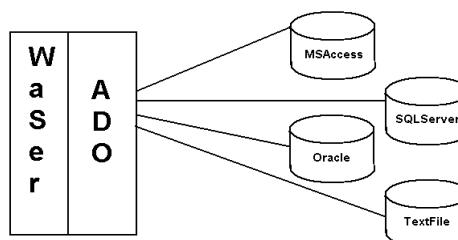


Рис. 8 - Возможность доступа к различным базам данных через провайдер ADO.

Модуль связи с PHP-сценарием осуществлен через буферные файлы. Схематический вариант связи WaSer с PHP-сценариями сервера изображен на рисунке 9. Каждый бу-

ферный файл имеет свое название и соответствующее содержимое, где записывается текущее значение величины, полученной через драйвер S7ProSim

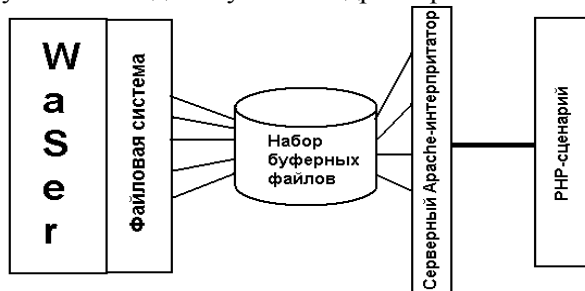


Рис. 9 - Отправка PHP-сценарию данных программой WaSer.

Модуль интерфейса инженера представлен на рисунке 10. Он представляет собой виртуальную модель Simatic – панели на которой отображается реальное значение

преобразуемых в ПЛК величин. В консоли истории отображаются особо важные события в работе ПЛК.

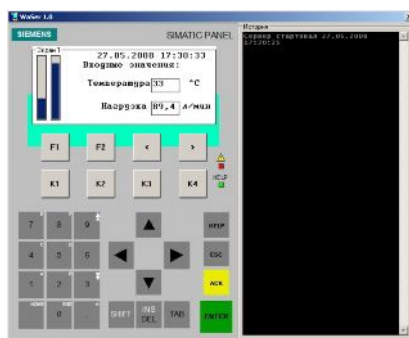


Рис. 10 - Пользовательский интерфейс серверной программы WaSer.

Заключение. В статье рассмотрен проект одной из возможных реализаций программного обеспечения распределенной технической системы мониторинга и контроля состояния водоочистного сооружения с использованием современных микрокомпьютерных, мобильных и Интернет - технологий. Благодаря современному программному обеспечению разработчика, имеющему огромный набор инструментальных средств программирования, модульной структуре аппаратной реализации, а также благодаря развитой системе мобильных телекоммуникаций, процесс создания, модернизации, и эксплуатации распределенной сети удаленных очистительных станций становится более оперативным, динамичным, простым и экономичным.

Литература

1. Попкович Г. С., Гордеев В. А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. – М. Высшая школа, 1986. – 392 с.
2. Когановский А. М. и др. Очистка и использование сточных вод в промышлен-

ном водоснабжении. – М. Химия, 1983. – 288 с.

3. Акматбеков Р. А. Концепция распределенной системы автоматизации очистной установки на базе информационных технологий. Б. КГТУ. ОАО «Кыргызтелеком». Материалы международной конференции «Телекоммуникационные и информационные технологии. Состояние и перспективы развития», 2008г, - 189с.
4. Акматбеков Р. А. Руководство для программирования управляющих станций Simatic S7 – 300/400 /Электронная версия. – Б.: КГТУ им. И. Раззакова, 2008. – 105с.
5. Внутренняя справка Microsoft Windows. <http://script-info.net>
6. Зольников Д.С. PHP5. – М.: NT пресс, 2007. – 256 с.
7. KIDware. Learn Visual Basic 6.0. Database access and management. - Internet publishing, 1998. – 448 с.