

**Теоретический и прикладной  
научно-технический журнал**

---

ISSN 1694-5557

**ИЗВЕСТИЯ**

**Кыргызского государственного технического  
университета им. И. Раззакова  
№ 29**

**БИШКЕК – 2013**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Дуйшеналиев Т. Б.** – доктор физико-математических наук, профессор  
( *главный редактор*);
- Батырканов Ж.И.** – доктор технических наук, профессор  
( *заместитель главного редактора*);
- Бостонова П.З.** – кандидат педагогических наук, доцент;  
( *ответственный секретарь*);
- Абдраимов С.А.** – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. НАН КР;
- Абдрахманов С.А.** - доктор физико-математических наук, профессор;
- Абдымаликов К.А.** – доктор экономических наук, профессор;
- Баткибекова М.Б.** – доктор химических наук, профессор;
- Бабак В.Ф.** – доктор технических наук, профессор;
- Бочкарев И.В.** - доктор технических наук, профессор;
- Джаманбаев М.Дж.** - доктор физико-математических наук, профессор;
- Джуматаев М.С.** – доктор технических наук, профессор, академик НАН КР;
- Джунушалиева Т.Ш.** – доктор химических наук, профессор;
- Марипов А. М.** – доктор физико-математических наук, профессор;
- Обозов О. Дж.** – доктор технических наук, профессор;
- Осмонбетов К.О.** – доктор геолого-минералогических наук, профессор;
- Тургумбаев Ж.Ж.** - доктор технических наук, профессор;

**Ответственный за выпуск**

**Курманалиев Б.К.**

Редакторы языковой редакции

Лыткин Ю.М.

Корректор

Бейшеналиева А.

Технический редактор и  
компьютерная верстка

Эркинбек к. Жанара

---

Подписано к печати 28.08.2013. Формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офс.  
Печать офс. Объем 23,5 п.л. Тираж 150 экз. Заказ 155.

---

Издательский центр “Текник”  
Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова  
720044, Бишкек, ул. Сухомлинова, 20.  
Тел.: 54-29-43, e-mail: beknur@mail.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

*Предисловие***ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ***Чериков С. Т.*

Опыт работы на асфальтобетонном заводе с применением минерального порошка, полученного из фильтрационного осадка сахарных заводов..... 8

*Рыспаев Т. А., Чериков С.Т., Кожошов Т.Т.*

Разработка усовершенствованной конструкции устройства для изготовления канализационных железобетонных колец для колодцев..... 12

*Машиев И. А.*

Факторы, влияющие на безопасность движения..... 16

*Иманакунова Ж.С.*

Оценка надежности силового резистора усовершенствованной конструкции на этапе проектирования..... 20

*Энгельшт В.С., Мураталиева В.Ж.*

Примеры нетрадиционной энергетики..... 25

*Аскарбеков Р.Н., Рабидинова Ж.Д.*

Деформирование резинометаллической опоры при сжатии..... 29

*Калматов У.А.*

Диагностирование электрических аппаратов методом ударного импульса..... 34

*Бопушев Р.Т.*

Анализ состояния междугородных и международных автобусных перевозок в Кыргызстане..... 40

*Кадыров Э.Т.*

Домашний скот на пригородных дорогах как опасная дорожная обстановка..... 42

*Зимин И.В.*

Эффективное использование канального ресурса в моделях QoS для мультисервисных сетей..... 46

*Зимин И.В.*

Исследование модели на основе рекурсивного алгоритма для определения объема канального ресурса трафика в сервисах реального времени..... 55

*Джунуев Т.А., Мамакеева А.К.*

Интеллектуальные сети как способ повышения надежности ЭЭС ограниченной мощности..... 63

*Кадыркулов С.С., Жусубалиева Б.К., Хожин Г.Х.*

Расчетная оценка максимальных потерь энергии и напряжения в распределительных сетях 10 кВ..... 67

*Касмамбетов Х. Т.*

Аналитические зависимости выходных характеристик выпрямителей с активно-емкостной нагрузкой и их определение..... 70

*Алмаматов М.З., Байгазиев М.С.*

Классификация молотильных устройств и их рабочий процесс..... 75

*Алмаматов М.З., Толошов Ч.О.*

Синтез одноподвижных механизмов с пятью подвижными звеньями с наиболее сложным базисным звеном  $\tau = 3$ ..... 80

*Куцев Е.И., Урдалетова С.Б., Жумабаев М.Ж.*

Стандарты ЦНТВ: выбор для Кыргызстана..... 85

*Охотников В.И.*

Методы расчета задержек пешеходов на регулируемом пешеходном переходе..... 91

*Мырзаканова Р.А., Сатаркулов К., Туктаров В.*

Дистанционное диагностирование элементов электроустановок..... 95

*Торобеков Б.Т., Охотников В.И.*

О влиянии обустройства пешеходного пространства на условия движения пешеходов... 99

<b>Байгазиев М.С.</b> Основное уравнение работы молотильного барабана и его анализ.....	102
<b>Бопушев Р.Т.</b> Перспективы развития и анализ пассажирских перевозок в междугороднем сообщении Кыргызстана.....	106
<b>Калназаров У.А.</b> Проблемы развития внутренних и международных автомобильных перевозок.....	108
<b>Султаналиева Г.М., Султаналиева Э.М.</b> Снижение потерь электроэнергии в распределительных сетях 0.38 кв.....	113
<b>Самсалиев А.А.</b> Устройство и способ регулирования плазменного воздействия на жидкое состояние веществ.....	117
<b>Самсалиев А.А.</b> Устройство и способ плазменного обжига неметаллических материалов.....	122
<b>Иманалиев З.К., Аширбаев Б.Ы.</b> Об одной дискретной задаче оптимального управления с малым периодом квантования.....	126
<b>Самсонов В.А., Рагрин Н.А., Стародубов И.И.</b> Особенности износа ленточек и уголков быстрорежущих спиральных сверл.....	129
<b>Муслимов А.П., Стародубов И.И., Рагрин Н.А.,</b> Расчет стойкости быстрорежущих спиральных сверл.....	133
<b>Рагрин Н.А., Айнабекова А.А., Нарыжный С.В.</b> Влияние скорости резания на наличие и высоту нароста при сверлении быстрорежущими спиральными сверлами.....	137
<b>Рагрин Н.А.</b> Способы определения точек максимума и перегиба стойкостной зависимости.....	141
<b>Рагрин Н.А.</b> Анализ способов определения скорости резания, соответствующей максимальной стойкости спиральных сверл.....	144
<b>Бочкарев И.В.</b> Вопросы оптимизации исполнительных силовых электромагнитных устройств для систем управления.....	147
<b>Асанова С.М., Асанов М.С., Сатаркулов К.А.</b> Проектирование системы дистанционной диагностики обрыва провода воздушных линий распределенных электрических сетей 6-35 кВ.....	152
<b>Асанова С.М.</b> Вычислительные сети петри для проектирования системы дистанционной диагностики обрыва провода воздушных линий рэс 6-35 кв.....	159
<b>Самсонов В. А., Даниленко Б. Д.</b> Выбор режима резания при протягивании.....	166
<b>Башиков И.Т.</b> Методика экспериментальных исследований разработки снега бульдозером с выдвигаемым отвалом.....	170
<b>Орузбаева Г.Т., Касымова М.Т.</b> Развитие керамического, металлургического, стекольного производств на территории Кыргызстана до XII в. ....	175
<b>Асанов А.К.</b> Основные закономерности бытового электропотребления г. Бишкек Кыргызской Республики.....	179
<b>Абакиров С.А.</b> Социальные аспекты безопасности дорожного движения.....	185
<b>Сатаркулов К.А., Иманакунуова Ж.С. Абылгазиев Ж.С.</b> Многофункциональный преобразователь тока для контроля режима электрической сети.....	188



**АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ****Кадыркулова К.К.**

Программное управление многомерных систем на основе решения обратных задач динамики..... 193

**Такырбашев Б.К., Айдралиев А.О., Темиркулова Н.Т., Джолдошов Б.О.**

Динамическое проектирование управляющего устройства для нелинейной системы с учетом инженерных показателей качества..... 196

**Момуналиева Н.Т.**

Технология мониторинга и картографирования гетерогенного растительного покрова... 205

**Саитов Н.Ж., Шаршенбаева А. К.**

Облачные технологии при построении надежных автоматизированных систем управления высшим образованием..... 208

**Батырканов Ж.И., Кудакеева Г.М.**

О семантико-фреймовой модели представления знаний в обучающих интеллектуальных системах ..... 213

**ХИМИКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ****Чериков С.Т., Баткибекова М.Б., Омурзакова А.Б.**

Влияние растворимости оксида в сахаросодержащем растворе на структурирование фильтрационного осадка..... 217

**Чериков С.Т., Баткибекова М.Б., Омурзакова А.Б.**

Разработка методики исследований для изучения растворимости оксида кальция в сахаросодержащем растворе в процессе дефекации и сатурации..... 222

**Чериков С.Т., Баткибекова М.Б., Коенов А.Т., Айталиева М.М., Калинина Н.А.**

Разработка способов брожения и конструкции бродильного аппарата для производства национального напитка «МАКСЫМ» ..... 227

**Чериков С.Т., Баткибекова М.Б., Омурзакова А.Б.**

Получение сорбента способом пиролиза из фильтрационного осадка сахарных заводов..... 231

**ФИЗИКО – МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ****Курманалиев К. Назаркулова М.А. Садралиева Р.А.**

Конечно -разностное решение задач движения блочных структур горных массивов..... 236

**Джаманбаев М.Дж., Душенова У.Дж., Турсункулова З.С.**

Определение глубины таяния мерзлого грунта под основанием пруда хвостохранилища..... 239

**Джаманбаев М.Дж., Душенова У.Дж., Турсункулова З.С.**

Методика определения температуры и коэффициентов теплообмена грунта..... 242

**Шекеев К.Р.**

Управление процессом взаимодействия сооружений с мерзлыми грунтами..... 246

**ГОРНОЕ ДЕЛО****Тажибаяев К.Т., Султаналиева Р.М., Конушбаева А.Т.**

Поверхностная энергия минералов и горных пород..... 253

**ИННОВАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ****Оморов Т.Т., Жолдошов Т.М., Кожекова Г.А., Джолдошов Б.О.**

Синтез САУ технологическим процессом намотки длинномерных материалов..... 259

**Исмаилов Б.И., Раматов К.С.**

Об одной гранично-элементной модели исследования анизотропных породных массивов..... 266

## Предисловие

Реализация стратегии экономического развития Кыргызской Республики требует профессиональных специалистов качественно нового уровня, ориентированных на разработку новых, наукоемких технологий, инновационную деятельность. Масштабы, структура, содержание подготовки кадров пока не соответствуют текущим и перспективным потребностям, запросам предприятий и научных организаций, требованиям рынка труда. Актуальными остаются вопросы формирования стандартов профессионального образования нового поколения, внедрения информационных технологий в обучение, современных методов оценки качества подготовки, создания условий для развития интеграции и эффективного взаимодействия образовательных учреждений с организациями науки, производства. Решение этих и многих других проблем не обеспечивается соответствующими мерами на государственном уровне, финансовой поддержкой, законодательным закреплением. Зачастую силы и средства сосредоточены на вопросах организационного характера, на поспешном внедрении нововведений, без тщательной проработки возможных последствий и одобрения научно-педагогической общественностью.

Образование и совершенствование профессиональных навыков, генерация новых идей и технологий является основной движущей силой экономического роста, а также сплоченности нашего государства. Ведущая роль в разработке стратегии, политики и планов по обеспечению подготовки кадров для инновационной экономики, создании благоприятной среды для переноса знаний и технологий принадлежит КГТУ им. И.Раззакова.

В основе решения проблем - международное сотрудничество, развитие интеграционных процессов, прямых научно-технических связей высших учебных заведений на двусторонней и многосторонней системных основах, сотрудничество в области подготовки и переподготовки инженерных, научных кадров, конкретные совместные практические шаги, направленные на развитие национальной системы высшего профессионального образования.

Инновационное развитие экономики требует превращения профессионального образования в гибкую саморазвивающуюся систему, адекватно отвечающую на вызовы времени и меняющиеся запросы общества. Необходимо принять ряд важных государственных решений и мероприятий, предопределяющие системные изменения в образовательной сфере. Нужно сформировать концепцию модернизации инженерного образования, утвердить ряд целевых программ.

В 2011 г. законодательно закреплена двухуровневая система профессионального образования, организация приема в вузы только на основе общереспубликанского тестирования. Наш вуз должен активно работать по инновационному развитию, внедрению новых образовательных технологий.

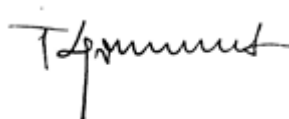
Традиционно журнал состоит из следующих разделов:

- Технические науки и новые технологии;
- Автоматизация и информационные технологии;
- Химико-технологические науки;
- Физико-математические науки;
- Гуманитарные и социально-экономические науки;
- Инновация и управление учебным процессом;
- Хроника.

В сборник вошли статьи, отражающие научные результаты, полученные как сотрудниками КГТУ им. И. Раззакова, так и исследователями зарубежных университетов и научных учреждений.

В программах подготовки магистрантов заложены научные исследования, результатами которых являются публикации, поэтому в этот номер журнала включены и работы магистрантов.

Главный редактор, профессор



Т.Б. Дуйшеналиев

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 666.92:664.1:625

**ОПЫТ РАБОТЫ НА АСФАЛЬТОБЕТОННОМ ЗАВОДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ФИЛЬТРАЦИОННОГО  
ОСАДКА САХАРНЫХ ЗАВОДОВ**

*Чериков Сатыбалды Турдумаматович, к.т.н., нач. отд. «Рекуперации вторичных ресурсов промышленности и охраны окружающей среды» НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: scherikov@inbox.ru,*

Исследованы варианты использования минерального порошка, полученного из фильтрационного осадка, в процессе приготовления асфальтобетонных смесей в технологической линии асфальтобетонного завода. При использовании многолетнего фильтрационного осадка сахарных заводов (взамен природного известняка) отпадает создание специализированной технологической линии для получения минерального порошка, при этом значительно снижаются расходы электроэнергии и дорожные расходы, так как все сахарные заводы Кыргызской Республики расположены в Чуйской области вокруг асфальтобетонных заводов. С небольшой настройкой существующей линии получения асфальтобетонных смесей можно получить минеральный порошок из фильтрационного осадка, когда завод простаивает, т.е. в зимних условиях. В этом случае из технологической линии исключается дробильно-сортировочное оборудование.

**Ключевые слова:** известняк, фильтрационный осадок, минеральный порошок, асфальтобетонный завод, отсев, щебень, многолетний фильтрационный осадок.

**EXPERIENCE IN ASPHALT PLANT WITH MINERAL POWDER, THE  
FILTER CAKE OBTAINED FROM SUGAR FACTORIES**

*Cherikov Satybaldy Turdumamatovich, Ph. D., head of DEP. "The recovery of secondary resources industry and environmental protection" Research Institute of chemical technology at KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66, e-mail: scherikov@inbox.ru.*

Investigated options for using mineral powder, obtained from filtration of the precipitate, in the process of preparation of asphalt concrete mixtures in the production line of asphalt plant. When using long sediment filtration of sugar factories (instead of natural limestone), there is no creation of a specialized technological line for production of mineral powder, significantly reduced electricity costs and travel expenses, as all the sugar mills of the Kyrgyz Republic is located in Chui region around asphalt plants. With a little tuning of the existing line of production of asphalt mixes can be obtained from the mineral powder sludge, when the plant is idle, i.e. in winter conditions. In this case, the process line is eliminated crushing and screening equipment.

**Keywords:** limestone, filter sediment, mineral powder, asphalt plant, gravel, crushed stone, multi-filter sediment.

**Введение.** В настоящее время из числа усовершенствованных дорожных покрытий наибольшее распространение получили асфальтобетонные, создающие максимальные удобства для движения транспортных средств и пассажиров. Асфальтобетоном называют

материал, получающийся в результате уплотнения специально приготовленной смеси, состоящей из щебня или гравия, песка, минерального порошка и битума в рационально подобранных соотношениях.

Применение минерального порошка может оказать существенное влияние на важнейшие структурно-механические свойства асфальтобетона /1/. Однако, в настоящее время из-за отсутствия производителей минерального порошка в нашей республике асфальтобетонные смеси получают без добавления минерального порошка, что приводит к сокращению срока службы автомобильных дорог в несколько раз и преждевременному разрушению асфальтобетонных покрытий /2/. Ранее при СССР минеральный порошок получали из Казахстана, России и Белоруссии.

**Цель исследования:** Изучение эффективности активированного и неактивированного минерального порошка (МП), полученного из фильтрационного осадка (ФО) сахарных заводов при его добавлении в производственных условиях при получении асфальтобетонных смесей на асфальтобетонном заводе.

**Экспериментальная часть.** С целью решения вышестоящих задач использовали технологическую линию асфальтобетонного завода (АБЗ) (рис. 1).



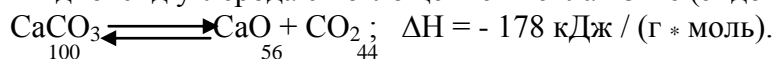
Рис. 1. Технологическая линия для приготовления асфальтобетонных смесей: 1 - транспортер для подачи отсева или щебня в накопительный бункер; 2 - емкость для объемного дозирования; 3 - сушильно-смесительный агрегат;

По типовой схеме, обычно для приготовления асфальтобетонных смесей используют минеральные порошки ([ГОСТ 16557-78](#)), получаемые путем измельчения карбонатных горных пород - известняков, доломитов, доломитизированных известняков, известняков-ракушечников и др. Однако, разведочные работы для нахождения месторождений сырья, добычи, привоза, измельчения карбонатных пород-известняков и построения специальных технологических линий для получения минерального порошка требуют достаточно больших расходов. С целью уменьшения этих расходов в предложенном нами способе при получении минерального порошка из фильтрационного осадка, из технологической линии исключается дробильное оборудование, измельчающее

камни, а также и многочисленные вибросито, разделяющие сырье на фракции.

Сахарные заводы накапливают и хранят фильтрационные осадки в отдельном отведенном месте в измельченном состоянии. Перед использованием в АБЗ этих осадков необходимо провести их термообработку и после этого можно подавать на традиционные технологические линии, производящих асфальтобетонные смеси. Высокое содержание в составе фильтрационного осадка  $\text{CaCO}_3$  (более 87%) [3] позволяет применять его как добавку, активизирующую поверхность кислых каменных материалов щебня и песка, а грансостав – заполнить межкристалльные объемы асфальтобетона. В процессе использования многолетнего ФО нами проведены следующие опыты: 1) добавление ФО без предварительной термообработки; 2) добавление ФО с предварительной термообработки.

При первом опыте по рецепту отдозированный, без предварительной термообработки, ФО подавали сразу на сушильно-смесительный агрегат 3 (рис. 1). При втором опыте ФО предварительно на этом же сушильно-смесительном агрегате нагревали до  $500-600^\circ\text{C}$ . При такой термообработке после многолетнего нахождения в поле ФО, частично карбонизированный  $\text{CaO}$  в зоне подсушки нагревается теплыми печными газами и освобождается от  $\text{CO}_2$  [4]. В зоне обжига карбонат кальция разлагается на оксид кальция и диоксид углерода с поглощением тепла извне (эндотермическая реакция).



После термообработки активированный МП, полученный из ФО, хранили в сухом помещении. В процессе приготовления асфальтобетонных смесей МП пропустили через сита, отдозировали и добавляли по рецепту в асфальтобетонную смесь, как в первом случае. Тонкость помола порошков получили согласно ГОСТу 12784-78, при расеве сквозь сита с отверстиями 1,25 мм проходило 100%; 0,315 мм - не менее 90%; 0,0071 мм – не менее 70% порошка.

В обоих случаях температура нагрева была одинакова: - для каменных материалов (щебня, песка)  $100-120^\circ\text{C}$ ; для битума жидкого  $80-90^\circ\text{C}$ ; для готовой смеси при выпуске из смесителя  $90-120^\circ\text{C}$ ; время перемешивания 90 сек. В результате исследования были получены следующие средние сравнительные результаты (табл.1):

Таблица 1

№ п/п	Показатели асфальтобетонной смеси (а/с)	Полученные результаты при использовании минерального порошка (МП) в а/с :		
		МП полученный без термообработки из ФО	МП полученный с термообработкой из ФО	Требование к МП по ГОСТ 9128-84
1	2	3	4	5
1	Водонасыщение по объему, %	6,79	5,3	6,0
2	Набухание, % по объему	1,87	1,44	1,5
3	Объемный вес, $\text{г/см}^3$	3,35	2,53	-
4	Предел прочности при сжатии: ( $\text{кг/см}^2$ ) а) при – 20; б) при – 50; в) водонасыщенном состоянии	17	21	22
		10	12	12
		21	27	-

1	2	3	4	5
5	Коэффициент водостойкости	0,6	0,82	0,8
6	Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении	0,57	0,83	-
7	Сцепление битума с минер. частью а/б смеси	плохое	хорошее	хорошее

В периоде испытаний завод не испытывал затруднений по второму варианту при проведении технологического процесса. Это объясняется тем, что в этом варианте качество активированного минерального порошка, полученного из фильтрационного осадка, обеспечивает возможность приготовления асфальтобетона с повышенной плотностью, прочностью, водо- и морозостойкостью, а в некоторых случаях - с повышенной сдвигоустойчивостью и трещиностойкостью (табл. 1). За счет использования новых способов получен качественный продукт (акт испытаний и справка внедрения получена).

**Выводы.** При использовании многолетнего фильтрационного осадка сахарных заводов (взамен природного известняка) отпадает создание специализированной технологической линии для получения минерального порошка, при этом значительно снижаются расходы электроэнергии и дорожные расходы, так как все сахарные заводы нашей республики расположены в Чуйской области вокруг цементного завода.

С небольшой настройкой существующей линии получения асфальтобетонных смесей можно получить минеральный порошок из фильтрационного осадка сахарных заводов, когда завод простаивает, т.е. в зимних условиях. В этом случае из технологической линии исключается дробильное оборудование.

Использование промышленных отходов, т.е. фильтрационных осадков сахарной промышленности, является крупным источником расширения сырьевой базы для производства асфальтобетонных смесей в асфальтобетонных заводах нашей республики и внедрения малоотходных и безотходных технологий, улучшения экологической обстановки.

### Литература

1. Молчанов В.И. Активация минералов при измельчении / В.И. Молчанов, О.Г. Селезнева, Е.Н. Жирнов—М.: Недр, 1988. -208с.
2. Разработка рецептуры приготовления асфальтобетонных смесей с использованием фильтрационного осадка сахарных заводов / С.Т. Чериков и др. // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова .-2012. – 3(37)
3. Эрбаева Р.С. Физико-химические характеристики отходов сахарной промышленности содержащих СаСО<sub>3</sub> / Р.С. Эрбаева, С.Т. Чериков, М.Б. Баткибекова // Известия КГТУ им.И.Раззакова.- 2012. –№26
4. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов. –М.: Агропромиздат, 1986. -431с.

УДК: 621.01.622.23

## РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛЕЦ ДЛЯ КОЛОДЦЕВ

*Рыспаев Талант Акимжанович, д.т.н., проф. КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66,*

*Абдиев М.М., директор ОЭМЗ «Монолит»,*

*Чериков Сатыбалды Турдумаматович, к.т.н., нач. отд. «Рекуперации вторичных ресурсов промышленности и охраны окружающей среды» НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: scherikov@inbox.ru,*

*Кожошов Т.Т., к.т.н., доцент КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66.*

Разработана и испытана усовершенствованная конструкция устройства для ускоренного изготовления канализационных железобетонных колец для колодцев. Усовершенствованная конструкция для изготовления колодезных колец обеспечивает высокую производительность (до 30-35 изделий в смену с использованием одной формы). Технология производства колодезных колец проста и требует минимум капитальных вложений и объема производственной площади.

**Ключевые слова:** фильтрационный осадок, канализация, железобетонный колец для колодцев, вибропресс, виброформа, бетоносмеситель, армированный каркас.

## DEVELOPMENT OF AN IMPROVED DESIGN OF THE DEVICE FOR THE MANUFACTURE OF REINFORCED CONCRETE SEWER RINGS FOR WELLS

*Ryspaev Talent Alimjanovich R, Ph. D., Professor KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66,*

*Abdiev.M. M. Director OEMZ "the Monolith",*

*Cherikov Satybaldy Turдумаматович, Ph. D., head of DEP. "The recovery of secondary resources industry and environmental protection" Research Institute of chemical technology at KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66, e-mail: scherikov@inbox.ru,*

*Kojoshov.T. T, Ph. D., associate Professor of Kyrgyz state technical University them. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66.*

Developed and tested an improved design for rapid manufacture of reinforced concrete sewer rings for wells. Advanced design for manufacturing of manhole rings provides high performance (up to 30-35 pieces per shift using one form). Technology of production of manhole rings is simple and requires low capital investment and volume production area.

**Keywords:** sediment filtration, drainage, reinforced concrete rings for wells, vibropress, the vibrating mold, concrete mixer, reinforcing frame.

**Введение.** Преимуществами железобетонных колец являются: а) возможность изготовление элементов конструкции посредством вибропрессования. Этот метод обеспечивает долговечность и необходимую прочность всех элементов конструкции; б) целостность конструкции благодаря наличию специальных выступов. В связи с устойчивостью против подвижки грунта, увеличивается водонепроницаемость



конструкции; в) простота монтажа. Для минимизации монтажа, в конструкции имеются отверстия диаметром 6 см. Все элементы канализационных железобетонных колец для колодцев изготавливаются с соблюдением ГОСТ и других стандартов. При этом используется специальный мелкозернистый бетон. Для усиления конструкции используются металлические стержни и арматурная проволока, которые позволяют равномерно распределять нагрузку.

Железобетонные кольца широко используются в строительстве. С применением железобетонных колец возводят колодцы и скважины в частном секторе. В связи с большой нагрузки на стенки, колодезные кольца должны быть изготовлены с использованием арматуры и иметь достаточные прочностные характеристики. Железобетонные кольца применяются также для монтажа различных систем коммуникаций, например, таких как канализационные, газопроводные, дренажные, сетевые и водопроводные колодцы / 1, 2 /, рис. 1.



Рис.1. Железобетонные кольца для многоцелевого назначения

Несмотря на большой спрос на железобетонные кольца в Кыргызской Республике, в основном их привозят из России и Китая. Трудности изготовления таких конструкций на кыргызских заводах обусловлены с одной стороны с устаревшими оборудованями, а другой со сложной конструкцией для изготовления колец.

**Цель исследования:** Разработать усовершенствованную конструкцию устройства для ускоренного изготовления канализационных железобетонных колец и внедрить на производстве.

**Экспериментальная часть.** Изготовление колодезных колец требует использования специального оборудования. Только применение качественного оборудования и соблюдение технологии на всех этапах изготовления колец позволяет производить продукцию полностью соответствующую нормам и требованиям к качеству / 3 /.

Для изготовления колодезных колец нами на опытно-экспериментальном механическом заводе «Монолит» создана, изготовлена и испытана специальная усовершенствованная конструкция для изготовления колодезных колец (УКК), (рис.2).



Рис.2. Усовершенствованная конструкция для изготовления колодезных колец (УКК)

УКК представляет собой сборную цилиндрическую сварную металлоконструкцию. Он состоит из опалубки, сердечника и металлического поддона (рис.3, а,б,в).

Опалубка имеет форму пустотелого цилиндра, изготовленного из толстолистовой стали, оснащенного упрочняющими обечайками, ребрами жесткости и подъемными петлями (4 петли). На опалубке, для правильной фиксации сердечника в центре виброформы смонтированы упоры (4 упора) и установлены виброустройства. Сердечник является сварной цилиндрической пустотелой металло-конструкцией, верхняя часть которой имеет конусообразную форму с приваренной петлей в центре.



а



б





Рис.3. Спецузлы УКК: а–опалубка; б – сердечник; в – металлический поддон; г – устройство для изготовления армированного каркаса

Сборка виброформы осуществляется следующим образом: - на ровную площадку кладется металлический поддон; - с помощью грузоподъемного механизма на этот поддон устанавливается опалубка; - с помощью грузоподъемного механизма внутрь опалубки помещается сердечник и устанавливается по центру с помощью упоров. Виброформа устанавливается в цехе по производству колец на поддоне или на ровной бетонной площадке, на которой будут формироваться и выстаиваться готовые изделия. Для организации производства необходимо иметь следующее оборудование: бетоносмеситель и подъемное устройство. А также в производстве используются готовый армированный каркас и бетонная смесь.

В случае отсутствия на рынке предложения закупок армированного каркаса и бетонной смеси, то можно изготовить армированный каркас с помощью специального устройства ( рис.3, г ) и использовать свою заводскую бетоносмеситель. Процесс изготовления кольца осуществляется следующим образом: в УКК устанавливают армированный каркас (изготовленный в соответствии с технической документацией на кольца) между внешним и внутренним формообразующим цилиндром (между опалубкой и сердечником). Далее опускают фиксирующее положение сердечника упоры и вручную лопатами загружают приготовленную бетонную смесь (согласно утвержденной рецептуре). Затем производится виброуплотнение в соответствии с технологической документацией (включаются вибраторы опалубки). После уплотнения бетонной смеси виброформа снимается подъемным устройством и переносится на другой поддон для последующей загрузки.

УКК имеет производительность 30-35 колец в смену, его потребляемая мощность 1,1 кВт и обслуживается двумя работниками.

**Выводы.** Нами разработанная усовершенствованная конструкция для изготовления колодезных колец обеспечивает высокую производительность (до 30-35 изделий в смену с использованием одной формы). Технология производства колодезных колец проста и требует минимум капитальных вложений и объема производственной площади.

#### Литература

1. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.

2. СНиП 2.06.01-86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. – М.: ЦИТП, 1987. – 32 с.

3. Бауман В.Л. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В.Л. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов . – М.: Машиностроение, 1981. – 324 с.

УДК 629.3 (656.1)

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

*Машиев Исманали Аскаралиевич, старший преподаватель каф. «ОБД», Кызылкийский институт природопользования и геотехнологии КГТУ им. И.Раззакова Кыргызстан, 720300, г. Кызыл-Кия, ул. Асаналиева, 17, E-mail: [mashiev71@mail.ru](mailto:mashiev71@mail.ru)*

В статье рассматриваются факторы, влияющие на безопасность дорожного движения. Выявление факторов, их систематизация и определения степени влияния имеет большое значение в профилактике аварийности в дорожном движении.

**Ключевые слова:** факторы, влияющие на безопасность движения, дорожное движение, безопасность дорожного движения, система «У-А-Д-С», взаимодействие системы «У-А-Д-С», уровень безопасности движения, безопасность движения пешеходов.

## FACTORS AFFECTING THE SAFETY OF MOTION

*Mashiev Ismanali Askaralievich, Senior Lecturer, Department of. " Traffic management and safety", Kyzyl Kiya Institute of Nature and geotechnology KSTU. I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720300, Kyzyl-Kiya, Asanalieva str. 17, E-mail: [mashiev71@mail.ru](mailto:mashiev71@mail.ru)*

This article discusses the factors influencing road safety. Identification of factors, their classification and determine the degree of influence is of great importance in the prevention of accidents in traffic.

**Keywords:** factors affecting traffic safety, traffic, road safety system "U-AE-S", the interaction of the system "U-AE-S", the security level of traffic, traffic safety of pedestrians.

Ответ на вопрос о причинах дорожно-транспортных происшествий представляет для водителей и других участников дорожного движения особый интерес. Он позволяет установить, почему нарушается взаимодействие факторов в системе «Участник-Автомобиль-Дорога-Среда» («У-А-Д-С»), чем вызваны несчастные случаи на дорогах, и что нужно сделать для того, чтобы не оказаться виновником и жертвой дорожно-транспортных происшествий [6].

Каждое дорожно-транспортное происшествие является результатом нарушения по тем или иным причинам взаимодействия системы «У-А-Д-С», включающей участников (водителей, пешеходов, пассажиров), автомобили, дорогу и погодные условия. В структурной схеме системы можно выделить 12 прямых и обратных связей (АД, ДА, ВА и др.), нарушение нормального функционирования одного из факторов этой системы может привести к дорожному происшествию [2].

Факторов, которые приводят к трагедиям на автодорогах, множество. В результате, исключив один или несколько-ко из них, можно упустить другие, и результат может оказаться таким же отрицательным (плачевным). В дорожном движении есть участники

движения (водители, пешеходы, пассажиры) и иные субъекты, действия которых в той или иной мере влияют на безопасность движения. Помимо непосредственных причин, каждому дорожно-транспортному происшествию сопутствует целый ряд факторов, которые нередко выступают в качестве своего рода катализаторов, ускоряющих возникновение аварий (неблагоприятное развитие событий). Выявление факторов, влияющих на безопасность движения, их систематизация, определение степени влияния имеют очень большое значение. При этом важно, чтобы их связь с происшествием была действительной, а не мнимой. В механизме дорожно-транспортных происшествий необходимо выделение определяющих факторов, которые являются главными. В противном случае будет невозможно выявление их действительной природы, определение места и роли каждого из взаимодействующих компонентов.

Говоря о причинах дорожно-транспортных происшествий, нужно иметь в виду необходимость всестороннего анализа всех факторов.

На уровень безопасности движения существенное влияние оказывает, другая составляющая часть системы, «У» - это пешеход. Согласно статистике, виновность пешеходов в дорожно-транспортных происшествиях достигает 24%. Аварийность, связанная с пешеходами (их недисциплинированностью), имеет тенденцию к росту. Как правило, пострадавшими являются сами виновники (нарушители). Пешеходы составляют самую большую долю пострадавших от общего числа происшествий [4] (в г. Кызыл-Кия 24,0% - 52,3%).

Рассматривая проблему, связанную с безопасностью движения пешеходов, необходимо уделить особое внимание пешеходам - детям. Гибель и ранение человека в результате аварии является трагедией, но острота этой трагедии многократно усиливается, когда жертвой становится маленький человек - ребенок.

Дорожно-транспортные происшествия с участием детей являются проблемой многих городов. Численность детей в возрасте до 14 лет, пострадавших в результате дорожно-транспортных происшествий, в 2011 году возросла на 33,3% по сравнению с 2010 годом (по г. Кызыл-Кия).

Необходимо обратить внимание ещё на одного из участников движения - пассажира. Он так же подвержен гибели или ранению, как водители и пешеходы. В большинстве своем пассажиры являются пассивными участниками, ведь жизнь их в большей степени зависит от действий водителя в опасных дорожно-транспортных ситуациях, и от того, как правильно поведёт себя водитель в той или иной ситуации, зависит жизнь пассажиров.

Наиболее распространенные факторы, влияющие на безопасность движения, относятся к действиям водителей транспортных средств.

Водителей считают полностью ответственными за 82% всех происшествий в ФРГ, 74% в Венгрии, 40% в Италии, 40% в Польше [1]. Современная статистика показывает, что 75-80% дорожно-транспортных происшествий происходит по вине водителей [2].

Важным условием безопасности работы со стороны водителей является их взаимодействие с другими участниками дорожного движения, основанные на их личных качествах (дисциплинированности, соблюдении Правил дорожного движения, культуре управления автотранспортом и уважении к другим участникам).

В последнее время водители во время управления транспортным средством используют мобильные телефоны, держа их в руке и разговаривая по ним, тем самым подвергают опасности других участников движения. К таким же нарушениям, можно отнести и некоторые другие причины: разговор с пассажирами; курение за рулем; еда за рулем; управление электронными устройствами (например, CD-плеером, радио или GPS-навигатором) во время движения; прослушивание музыки.

Исследования показали, что водители, которые во время езды слушают музыку, более склонны к превышению скорости и чаще попадают в дорожно-транспортные происшествия, так как становятся невнимательными.

Весьма своеобразно значение факторов, имеющих отношение к характеристике автотранспортных средств. «А» и автодорог «Д».

Одним из важных показателей, относящихся к автотранспортным средствам, является автомобилизация населения. По оценкам 2011 года, на 1000 жителей города Кызыл-Кия приходилось 76 автомобилей, и этот показатель: каждым годом увеличивается. В развитых странах количество автотранспортных средств в расчете на 1 тысячу жителей к началу 90-х годов прошлого века превышало 400 единиц. По данным Европейской конференции министерства — транспорта, свыше 500 единиц автотранспортных средств приходится на каждую тысячу жителей в США (757 ед.), Японии (547) и Германии (540). Автомобилизация - не единственный фактор, влияющий на безопасность движения. Среди транспортных средств с левым расположением руля в транспортном потоке имеются транспортные средства с правым расположением руля. В дорожно-транспортных происшествиях среди транспортных средств 30% относится к автомобилям с правым расположением руля. Такие машины в большинстве своем эксплуатируются в тех странах (Великобритания, Австралия, Индия и др.), где движение по дороге левостороннее. Они неудобны для эксплуатации в тех странах, где движение правостороннее. В Кыргызстане наблюдается тенденция к увеличению количества дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств с правым расположением руля. В 2010 году оно составило 10,2 %, в 2011 году - 14,6%, в 2012 году за 9 месяцев-18,5%.

Важным фактором, влияющим на обеспечение безопасности движения, является состояние транспортных средств, под которым понимается как совершенство их конструкции, так и техническая исправность. Автомобили и другой транспорт оцениваются с точки зрения безопасности их конструкции.

Процентное соотношение дорожно-транспортных происшествий (общее число вследствие неисправностей автотранспортных средств принято за 100%) из-за отдельных дефектов автотранспорта, % [3]: ходовой части -6,6; тормозной системы - 41,3; приборов освещения - 7,9; рулевого управления -16,4; шин - 12,6; других устройств (зеркала заднего вида, стеклоочистители, дефекты стекла) -1,8.

Что касается факторов, связанных с автодорогой (дорожные условия и оборудование дорог), то они согласно статистике, (хотя фактически значительно чаще) оказывают влияние на 8% происшествий и весьма различны как по степени конкретизации, так и по своему возможному происхождению.

Автомобильные дороги работают с перенапряжением, на многих участках дороги плохо приспособлены к современному автотранспорту, развивающему высокие скорости. Это приводит к большому количеству дорожно-транспортных происшествий. Особенно сложными для движения автомобилей являются горные республики (Кыргызстан, Таджикистан и др.). Сложный горный рельеф местности влияет на безопасность движения, как и нехватка мест для стоянок и безопасной остановки, более крутые уклоны, меньшие радиусы поворота, серпантины, часто повторяющиеся повороты в разных направлениях, меньшая видимость, возможность камнепадов и схода снежных лавин, обрывы, малая протяженность горизонтальных участков и др. Если для автомобильных дорог в пересеченной местности или даже в равнинной характерны относительно короткие (300-500 м) участки с уклонами не более 3...6%, то для горных дорог они могут составлять от 6 до 12%, причем протяженность их может достигать десятки километров [5].

Видимость дороги является одним из важных показателей безопасности движения. Недостаточная видимость на дорогах проявляется, особенно в городах, где дороги проложены в местности с изменчивым рельефом. К ним можно отнести такие малые города республики, как Кок-Янгак, Кызыл-Кия, Сулюкта и другие шахтерские города и населенные пункты, где дороги, проложенные во время СССР, имеют сложившееся положение. Строительные нормы и правила проектирования дорог требуют для современного движения обеспечения соответствующей видимости на дорогах. Естественно, что многие дороги республики этим нормам не удовлетворяют. С недостаточной видимостью связаны столкновения при обгонах в продольном профиле и на кривых в плане.

Состояние дороги, именуемое «скользким покрытием», возможно либо вследствие особенностей асфальтового покрытия, либо в результате природных явлений (снег, гололед, дождь и т.п.). В осенне-весенний период появляется один из врагов водителей - вода на дорогах. Она ухудшает сцепные качества шин с дорожным покрытием, а большие глубокие лужи являются серьезным препятствием при движении с высокими скоростями. Поднимаемые в воздух потоки воды загрязняют стекла автомобилей и ухудшают видимость. Во время проливного дождя возможно возникновение водяного клина - «процесс аквапланирования», снижение коэффициента сцепления.

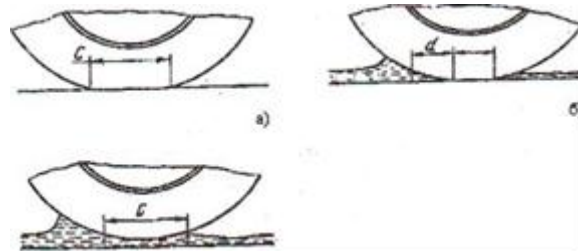


Рис. 1. Взаимодействие колеса с дорогой: а - сухой, б - мокрой, в - мокрой.

Кроме скорости, большое влияние на аквапланирование оказывают тип рисунка и степени износа протектора, а также ровность покрытия дороги [5]. Эффект аквапланирования особенно велик в начале дождя, когда пыль с водой образует скользкую пленку. Постепенно дождь смывает пленку, дорога становится не такой скользкой.

Скользкость дорожных покрытий вызывается чаще всего наличием на них льда или снега, а также грязного слоя и увлажнение дождем". Зима - трудное время для работы транспортных средств из-за низких температур воздуха, обмерзания стекол кабины, затрудняющих работу ряда агрегатов и механизмов, влияющих на безопасность движения, трудностей ориентирования на местности из-за сплошного белого цвета и покрытия предметов ориентирования (дорожных знаков, направляющих столбиков и т.п.) заносами снега, снежной пыли, ограниченной видимости, скользкой проезжей части.

Представляется, что интересы более полного и объективного установления механизма происшествия диктуют необходимость всестороннего изучения всех факторов, влияющих на безопасное движение.

Главной задачей является выявление факторов, влияющих на число пострадавших при аварии. Эти факторы могут носить как случайный, так и систематический характер. Систематические факторы, такие как состояние дорожного полотна или наличие сооружений, могут быть исправлены с целью понижения числа смертей на дорогах. Случайные же факторы могут быть исключены превентивными или регулятивными мерами. К примеру, повышением штрафов за нарушения Правил дорожного движения на сложных участках.



### Литература

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения/В.Ф. Бабков .- Транспорт,1970
2. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения .Учебник для вузов. / В.Ф Бабков. - М.: Транспорт.- 1993
3. Бочаров Е. В. Безопасность дорожного движения: Справочник /Е.В. Бочаров, М. Ю. Заметта, В. С. Волошинов. -М.: Росагропромиздат, 1988
4. Лукьянов В.В. Безопасность дорожного движения / В.В. Лукьянов - М.: Транспорт, 1978
5. Коноплянко В.И. Основы управления автомобилем и безопасность движения / В.И. Коноплянко, С.В. Рыжков, Ю. В. Воробьев /. -М.: ДОСААФ, 1989.
6. Причины ДТП и сопровождающие их факторы (условия). Режим доступа: [www.pravo.vuzlib.net/book\\_z035\\_page\\_7.html](http://www.pravo.vuzlib.net/book_z035_page_7.html)

УДК 621.316.8 – 027.45.001.63

### ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИЛОВОГО РЕЗИСТОРА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ, НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Иманакунова Женишкуль Сартбаевна к.т.н.,доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызста, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [jeniks.73@mail.ru](mailto:jeniks.73@mail.ru)*

Цель статьи – обоснования надежности силовых резисторов усовершенствованной конструкции. Приводится сравнительный анализ конструкций силовых резисторов с точки зрения их надежности и его оценка на этапе проектирования

**Ключевые слова:** Резистивные элементы силовых резисторов (СР), композиционные материалы, схема управления надежностью СР

### ASSESSMENT OF RELIABILITY OF THE POWER RESISTOR OF AN ADVANCED DESIGN, AT A DESIGN STAGE

*Imanakunova Zhenishkul. PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, KSTU named after I. Razzakov, e-mail: [jeniks.73@mail.ru](mailto:jeniks.73@mail.ru)*

The purpose of the article - Comparative analysis of decisions of power resistors from the point of view of their reliability and their assessment of a design stage is provided.

**Keywords:** Resistive elements of the power resistors (PR), composite materials, the scheme of management of reliability of SR

**Введение.** Исторически сложилось так, что первые российские нормативные документы в области количественного вероятностного анализа надежности энергетических установок их систем были разработаны в области ядерных энергетических установок (ЯЭУ).

Дальнейшее развитие методов количественного анализа надежности ЯЭУ показало, что многие исходные положения и основные математические методы обоснования надежности установок, их систем и элементов, используемые в практике ядерной энергетики, в значительной мере годятся и для обычных энергетических установок, их



составных частей и элементов [1]. В данной работе при анализе надежности силовых резисторов (СР) использованы эти методы.

**Цель работы.** Обоснования надежности силовых резисторов усовершенствованной конструкции.

**Метод исследования.** СР находят все более широкое применение в электротехнике и электроэнергетике. Они выполняют ответственные функции защиты, управления и регулирования [2]. Недостатком существующих силовых резисторов является то, что они в силу своих конструктивных особенностей (рис.1а), имеют нерегулируемую величину сопротивления.

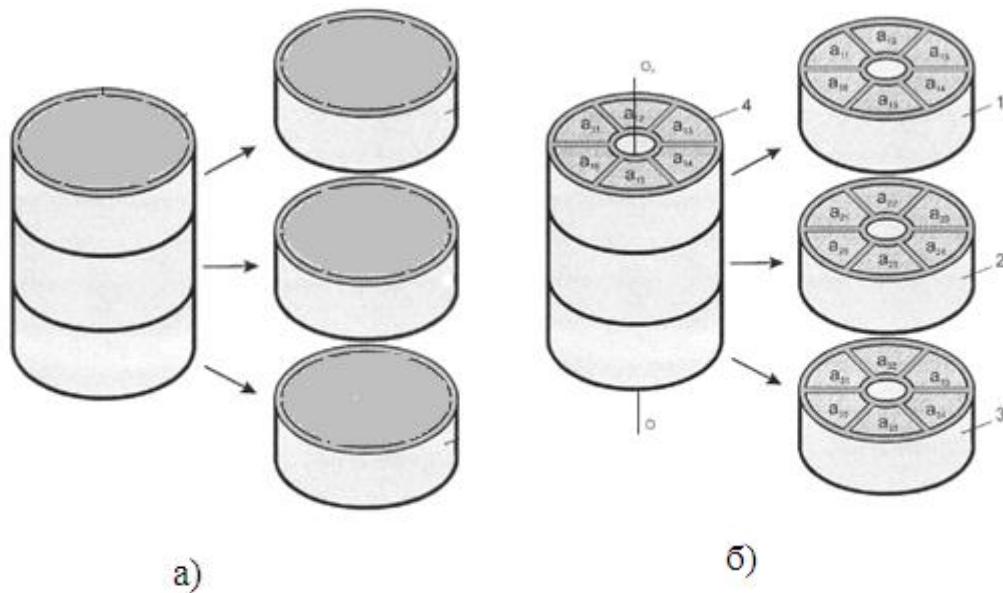


Рис. 1. Резистивные элементы силовых резисторов:  
а) галетный РЭ [2]; б) дисковый РЭ [3]

Предложенная в работе [3] конструкция силового резистора (рис.1 б) позволяет получить устройство с управляемыми значениями электрического сопротивления. Возможность управления связана с многовариантностью расположения активных частей  $a_{ij}$  (4) резистивных дисков (1, 2, 3). Изменение вариантов расположения активных частей  $a_{ij}$ , торцы которых для надежного электрического контакта металлизированы алюминием, реализуется путем вращения дисков вокруг их оси  $OO_1$ . Каждая из активных частей  $a_{ij}$  резистора имеет различное электрическое сопротивление и изготовлены из термо и нагревостойких композиционных материалов, которые заключены также в механически прочную нагревостойкую диэлектрическую оболочку.

Так как, по силовым резисторам рассмотренной конструкции, отсутствуют статистических данных о показателях надежности, мы их можем количественно оценить косвенным способом (заключающиеся в оценке показателей надежности СРУК исходя из его структурной схемы и надежности составляющих ее элементов). Следуя [1] управления надежностью СРУК на этапе проектирования можно представить в виде следующей схемы (рис.2).

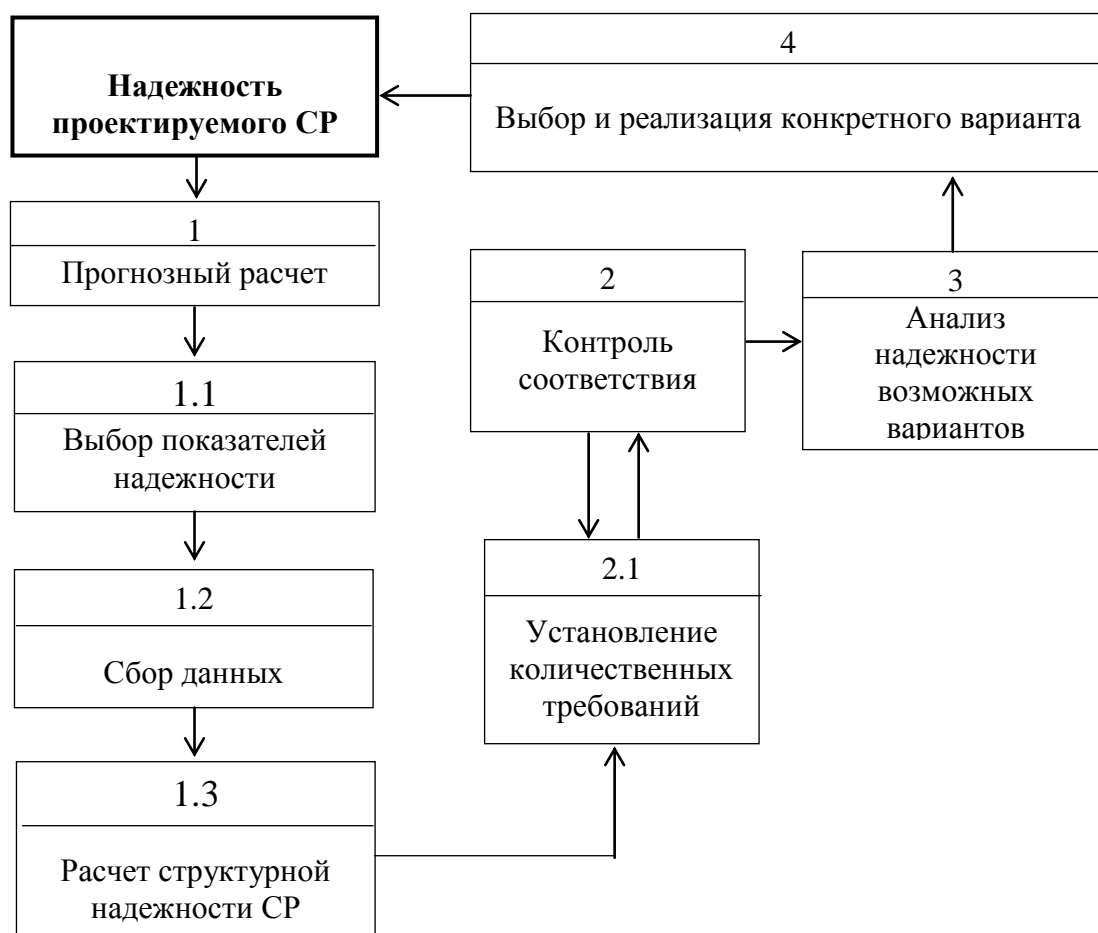


Рис. 2. Схема управления надежностью СР на этапе проектирования

На этапе проектирования звено 1 «оценка» представляет собой выполнения прогнозного расчета надежности СР, при этом в этом звене последовательно выполняются три типа задач: 1.1. Выбор номенклатуры показателей надежности; 1.2. Сбор необходимых для их прогнозной оценки исходных данных, в частности, по надежности составляющих элементов аналогов изделия и его составных частей; 1.3. Оценка надежности в результате структурного количественного анализа надежности СР при заданных показателях надежности составляющих элементов, их функциональных связях, режимах использования.

В звене 2 «контроль» реализуется специальная математическая процедура проверки о соответствии прогнозируемой оценки надежности изделия, предъявляемым количественным требованиям (нормам) с учетом того, что оценка, объективно неточная. Следует, отметить, что перед выполнением этого звена, предварительно решается задача 2.1 сущность которого заключается в установлении нормы, и количественного требования к надежности изделия.

В звене 3 анализируются факторы и пути целенаправленного изменения надежности. В частности, выполняется количественный анализ надёжности возможных вариантов изделия, отличающихся от исходного структурными (например, резервированием) или конструктивными (новые материалы, технология, принципы действия) изменениями. Для этого сначала выявляется и формируется предпочтительный

ряд таких вариантов. Результаты данного звена 3 служат основной исходной информацией для звена 4.

**Результаты обсуждения.** Проведем сравнительный анализ надежности силовых резисторов (рис.1).

Чтобы получить представительную информацию о надежности СР необходимо обследовать достаточно большое их количество за длительный промежуток времени. В реальных условиях это вызывает определенные трудности, поэтому ускоренные испытания на надежность можно осуществить с помощью математического моделирования.

Моделью надежности для совокупности взаимосвязанных элементов, таких как для СР показанной на рис.1а, является простейшая схема с точки зрения теории надежности, когда отказ одного элемента вызывает отказ всей системы, но не изменяет надежность других элементов (рис. 3). Такая структура в теории надежности представляется *последовательным соединением элементов* [4].

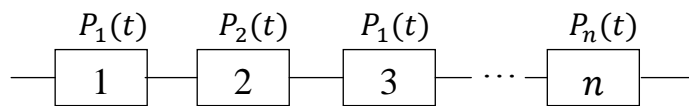


Рис. 3. Структурная схема надежности системы с последовательным соединением элементов

Вероятность безотказной работы такой системы определяется как вероятность безотказной работы всех элементов в течение времени  $t$  [4]:

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t);$$

где  $P_i(t)$  – вероятность безотказной работы  $i$ -го элемента.

Выразив  $P_i(t)$  через параметр потока отказов, получим

$$P(t) = \exp\left[-\int_0^t \omega(x) dx\right] = \prod_{i=1}^n \exp\left[-\int_0^t \omega_i(x) dx\right] = \exp\left[-\sum_{i=1}^n \int_0^t \omega_i(x) dx\right],$$

откуда

$$\omega(t) = \sum_{i=1}^n \omega_i(t).$$

Структурой с *параллельным соединением* [4] элементов (рис. 4) моделируется силовой резистор (рис. 1б) в общем случае из  $n$  элементов, в которой для нормальной работы необходимо  $r$  элементов, а  $(n - r)$  элементов являются резервными.

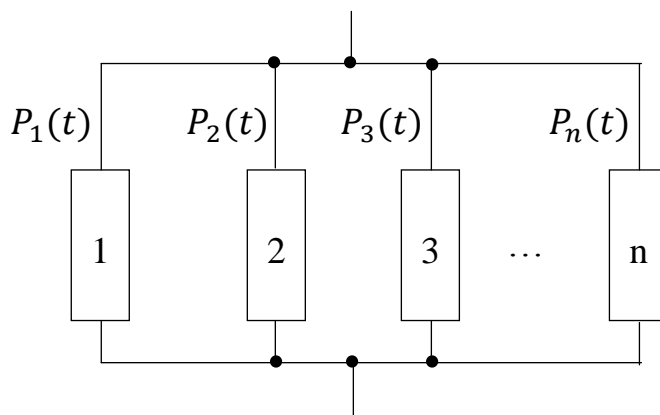


Рис. 4. Структурная схема надежности СР усовершенствованной конструкции

Пока число резервных элементов превышает число отказавших, система работоспособна. Таким образом, условие отказа имеет вид:

$$m - 1 = n - r.$$

Вероятность отказа СР определяется как вероятность совпадения отказов  $m = (n - r + 1)$  элементов в течение расчетного времени.

Если отказы одного элемента независимы от отказов других элементов, то формулы для оценки вероятности безотказной работы или вероятности отказа СР можно получить, сформировав сумму произведений вероятностей  $Q_i(t)$  и  $P_i(t)$  на основе произведения  $n$  биномов  $[P_i(t) + Q_i(t)] = 1$ , [4]:

$$\prod_{i=1}^n [P_i(t) + Q_i(t)] = [P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_n(t)] + [Q_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_n(t)] + \dots + [Q_1(t) \cdot Q_2(t) \cdot \dots \cdot Q_n(t)]$$

Выбрав из этой суммы члены со значением  $Q_i(t) \geq m$ , можно сформировать из них выражение для вероятности отказа. Выбрав же члены со значением  $Q_i(t) < m$ , можно сформировать из них выражение для вероятности безотказной работы силового резистора.

При условии равной надежности элементов получим [4]:

$$Q(t) = \sum_{k=r}^n C_n^k P^{n-k}(t) Q^k(t)$$

$$Q(t) = \sum_{k=r}^n C_n^k P^k(t) Q^{n-k}(t)$$

где  $C_n^k = \frac{n!}{(n-k)!k!}$ .

**Выводы.** Более высокая надежность силового резистора усовершенствованной конструкции будет соблюдаться при условии взаимонезависимости отказов элементов и если при изменении числа находящихся в работе элементов не наблюдается их значительной перегрузки. Таким образом, СР с параллельным соединением элементов является *резервированной системой*, т.е. отказ одного или нескольких элементов не вызывает отказа всей системы. Рассмотренное резервирование является постоянным, так как в работе постоянно находятся все элементы и СР не отказывает до выхода из строя определенного их числа.

### Литература

1. Клемин А. И. Надежность ядерных энергетических установок. Основы расчета / -Клемин М.: Энергоатомиздат, 1987. – 34 с.: ил.
2. Врублевский Л. Е. Силовые резисторы / Л. Е.Врублевский, Ю. Зайцев, А. И. Тихонов –М.: Энергоатомиздат, 1991, – 256 с.: ил.
3. Патент КР № 1030 Силовой резистор с управляемой вольтамперной характеристикой и величиной сопротивления / К.А. Сатаркулов и др. // 2008.
4. Шеметов А.Н. Надежность электроснабжения: учебное пособие для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»./ А.Н. Шеметов. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2006.

УДК 536.7:662.74

### ПРИМЕРЫ НЕТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Энгельшт Владимир Семенович, профессор, д.ф.-м.н., Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР, 720071, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй 265.*

\* *Мураталиева Венера Женишбековна, старший преподаватель, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызста, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [ven.m.j@rambler.ru](mailto:ven.m.j@rambler.ru)*

Проведен термодинамический анализ (программная система TERRA) сжигания кремнезема и углекислого газа с известью, при нормальном давлении. Вычислены компоненты продуктов экзотермических реакций. Определены адиабатическая температура, теплота химической реакции, теплосодержание, баланс энергии.

**Ключевые слова:** термодинамический анализ, адиабатическая температура, теплота химической реакции, теплосодержание, баланс энергии

### EXAMPLES OF ALTERNATIVE ENERGY

*Engel'sht Vladimir Semenovich, Jeenbayev Institute of Physical\_Technological Problems and Materials Science, Chui pr. 265, Bishkek, 720071 Kyrgyz Republic*

\**Muratalieva Venera Zhenishbekovna, Kyrgyz State Technical University, Pr. Mira 66, Bishkek, 720044 Kyrgyz Republic. e\_mail: [ven.m.j@rambler.ru](mailto:ven.m.j@rambler.ru)*

Thermodynamic analysis (software system TERRA) combustion silica and carbon dioxide with lime, at atmospheric pressure. We calculate the components of the exothermic reaction products. Defined adiabatic temperature, heat of chemical reaction enthalpy, the energy balance.

**Keywords:** thermodynamic analysis, the adiabatic temperature, heat of chemical reaction enthalpy, the energy balance.

**Ведение.** Известны многочисленные экзо- и эндотермические реакции. Например, при сжигании водно-графитовой суспензии идет газофазное горение [3]. В другом примере рассмотрены горение кремния в кислороде [4] и горение кремния в азоте [5]. Здесь рассматривается горение кремнезема и углекислого газа в извести, в качестве примеров горения нестандартного топлива.

Цель работы заключается в проведении термодинамического анализа экзотермических реакции сжигания кремнезема и углекислого газа с известью.

**Метод исследования.** Расчет адиабатической температуры и продуктов сгорания проводился по универсальной программе TERRA [4].

Рассмотрим методику расчета химической реакции  $\text{SiO}_2(\text{c})_{\text{исх}} + \alpha \text{CaO}(\text{c})_{\text{исх}}$  при  $\alpha = 0.5$ , (с) – конденсированное состояние. В состав вводится минимальное количество азота  $\text{N}_2 = 10^{-5}\%$ , что необходимо для программы TERRA в присутствии газовой компоненты. Давление  $p = 0.095$  МПа. Исходный состав  $\text{SiO}_2 = 1$  моль,  $\text{CaO} = 0.5$  моля, нормируется в программе TERRA на массу 1 кг и имеет компоненты  $\text{SiO}_2(\text{c})_{\text{исх}} = 11.348$  моль/кг,  $\text{CaO}(\text{c})_{\text{исх}} = 5.674$  моль/кг.

Вычисляем энтальпию образования исходного сырья

$$I_{\text{исх}} = M_{\text{SiO}_2(\text{c})_{\text{исх}}} \cdot \Delta_f h_{\text{SiO}_2(\text{c})}^0 + M_{\text{CaO}(\text{c})_{\text{исх}}} \cdot \Delta_f h_{\text{CaO}(\text{c})}^0,$$

где  $\Delta_f h^0$  – энтальпия образования вещества при стандартных условиях,

$$I_{\text{исх}} = 11.348 \cdot [-910.701] + 5.6738 \cdot [-635.091] = -13938.2 \text{ кДж/кг}$$

Вводим в программу TERRA энтальпию образования, исходные компоненты, давление. Получаем адиабатическую температуру  $T_{\text{ад}} = 820\text{K}$  и продукты реакции  $\text{SiO}_2(\text{c}) = 5.6738$  моль/кг,  $\text{CaSiO}_3(\text{c}) = 5.6738$  моль/кг.

Продукты реакции и результаты анализа приведены в таблице.

Таблица

**Продукты реакции и результаты анализа.**  $\alpha = 0.5$ ,  $I_{\text{исх}} = -13938.2$  кДж/кг,  $T = 820$  К,  $p = 0.095$  Мпа

Вещество	$M$ моль/кг	$\Delta h_{820}$ кДж/моль	$\Delta H = M \cdot \Delta h_{820}$ кДж/кг	$\Delta_f h^0$ кДж/моль	$\Delta_f H^0 = M \cdot \Delta_f h^0$ кДж/кг	$Q_{\text{xp}}$ кДж/кг
$\text{SiO}_2(\text{c})$	5.6738	32.307	183.3	-910.701	-5167.14	-505.3
$\text{CaSiO}_3(\text{c})$	5.6738	56.737	321.9	-1634.940	-9276.32	
$\Sigma$			505.2	-1074.641	-14443.46	

Здесь  $M$  – мольные доли компонентов,  $\Delta h_{820}$  – теплосодержание вещества при температуре  $T = 820\text{K}$ ,  $Q_{\text{xp}}$  – теплота химической реакции,  $\Delta_f H^0$  и  $\Delta H$  – соответствующие величины с учетом мольной доли вещества.

Найдем теплоту химической реакции  $Q_{\text{xp}}$  [1]

$$Q_{\text{xp}} = 5.6738 \Delta_f h_{\text{SiO}_2(\text{c})}^0 + 5.6738 \Delta_f h_{\text{CaSiO}_3(\text{c})}^0 - 11.348 \Delta_f h_{\text{SiO}_2(\text{c})_{\text{исх}}}^0 - 5.6738 \Delta_f h_{\text{CaO}(\text{c})_{\text{исх}}}^0 = -505.3 \text{ кДж/кг}$$

Теплосодержание системы вычисляется по вспомогательной программе TERRA (см таб. 1)  $\Delta H = \sum_i M_i \Delta h_{i(820)} = 505.2$  кДж/кг.

Аналогичные расчеты проводим для химических реакций  $\text{CO}_2 + \alpha \text{CaO}(\text{c})$ .

#### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА РЕАКЦИИ $\text{SiO}_2 + \alpha \text{CaO}$

На рис.1а показаны исходные компоненты  $\text{CaO}(\text{c})_{\text{исх}}$ ,  $\text{SiO}_2(\text{c})_{\text{исх}}$ , продукты реакции  $\text{SiO}_2(\text{c})$ ,  $\text{CaO}(\text{c})$ ,  $\text{CaSiO}_3(\text{c})$ ,  $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7(\text{c})$ , адиабатическая температура  $T_{\text{ад}}$ . На оси абсцисс приведена равномерная шкала  $\text{CaO}(\text{c})_{\text{исх}}$ , и неравномерная шкала избытка окислителя  $\alpha = 0 \div 1.5$ , по оси ординат указано содержание компонентов моль/кг.

Последовательно образуются стехиометрическое стекло ( $\alpha = 0.5$ ,  $T_{\text{ад}} = 820$  К), волластонит ( $\alpha = 1$ ,  $T_{\text{ад}} = 1084$  К), ранкинит ( $\alpha = 1.5$ ,  $T_{\text{ад}} = 1150$  К)

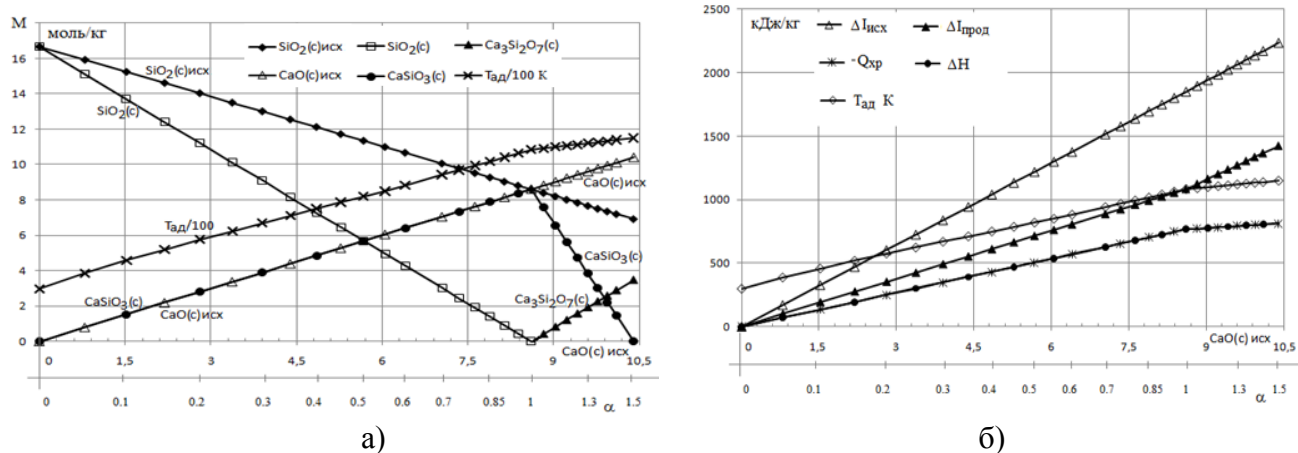


Рис.1. Компоненты и энергии химической реакции  $\text{SiO}_2 + \alpha \text{CaO}$ .  $T_{ад}$  – адиабатическая температура

По мере увеличения  $\alpha$  синхронно возрастают теплота химической реакции  $Q_{хр}$ , теплосодержание  $\Delta H$ , адиабатическая температура  $T_{ад}$ , и достигают максимального значения при  $\alpha = 1.5$ . Теплосодержание системы равно теплоте химической реакции  $\Delta H = |Q_{хр}|$  (рис.1.б).

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА РЕАКЦИИ $\text{CO}_2 + \alpha \text{CaO}$

На рис.2а показаны исходные компоненты  $\text{CaO}(c)_{исх}$ ,  $\text{CO}_2_{исх}$  и продукты реакции  $\text{CaO}(c)$ ,  $\text{CaCO}_3(c)$ ,  $\text{CO}_2$ . На оси абсцисс приведена равномерная шкала  $\text{CaO}(c)_{исх}$ , и неравномерная шкала избытка окислителя  $\alpha = 0 \div 100$ , по оси ординат указано содержание компонентов моль/кг.

При взаимодействии  $\text{CaO}(c)$  с  $\text{CO}_2$  синтезируется  $\text{CaCO}_3(c)$  проявляется экзотермический эффект, выделяется тепловая энергия, увеличивается температура от  $T = 298.15 \text{ K}$  до  $T = 1152 \text{ K}$ .

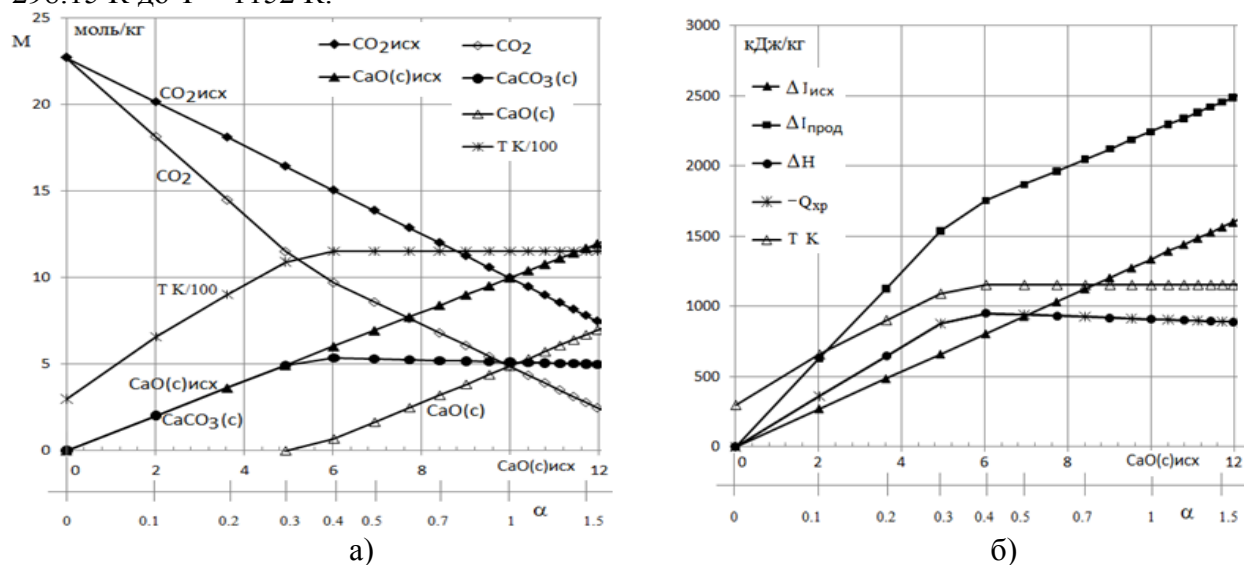
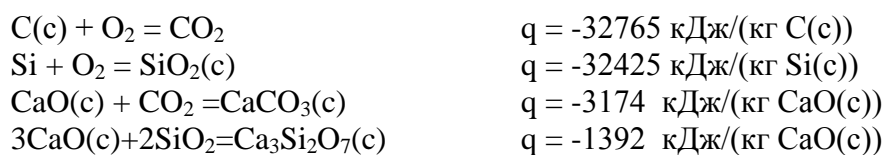


Рис.2. Компоненты и энергии химической реакции  $\text{CO}_2 + \alpha \text{CaO}$ .  $T_{ад}$  – адиабатическая температура

Адиабатическая температура возрастает с увеличением  $\alpha$  и достигает максимального значения  $T = 1152$  К при  $\alpha = 0.3$  и сохраняется постоянной до  $\alpha = 1.5$ . Теплота химической реакции и теплосодержание ведут себя синхронно адиабатической температурой. Теплосодержание системы равно теплоте химической реакции  $\Delta H = |Q_{xp}|$  (рис. 2б).

Теплотворная способность стехиометрической смеси  $\text{CaO}(c)+\text{CO}_2=\text{CaCO}_3(c)$  составляет около 10% от теплотворной способности при сжигании графита или кремния в кислороде.

Теплотворная способность стехиометрической смеси  $3\text{CaO}(c)+2\text{SiO}_2=\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7(c)$  и составляет около 4% от теплотворной способности при сжигании графита или кремния в кислороде.



Сжигание кремнезема и углекислого газа с известью представляет интерес с точки зрения развития энергетики и экологии.

### Выводы

1. При сжигании кремнезема и углекислого газа с известью проявляется экзотермический эффект с выделением тепла и повышением температуры.
2. Адиабатическая температура синтеза стехиометрического стекла составляет  $T_{ад} = 820$  К ( $\alpha=0.5$ ), волластонита  $T_{ад} = 1084$  К ( $\alpha=1$ ), ранкинита  $T_{ад} = 1150$  К ( $\alpha=1.5$ ).
3. Адиабатическая температура синтеза кальцита составляет  $T_{ад} = 1152$  К.
4. Теплотворная способность стехиометрических смесей  $\text{CaO}(c)+\text{CO}_2$  и  $3\text{CaO}(c)+2\text{SiO}_2$  составляет около 10% и 4% от теплотворной способности при сжигании графита в кислороде соответственно.

### Литература

1. Термодинамические свойства индивидуальных веществ. Справочное издание: Т.1. Кн1.-/Гурвич Л.В. и др -М.: Наука,1978
2. Трусов Б.Г. Программная система TERRA для моделирования фазовых и химических равновесий в плазмохимических системах. 3-й международный симпозиум по теоретической и прикладной плазмохимии. Сб. материалов – Т.1. – Иваново, 2002. С. 217-220
3. Энгельшт В.С. Химическая термодинамика парокислородной газификации графита / В.С. Энгельшт, Р.К. Балан // Теплофизика высоких температур. Москва. 2011. Т. 49. №5. С. 1-8.
4. Энгельшт В.С., Балан Р.К. Экзотермический эффект при взаимодействии азота с кремнием. Международный семинар «Проблемы моделирования и развития технологии получения керамики». КРСУ, Бишкек, 2005. - С.53-61
5. Энгельшт В.С.Термодинамический анализ сжигания кремния/ В.С. Энгельшт, Р.К. Балан, Н.М. Антонова // Вестник КНУ им. Ж.Баласагына. Серия 3. Вып.3. Бишкек.2005.С.43-48.



УДК.: 621.7.014.2:62-567.1:539.383

**ДЕФОРМИРОВАНИЕ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОПОРЫ ПРИ СЖАТИИ**

*Аскарбеков Руслан Нуркожоевич, Рабидинова Жылдыз Дабуевна, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [askarbekovu@gmail.com](mailto:askarbekovu@gmail.com)*

Резинометаллический амортизатор - конструкция чередующихся металлических и резиновых слоев, слои устанавливаются перпендикулярно приложенной нагрузке. При сжатии резинометаллического амортизатора, деформируются резиновые элементы (слои). В работе приводится расчет с использованием цилиндрических координат, для определения жесткости в зависимости от нагрузки. Для определения физико-механических показателей резинометаллической опоры (РМО) проведено испытание на сжатие. Учитывая особенности резины как конструкционного материала, требуется четкое представление о механическом поведении, о влиянии параметров резинометаллических деталей на работоспособность, поведение РМО при различных видах нагружения.

**Ключевые слова:** сжатие, деформация, резинометаллическая опора, расчёт, нелинейность, испытание.

**DEFORMATION OF THE RUBBER METAL SHOCK-ABSORBER UNDER COMPRESSION**

*Askarbekov Ruslan Nurkojoevich, Rabidinova Zhyldyz Dabuevna, KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira avenue 66, e-mail: [askarbekovu@gmail.com](mailto:askarbekovu@gmail.com)*

Rubber-metal shock-absorber - construction alternating metal and rubber layers, the layers are set perpendicular to the applied load. When compressing rubber-metal damper, rubber elements (layers) is deformed. This paper contains calculations using the cylindrical coordinates to determine the stiffness of the load. For definition of physics and mechanical indicators the rubber metal shock-absorber test for compression is conducted. Considering features of rubber as constructional material, accurate representation about mechanical behavior, about influence of parameters rubber metal details on working capacity, behavior of the rubber metal the shock-absorber is required at various kinds stressing.

**Keywords:** compression test, deformation, rubber metal shock-absorber, calculation, nonlinearity, experiment.

**Введение**

Сжатие является основным видом деформации, на которую работает большинство резинометаллических деталей. При нагружении, резина сдавливается и выпучивается по краям (рис.1). Металлическая пластина распространяет равномерно всю нагрузку и практически не испытывает сжатие.

Решения этой осесимметричной нелинейной задачи с использованием цилиндрической системы координат  $r, \varphi, z$  ( $0 \leq r \leq a, 0 \leq \varphi \leq 2\pi, -h \leq z \leq h$ ) приведено в [1,2]. В расчетах принималась гипотеза о плоских сечениях для полей перемещений  $u^0$  и  $\omega^0$  соответственно в направлениях  $r$  и  $z$ :

$$u^0 = r \left( -1 + \frac{1}{\sqrt{f'}} \right); \quad \omega^0 = -z + f(z); \quad f' = \frac{\partial f}{\partial z}; \quad (1)$$

функция  $f(z)$ , удовлетворяющая граничным условиям и условиям симметрии

$$f'(\pm h) = 1; \quad f(\pm h) = \pm \lambda h; \quad f(0) = 0; \quad \lambda = 1 - \frac{\Delta}{2h}, \quad (2)$$

определена в виде

$$f(z) = \frac{h}{\beta} \cos^2 \beta \operatorname{tg} y; \quad y = \beta \frac{z}{h}. \quad (3)$$



Рис. 1. Образец до испытания. Сжатие резинометаллического образца.



Рис. 2. РМО – вид сверху. Испытательная машина УМ-100

В указанном решении скалярной функции давления  $p^0(r, z)$  соответствует выражение

$$p^0 = B - \frac{f'^2}{2} + \frac{r^2}{h^2} \frac{\beta^2}{2} \frac{1}{f'^2}, \quad (4)$$

где

$$B = \frac{3}{16} \cos^4 \beta - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} \ln^{-1} \frac{1 + \sin \beta}{1 - \sin \beta} \left( 2 - \frac{\cos^2 \beta}{4} - \frac{3}{8} \cos^4 \beta + \beta^2 \frac{a^2}{h^2} \right), \quad (5)$$

а параметр  $\beta$  связан с осадкой амортизатора  $\Delta$  через степень сжатия

$$\lambda = 1 - \frac{\Delta}{2h}$$

зависимостью

$$\lambda = \frac{\sin 2\beta}{2\beta}. \quad (6)$$

Поскольку в (4) постоянная  $B$ , указанная в (5), определялась из смягченного статического краевого условия  $\int_{-a}^a t_{rr} r \Big|_{r=a} dz = 0$ , решение в форме (1) — (6) носит приближенный характер. Из условия равновесия сжимающей силы  $P_z$  и напряжений на торцах  $z = \pm h$  резинового элемента

$${}^{(1)}P_z = -2\pi \int_0^a t_{zz} \Big|_{z=\pm h} r dr = -2\pi \int_0^a G \left( f' + \frac{P^0}{f'} \right) \Big|_{z=\pm h} r dr$$

находим зависимость для расчета нелинейной диаграммы сжатия нового элемента цилиндрического амортизатора

$${}^{(1)}P_z = FG \left[ \frac{\operatorname{tg} \beta}{\beta} \ln \frac{1 + \sin \beta}{1 - \sin \beta} \left( 2 - \frac{\cos^2 \beta}{4} - \frac{3}{8} \cos^4 \beta \right) - \frac{1}{2} - \frac{3}{16} \cos^4 \beta + \beta^2 \frac{a^2}{h^2} \left( \frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} \ln \frac{1 + \sin \beta}{1 - \sin \beta} - \frac{1}{4} \right) \right]. \quad (7)$$

С учетом (6) линейная зависимость, вытекающая из (7), при  $\beta = 0$  приобретает вид

$$\begin{aligned} P_z^{\lambda} &= \lim_{\beta \rightarrow 0} {}^{(1)}P_z = FG \frac{\Delta}{2h} \left( 3 + \frac{3}{8} \frac{a^2}{h^2} \right) = \\ &= 3FG \frac{\Delta}{H} \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{a^2}{H^2} \right); \quad H = 2h. \end{aligned} \quad (8)$$

На основе линейной зависимости (8) представляется возможным получить по модели дельта-метода соответствующую линеаризованную и далее нелинейную зависимости для оценки жесткости при сжатии резинового элемента без подробных вычислений. Заменяв  $H$  на  $H\lambda$  и  $\frac{\Delta}{H}$  на  $\left( -\frac{d\Delta}{H} \right)$  в (8), получим линеаризованную зависимость:

$$d({}^{(3)}P_z) = -3FG \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2} \frac{a^2}{H^2} \frac{1}{\lambda^3} \right) d\lambda,$$

Интегрированием, которой по параметру нагружения и определяем зависимость для расчетов нелинейной диаграммы сжатия резинового элемента цилиндрического амортизатора

$$\begin{aligned}
{}^{(3)}P_z &= -3FG \int_1^\lambda \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2} \frac{a^2}{H^2} \frac{1}{\lambda^3} \right) d\lambda = \\
&= 3FG \left[ -\ln \lambda + \frac{1}{4} \frac{a^2}{H^2} (\lambda^{-2} - 1) \right].
\end{aligned} \tag{9}$$

Зависимость (9) соответствует расчетным, и особенно эмпирическим, зависимостям других работ [3, 4, 5, 6], чем аналогичная зависимость (7) для неогукковского материала.

### Материалы и методы

В лаборатории кафедры «Механика» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова проведено испытание на сжатие резинометаллического образца (РМО). РМО изготовлен из резины марки СНК МБС – 3826 и стальных пластин марки 45, в резиновом цехе ОсОО «БАРЗ» высотой - 0,1м и диаметром – 0,105м (рис.2).

В специально изготовленной металлической пресс-форме под нагрузкой сварены слой резины и 2 металлические пластины толщиной 0,004 м.

Многочисленные опыты показали, что механические свойства деталей могут существенно отличаться от механических свойств резины, из которой они изготовлены. Причина подобного различия является так называемый фактор формы. Особенно сильно это влияние при деформации сжатия.

Влияние соотношения размеров на модуль упругости детали  $E_y$  оценивается фактором формы. Для цилиндрической детали фактором формы равен:

$$\hat{O} = \frac{\pi D^2}{4\pi D h} = \frac{D}{4h} \tag{10}$$

$D$  – Диаметр цилиндрической детали;  $h$  – высота детали

Влияние фактора формы проявляется так же при сдвиговых деформациях. Условный модуль сдвига  $G_y$  в этом случае может быть найден по формуле:

$$G_y = G / \left( 1 + \frac{1}{36\hat{O}^2} \right) \tag{11}$$

где  $G$  - модуль сдвига материала резины;  $\Phi$  - фактор формы

Жесткость образца определяется из закона Гука:

$$\tilde{N} = \frac{GF}{h} \tag{12}$$

где  $G$  – модуль сдвига;  $F$  - площадь поперечного сечения по плоскости сдвига;  $h$  – высота резинового элемента.

Модуль упругости и сдвига РМО определяется по формуле:

$$E = \sigma / \varepsilon, \quad E = 6G \tag{13}$$

### Результаты и обсуждение

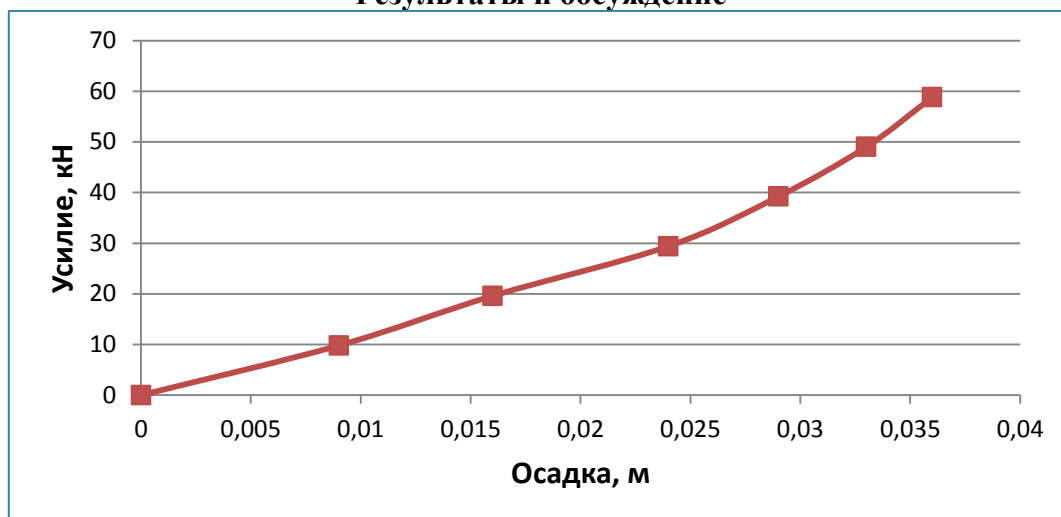


Рис. 3. Показания приборов в лаборатории кафедры «Механика».

При проведенном испытании для данного вида РМО по приведенным формулам определены следующие важные физико-механические параметры:

$$E=4380 \text{ кН/м}^2; \Phi=0,2625; C=63,3 \text{ кН/м}; G=730 \text{ кН/м}^2.$$

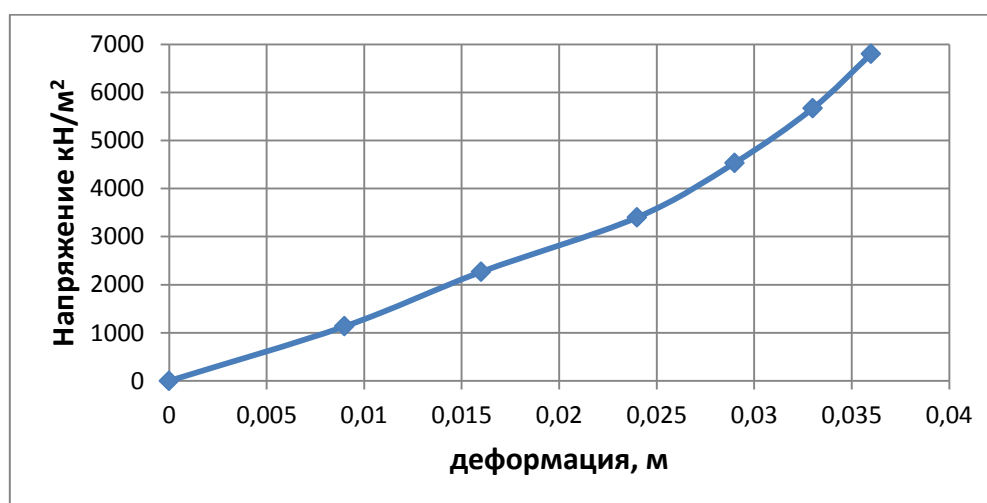


Рис. 4. График нагрузений и деформаций РМО в ходе эксперимента.

### Заключение

Полученные данные от проведенного эксперимента показывают, что диаграмма напряжение-деформация резинометаллического амортизатора существенно отличается от таких же диаграмм для стали и резины. Модуль упругости РМО при малых деформациях такая же, как у резины, так как в процессе деформирования РМО деформируется только резиновый слой.

### Литература

1. Дымников С.И. Влияние сжатия на сдвиговую жесткость резиновых амортизаторов / С.И. Дымников // Вопр. динамики и прочности. — 1976. — Вып. 32.— С. 88 — 95.
2. Дымников С.И. Прикладные методы расчета изделий из высокоэластичных материалов / С.И. Дымников — Рига: Зинатне, 1980. — 238 с.

3. Бидерман В.Л. Расчет цилиндрических и прямоугольных длинных резиновых амортизаторов сжатия / В.Л. Бидерман, Н.А. Сухова // Расчеты на прочность. 1978 — Вып. 13. — С. 55 — 72.

4. Бидерман В.Л. Определение сдвиговой жесткости сжатых резиновых амортизаторов / В.Л. Бидерман, Н.А. Сухова // Известия вузов. Машиностроение. — 1966. — № 4 — С. 52 — 58.

5. Лукомская А.И. Основы прогнозирования механического поведения каучуков и резин / А.И. Лукомская, В.Ф., Евстратов М.: Химия. 1975. — 360 с.

6. Payne A. R. Shape factors and functions in rubber engineering // Engineering. — 1959. — Vol. 207, N 5379. — P. 51—59.

УДК: 684.784.8:621.3.04:621.3.083.72

### ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ МЕТОДОМ УДАРНОГО ИМПУЛЬСА

*Калматов Улукбек Абдукалыкович, преподаватель, аспирант кафедры «Электроэнергетика», КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: ukalmatov@bk.ru*

Ниже рассматривается метод диагностики с воздействием на объект обследования ударным импульсом. Область применения метода — диагностика энергетического оборудования, преимущественно масляных силовых трансформаторов. Метод решает задачу оценки сохранности прессовок обмоток и магнитопровода и нарушений геометрии обмоток.

**Ключевые слова:** Диагностика, силовые трансформаторы, метод ударного импульса, частоты, Осциллографы, вибропроцессоры, математические модели, методики регистрации, цифровые анализы и т.д.

### DIAGNOSING OF ELECTRIC DEVICES BY METHOD OF THE SHOCK IMPULSE

*Kalimatov Ulukbek Abdykalykovich, teacher, graduate student of Elektroenergetika department, Kyrgyz state technical university of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek*

Below diagnostics method with impact on object of inspection by a shock impulse is considered. A method scope — a diagnostika of the power equipment, mainly oil power transformers. A method the obkmotok and a magnetic conductor and violations of geometry of windings solves a problem of an assessment of safety of pressings.

**Keywords:** Diagnostics, power transformers, method of a shock impulse, frequency, Oscillographs, vibroprocessors, mathematical models, registration techniques, digital analyses, etc.

Диагностика трансформаторов стала быстро растущим направлением развития трансформаторо - строения. Любые эксплуатационные мероприятия, ремонты и обновление оборудования проводятся только с учетом его фактического технического состояния. Для контроля технического состояния используются разнообразные виды диагностики.

Ниже рассматривается метод диагностики с воздействием на объект обследования ударным импульсом. Область применения метода — диагностика энергетического оборудования, преимущественно масляных силовых трансформаторов. Метод решает задачу оценки сохранности прессовок обмоток и магнитопровода и нарушений геометрии обмоток.

В методе используется способ испытания электрического аппарата который заключается в том, что воздействуют на конструкцию электрического аппарата с обмотками посредством ударного устройства и регистрируют вибрационный сигнал отклика конструкции аппарата. В качестве вибрационного сигнала отклика используют электрическое напряжение на выводах обмоток. Практическое применение метод нашел в варианте, включающем использование в качестве инструмента извлечения диагностической информации спектральных характеристик сигнала, а именно спектра плотности мощности (СПМ).

Метод ударного импульса может быть отнесен к группе так называемых «спектральных» методов оценки механического состояния обмоток трансформаторов. К «спектральным» относятся метод низковольтных импульсов, метод Frequency Response Analysis (FRA) и другие.

- Методы, относящиеся к данной группе, по мере накопления экспериментальных данных совершенствуются, в том числе с привлечением уточненных расчетных моделей.
- На практике из всех возможных способов контроля выбирают простейший, и лишь для более тщательной проверки, уточнения места и характера дефекта при необходимости применяют более сложные способы.
- Во всех случаях принимаются меры по сведению сложного способа к разрешимой процедуре, экономичной в отношении затрат времени и немеханизированного труда.

Необходимая математическая модель — теория параметрической идентификации в вибрационном эксперименте — к этому времени существовала, в том числе с привлечением модального анализа.

Значительные трудности, стоящие на пути решение в явном виде (которое предполагает построение и обращение оператора), вынуждают использовать компромиссные подходы. Был избран путь расширения анализа экспериментальных данных на базе использования специализированного измерительного комплекса.

Аппаратная часть комплекса включает:

- персональный компьютер;
- плату сбора данных типа L-1221 фирмы «G-Card» (Москва);
- ударное устройство (представляет собой динамометрический молоток);
- виброакселерометры;
- согласующий и коммутирующий блок с комплектом проводов (обеспечивают подачу сигналов на входы платы сбора данных).

Измерительный комплекс имеет восемь дифференциальных каналов регистрации. Разрядность оцифровки — 16 бит. Частота оцифровки от 1,5 Гц до 55930 Гц. Диапазоны входного сигнала — в пределах от 0,04 В до 126 В. По совокупности характеристик комплекс представляет собой полноценный цифровой регистратор динамических параметров с функциями современного цифрового анализатора динамических сигналов.

Методика регистрации предусматривает проведение экспериментов с возбуждением вибраций посредством удара молотком. Удары наносятся по фланцу разъема бака в ряде точек. Типовая методика предусматривает до 8-и точек с равным шагом по периметру. Ряд «Экспериментов» составляют «Опыт». Опыты различаются схемой подключения источников сигнала к каналам регистрации (обычно схем не более

двух для случая трехобмоточного трехфазного трансформатора). Такие опыты образуют «Серию». Опыты в каждой серии могут различаться направлением удара:

- в горизонтальной плоскости по нормали к фланцу;
- в вертикальном направлении сверху вниз (допускается наносить удар по головке одного из стягивающих фланцы болтов);
- в вертикальном направлении по полу в некотором удалении от опор трансформатора (может применяться при отсутствии доступа к баку, например, из-за навесных узлов и деталей).

Управление платой обеспечивает программа «Регистратор» (разработана в коде Turbo-Pascal). Частота оцифровки в типовых обследованиях устанавливается равной 13980 Гц, В типовых обследованиях она устанавливается равной 0,5 сек, что превышает длительность затухания вибропроцессов в объекте. Запуск регистрации — автоматический в момент нанесения ударного импульса. Зарегистрированные данные включают «предысторию» — участок временного ряда, предшествующий удару. Программирование последующей обработки и анализа собрание данных выполняется средствами математического пакета MathCad.

Для вынесения диагностического заключения существует ряд средств. Простейшее из них — оценка временных процессов «на слух» (посредством воспроизведения их звуковоспроизводящим устройством). Известно, что человеческий слух способен улавливать особенности процессов, недоступных техническим средствам анализа (или во всяком случае конкурирует с ними). Недостатки такого анализа также известны (это проблемы с документированием, присутствие субъективного фактора).

Удобным вариантом оперативного анализа является визуальная оценка графиков временных процессов. Пример графиков, полученных после первичной обработки экспериментальных данных, приведен на **рис. 1**. Здесь и далее графики относятся к обследованиям трансформаторов класса напряжения 220 кВ. Все процессы нормированы. Нормирующий коэффициент для каждого процесса -его экстремум (представлен одним из компонентов вектора  $MiMax$  — см. **рис. 1**).

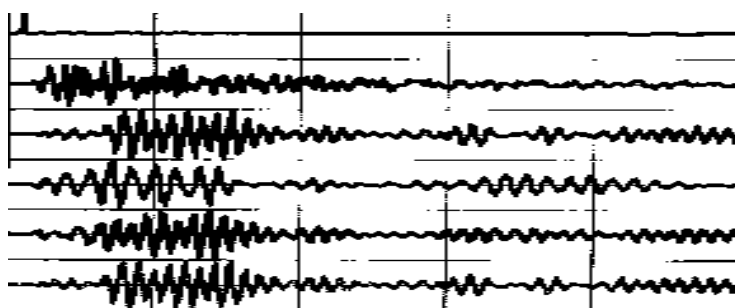


Рис. 1. Осциллограммы нормированных процессов

Преобладание в сигнале периодической составляющей с характерной пульсацией амплитуды, как на представленном рисунке, позволяет непосредственно из графика оценить две частоты собственных электрических колебаний. Указанные частоты — диагностический признак.

Однако в большинстве случаев более уместным (а часто единственно возможным) оказывается компьютерный анализ данных. Удобным средством такого анализа оказалось использование спектра плотности мощности (СПМ) на основе модели авторегрессии скользящего среднего (АРСС).



Вынесение диагностического заключения при этом основывается на оценках частоты максимума спектра (точнее — отклонения данного параметра от эталонных значений). Иногда используется координата центра тяжести фигуры, представленной графиком СПМ.

Указанный алгоритм до сих пор остается в основе известных нам случаев применения способа диагностирования ударным импульсом. Пример используемых графиков представлен на **рис. 2**. Здесь графики построены по экспериментальным данным: вибрации в одной точке на баке (график выделен красным цветом) и ЭДС на вводах (остальные графики).

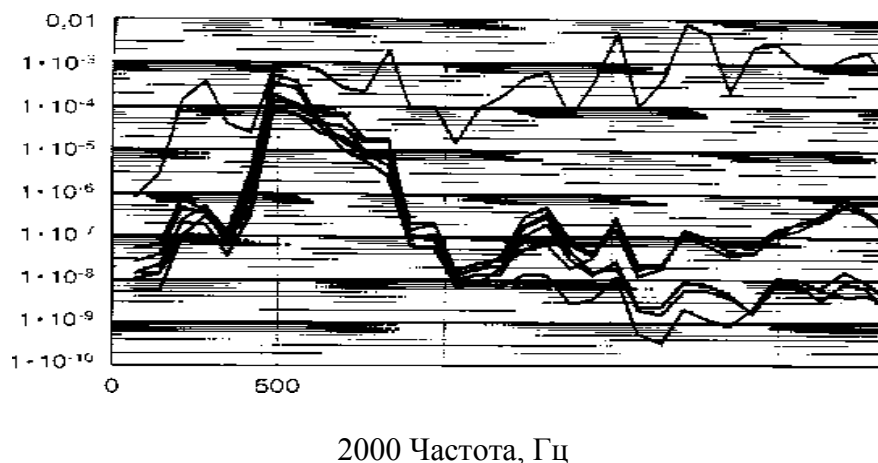


Рис. 2. Спектры плотности мощности трансформатора

Сходным по методике истолкования результатов оказывается построение амплитудных спектров Фурье. Практика построения таких графиков на комплексной плоскости свидетельствует, что спектры вибраций и электрического сигнала имеют множество максимумов и фазовых переходов. По данному признаку трансформатор может быть отнесен к классу сложных колебательных систем. В отличие от простых колебательных систем, для описания свойств которых достаточно одной или нескольких форм собственных колебаний с соответствующими характеристиками (частоты, затухания и др.), сложная колебательная система обладает множеством форм собственных колебаний. Как свидетельствуют результаты обследований, количество их в исследуемом диапазоне частот может достигать многих десятков.

Критическое рассмотрение картины колебаний сложной механической системы приводит к выводу, что оценки, основанные на классической теории колебаний, для области высоких частот оказываются иллюзорными, вне всякой связи с погрешностями методики. Причиной этого являются вариации распределения масс и жесткостей в различных экземплярах идентичных трансформаторов. Возможны также неконтролируемые изменения условий взаимодействия вибрирующего трансформатора с опорами, факторы «старения» материалов и другое. Все это приводит к смещению пучностей и узлов форм собственных колебаний, весьма существенно сказывающихся на высоких частотах, где «шаг» формы (расстояние между смежными узлами и пучностями) относительно мал. В «урезанном» варианте данного подхода уместно использовать статистические оценки собственных колебаний, в частности, плотность спектра собственных частот (ПССЧ). На **рис. 3** приведен пример графиков, построенных на основе процедуры, вычисляющей количество форм собственных колебаний как функцию частоты.

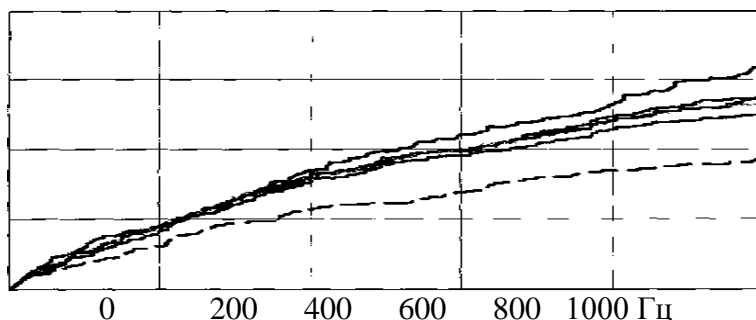


Рис.3. Графики подсчета количества форм собственных колебаний

ПССЧ зависит от размеров объекта. Из простых соображений следует, что для геометрически подобных конструкций ПССЧ обратно пропорциональна корню квадратному от массы объекта. При конструировании трансформаторов, различающихся размерами, геометрическое подобие не сохраняется. Тем не менее, зависимость ПССЧ от массы для аналогов существует и может быть установлена в том числе экспериментально.

В диагностировании согласно привлекается информация по аналогичному трансформатору, пересчитываемая с учетом различий в массе активных частей. Более целесообразным представляется установление зависимости для непосредственного пересчета ПССЧ в частоту максимума СПМ, соответствующую номинальному уровню прессонок исследуемого трансформатора. Данное обстоятельство позволит использовать ПССЧ как критерий подобия в тех случаях, когда отсутствуют данные по идентичному трансформатору.

Графики ПССЧ могут найти и другое полезное применение в задачах диагностики. Из представленного рисунка видно, что графики, принадлежащие различным обмоткам, расходятся незначительно. Наличие заметных расхождений следует рассматривать как диагностический признак. Принадлежность графика с «отклонением» определенному выводу указывает на локализацию дефекта.

Расхождение графика, принадлежащего измерениям вибраций (на рисунке представлен пунктирной линией), относительно графиков, относящихся к электрическим сигналам с выводов обмоток, указывает на слабую связанность двух механических систем, одна из которых представляет активную часть трансформатора, а вторая — бак с навесными узлами и деталями. Закрепление активной части в баке и исполнение опорных конструкций трансформатора в данном случае можно признать удачным, поскольку должно снизить уровни вибраций и шума. В общем случае столь явного отличия ПССЧ не наблюдается, однако и тогда аппарат исследования множества собственных форм (с оценкой амплитуд) позволяет оценить «связанность» и указать возможные меры по снижению вибраций. Из числа доступных мероприятий известны усиление стенок бака элементами жесткости, наварка массивных грузов.

На рис. 1 обращает на себя внимание близкое подобие сигналов, принадлежащих обмоткам одной фазы. Действительно, после нормирования процессов (например, по среднеквадратическому значению) и вычисления разности. А упомянутых нормированных сигналов можно убедиться, что разностный сигнал не превышает по амплитуде 1-2% исходного сигнала (рис. 4).

## Разности

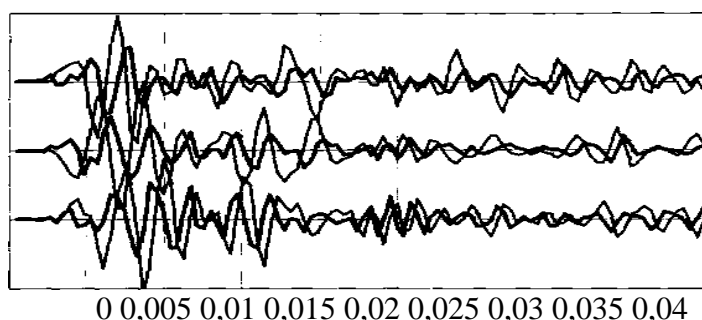


Рис. 4. Нормированные сигналы для трех фаз и относящиеся к ним разности разности представлены в масштабе 30 %.

Одновременно в согласии с предположением о замыкании магнитного поля преимущественно по металлу стержней сумма сигналов ( $X$ ) с трех фаз (одной из ступеней — высокого, среднего или низкого напряжения) относительно мала. Для исправного трансформатора суммарный сигнал (как свидетельствуют результаты многочисленных обследований) не превосходит по амплитуде 10% от сигнала каждой из фаз.

К настоящему времени метод диагностирования ударным импульсом использует следующие критерии для выявления дефектов.

1. Критерии диагностирования по изменению частоты максимума спектра СПМ. Данный вариант метода допускает модификацию, отличающуюся использованием в качестве критерия подобия (в случаях отсутствия в базе данных близкого аналога) вместо массы трансформатора плотности спектра собственных частот, определяемой непосредственно в эксперименте.

2. Критерии диагностирования по вариациям нормированного процесса в пределах обмоток одной фазы («разностный» сигнал  $D$ ).

3. Критерии диагностирования по сумме (2) сигналов с трех фаз ВН, СН или НН (раздельно для каждой ступени напряжения).

4. Критерии диагностирования по коэффициенту корреляции Пирсона сигналов  $D$  и  $I$  (разности сигналов и суммарного сигнала) относительно сигналов с различных выводов.

### Выводы:

1. Нашедший применение в отрасли вариант метода дополнен новыми средствами. В дополнение к диагностированию по оценке частот максимума спектра плотности мощности (СПМ) в методику включены:

- процедуры оценки плотности спектра собственных частот (ПССЧ);
- процедуры оценки комплексных и амплитудных спектров Фурье;
- вычисление коэффициентов корреляции и автокорреляционных и взаимно корреляционных функций.

2. Указанные процедуры применяются:

- к зарегистрированным временным рядам;
- к временным рядам, представляющим сумму сигналов с трех фаз одной из ступеней (высокого, среднего или низкого) напряжения;

3. Собрана база данных для исправного состояния ряда типоразмеров. Сформулированы предварительные оценки для критериев диагностирования места расположения и уровня

опасности дефектов. Опыт применения в условиях производства подтверждает информативность методики и экономичность ее в отношении трудозатрат.

#### Литература

1. Объем и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97.
2. Хренников А.Ю., Щербаков В.В., Языков С.А. Тепловизионный контроль как средство для обнаружения дефектов высоковольтного электрооборудования / А.Ю Хренников., В.В. Щербаков, С.А. Языков //Контроль. Диагностика.- 2006.- №11.
3. Хренников А.Ю. Некоторые вопросы применения отдельных методов диагностики и примеры повреждаемости высоковольтного электрооборудования подстанций / А.Ю. Хренников //Новое в российской энергетике.- 2006.- № 7.

УДК.:656.614.2(1-28)(100)(575.2)

### АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ МЕЖДУГОРОДНЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОБУСНЫХ ПЕРЕВОЗОК В КЫРГЫЗСТАНЕ

*Бопушев Ринат Токтосунович, преподаватель КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: rin.tok@mail.ru*

Приведен анализ перевозки пассажиров автобусами в Кыргызстане по междугородным и международным маршрутам изучены вопросы, связанные с определением количеством перевозимых пассажиров, сумма реализация билетов и количество рейсов, даны рекомендации по использованию при перевозке пассажиров автобусов большой пассажироместимости.

**Ключевые слова:** перевозка, пассажир, междугород, международ, пассажиропоток, маршрут

### ANALYSIS OF A CONDITION LONG-DISTANCE AND INTERNATIONAL BUS TRANSPORTATIONS IN KYRGYZSTAN

*Bopushev Rinat Toktosunovich, teacher, Kyrgyzstan,720044, c. Bishkek, KSTU named after I. Razzakov e-mail: rin.tok@mail.ru*

The analysis of transportation of passengers by buses is provided in Kyrgyzstan on long-distance and the international routes, studied the questions connected after definition of number of transported passengers, the sum implementation of tickets and number of flights, recommendations about use in transit passengers by buses big passenger capacity.

**Keywords:** transportation, passenger, long-distance, international, passengerstream, route

В настоящее время пассажирские автобусные перевозки осуществляет перевозку в пределах городов, пригородов, есть междугородное и в международное сообщение благодаря в основном общественному транспорту. Причем автомобильный транспорт играет существенную роль, если не сказать основную, в удовлетворении спроса на перевозки пассажиров. Перевозки с минимальными транспортными затратами является основной задачей, стоящей перед службой эксплуатации пассажирского автотранспортного предприятия.

Поэтому перед перевозчиками встает проблема выбора подвижного состава, в наибольшей степени удовлетворяющего требованиям потребителей Кыргызстана. Ее решение - сложная многовариантная задача, так как до сих пор не разработана концепция, то есть не сложилось четкое понимание того, какой автобус нам нужен, исходя из особенностей условий эксплуатации. В регионах нашей страны автобусные перевозки пассажиров занимают ведущее положение среди других видов общественного транспорта. Только, пожалуй, в Бишкеке объем выполняемых автобусами перевозок несколько уступает другому наземному транспорту – маршрутным такси. Но и здесь удельный вес автобусных перевозок пассажиров растет, а маршрутных такси- постепенно падает. Развитие автобусного движения в нашей стране происходит в условиях ожесточенной конкурентной борьбы за пассажиров с другими видами транспорта – троллейбусом, маршрутным такси, железными дорогами, воздушным транспортом и конечно легковыми автомобилями. И если автобусные перевозки успешно выдерживают конкурентную борьбу, то это объясняется, во первых, теми преимуществами, которые имеет автобусный транспорт по сравнению с другими видами общественных перевозок, а во-вторых, техническим прогрессом новыми формами эксплуатации подвижного состава и организацией труда на автобусных перевозках.

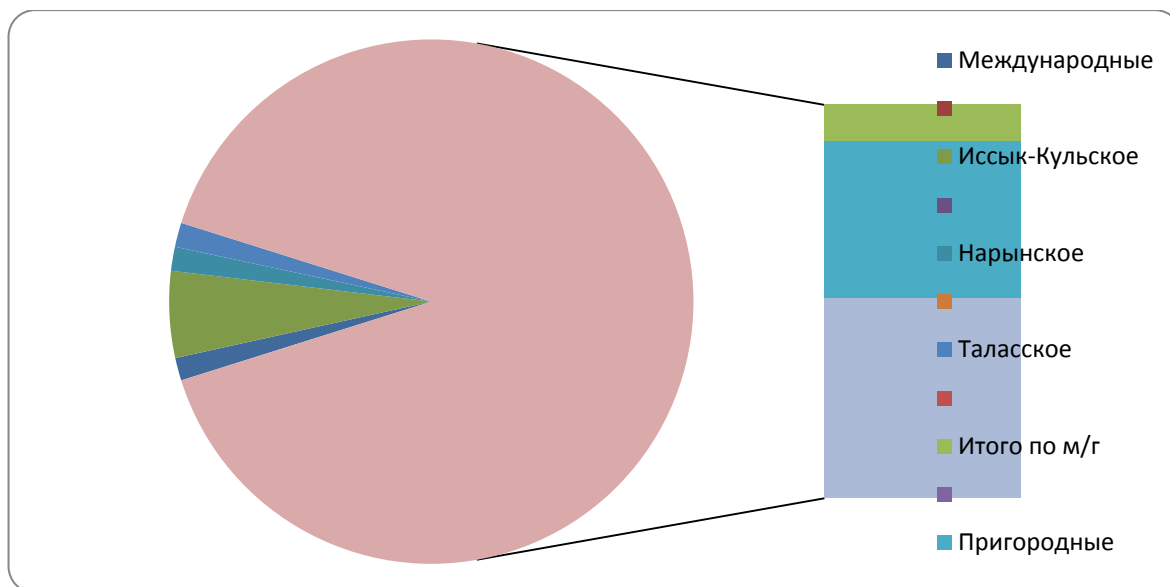
Качество пассажироперевозок оценивают регулярностью движения автобусов, величиной маршрутного интервала, наполнением автобусов, затратами времени населения в поездках, скоростью сообщения и комфортабельностью транспортного обслуживания правда рост качества приводит к росту себестоимости перевозок. Качество перевозок предлагается оценивать по расходу времени (времени подхода пассажира к остановочному пункту, ожидания посадки и следования от остановочного пункта к цели поездки) [3].

Выбор автобуса для перевозки пассажиров на междугородном автобусном маршруте определяется дорожными условиями и протяженностью маршрута, мощностью пассажиропотока, условиями и удобствами проезда пассажиров, методами организации труда водителей экономической эффективностью и рентабельностью эксплуатации автобусов.

Нами был проведен анализ междугородных и международных перевозок пассажиров, осуществляемых автомобильным транспортом в за один месяца 2012 года

#### Анализ перевозки пассажиров по направлениям за месяц 2012 год.

№ п/п	Направление	с 01.01 – 31.01.2011 г.г.			с 01.01 – 31.01.2012 г.			Разница суммы реализ. относител. прош.года
		Кол. рейс.	Кол. пасс.	Сумма реализ.	Кол. рейс.	Кол. пасс.	Сумма реализ.	
1	Международные	164	2633	3482420	145	2611	3248365	-234055 0,93 %
2	Иссык-Кульское	624	5490	990526	671	5900	1121711	+131185 113,5 %
3	Нарынское	173	3678	984048	173	3634	1032938	+48890 105,0 %
4	Таласское	175	2267	467760	162	2114	473200	+5440 101,2 %
	<b>Итого по м/г</b>	<b>970</b>	<b>11403</b>	<b>2442334</b>	<b>1006</b>	<b>11648</b>	<b>2627849</b>	<b>+185515</b> <b>107,6 %</b>
5	Пригородные	4227	25435	721057	9518	41721	1173752	+452695 162,8 %
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>5361</b>	<b>39471</b>	<b>6645811</b>	<b>10669</b>	<b>55980</b>	<b>7049966</b>	<b>+404155</b> <b>106,1 %</b>



**Выводы:** Проведенный нами анализ показывает, что производительность автобуса является основным обобщающим показателем эффективности использования подвижного состава. Проанализировав производительность перевозки пассажиров можно сделать вывод, что на нее прямо пропорционально влияют вместимость подвижного состава, коэффициент сменности пассажиров, а обратно пропорционально – рейса. Как показал анализ технологии перевозок пассажиров автобусами в городе Бишкек среднечасовая наполняемость автобусов низкая, следовательно, для повышения производительности необходимо увеличивать коэффициент использования вместимости путем рациональной организации движения автобусов на маршрутах, то есть, в зависимости от пассажиропотока определять необходимое количества единиц подвижного состава по часам суток, а также его оптимальную вместимость.

#### Литература

1. Пассажирские автомобильные перевозки. [Текст]: пособие/ В.А. Гудков и др – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 448 с.
2. Пикалев О.Н. Разработка методики оценки конкурентоспособности автобусов для междугородных пассажирских перевозок [Текст]: дисс. канд. техн. наук/ О.Н. Пикалев, - Вологда, 2000.- 262 с.
3. Аррак А.О. Развитие и эффективность пассажирских перевозок/ А.О. Аррак. - Таллин, 1981.
4. Режим догстуга: <http://avtoturistu.ru>

УДК:636:625.45:656.045.21

### ДОМАШНИЙ СКОТ НА ПРИГОРОДНЫХ ДОРОГАХ КАК ОПАСНАЯ ДОРОЖНАЯ ОБСТАНОВКА

*Кадыров Эрмек Тургамбаевич, аспирант, преподаватель КГТУ им. И. Раззакова Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, E-mail: kadet-dosoi@mail.ru*

В этой статье произведен обзор проблемы, как появление домашней живности на пригородных дорогах и создание ими опасной дорожной обстановки.

**Ключевые слова:** опасная дорожная обстановка, домашний скот на пригородных дорогах, скот как опасная дорожная обстановка.

## LIVESTOCK IN SUBURBAN ROADS AS HAZARDOUS ROAD CONDITIONS

*Kadyrov Ermek Turgambaevich, a graduate student, lecturer KSTU. I. Razzakova Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, pr. Mira 66, E-mail: [kadet-dosoi@mail.ru](mailto:kadet-dosoi@mail.ru)*

In this article the problem review, as emergence of house living creatures on suburban roads and creation of a dangerous road situation by them is made.

**Keywords:** dangerous road conditions, livestock on suburban roads and cattle as a dangerous road conditions.

В силу своей исторической деятельности кыргызы – это кочевой народ, которые свою жизнь тесно связывали со скотом и земледелием, где были кыргызы там и был скот и к этому они приучили другие народы живущие в нашей стране.

Жизнеобеспечивающей и доходобразующей деятельностью в Кыргызской Республике в данное время является земледелие и скотоводство. В связи с этим на пригороде особенно в утреннее и вечернее время скот увеличивается на дороге, по причине выпаса и возвращение их, что зарождает проблему для водителей, проблемы возникают следующие :

1. Скот как опасная дорожная обстановка. Опасная дорожно-транспортная ситуация – это такое положение и скорость транспортных средств на дороге, при которых в результате неправильных действий одного из участников движения возникла реальная угроза ДТП, но при этом существует возможность его предотвращения при неправильных действиях возникает аварийная ситуация – это опасная ситуация, при которой избежать происшествия невозможно. (Рис.1)

2. В весеннее и зимнее время недостаточная видимость, что связано с коротким световым днем, зимой и задымленностью, запыленностью весной т.е. проведением очистительных-уборочных работ (жителями придорожных домов массовое сжигание мусора и т.п.)

3. Игнорирование водителями дорожных знаков предупреждающих о появлении животных на дороге (знаки ПДД 1.24 перегон скота, 1.25 дикие животные).

4. Отсутствие скотопрогонов на разных уровнях.

5. Движения гужевых повозок по крайне правой полосе проезжей части.



Рисунок 1. Опасная дорожная обстановка

Во избежания столкновения с животным водители должны своевременно и правильно оценить опасную дорожную обстановку. Следует помнить всегда, что,



поскольку действия скота непредсказуемы, за момент возникновения опасности для водителя применяется момент обнаружения им животного вне зависимости от его местонахождения, направления движения, приостановки в этом движении и т. д. На рис. 2 пунктирными линиями показаны возможные траектории движения скота, направления движения автомобиля и точка 1 столкновения (наезда) с животным. Безопасное расстояние  $S_{y0}$  до животного можно рассчитать по формуле (1):

$$S_{y0} = V_A \cdot S_{жс} / V_{жс} \quad (1)$$

Где  $V_A$  - скорость движения автомобиля, км/ч;

$S_{жс}$  - путь животного по проезжей части;

$V_{жс}$  - скорость животного м/с, которую можно взять как за постоянную или же приблизительно.

Длину остановочного пути автомобиля определим по формуле (2):

$$S_0 = (t_1 + t_2 + t_3 \cdot 0,5) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26j}, \quad (2)$$

где  $t_1$  – время реакции водителя,  $t_2$  – время запаздывания тормозного привода,  $t_3$  – время нарастания замедления,  $j$  – замедление автомобиля

Условия остановки автомобиля до точки 1 при своевременном торможении.

$$S_0 < S_{y0}$$

Безопасное расстояние, т.е. расстояние от полностью остановившегося автомобиля до животного может быть разность значений  $S_{y0}$  и  $S_0$ .

Безопасная скорость автомобиля  $V_6$ , т.е. минимальная скорость с которой следуя водитель может своевременно применив экстренное торможение, остановить автомобиль у линии следования пешехода (3) [1].

$$V_6 = -T \cdot j + \sqrt{T^2 \cdot j^2 + 2 \cdot S_{y0} \cdot j} \quad (3)$$

где  $T = t_1 + t_2 + 0.5t_3$

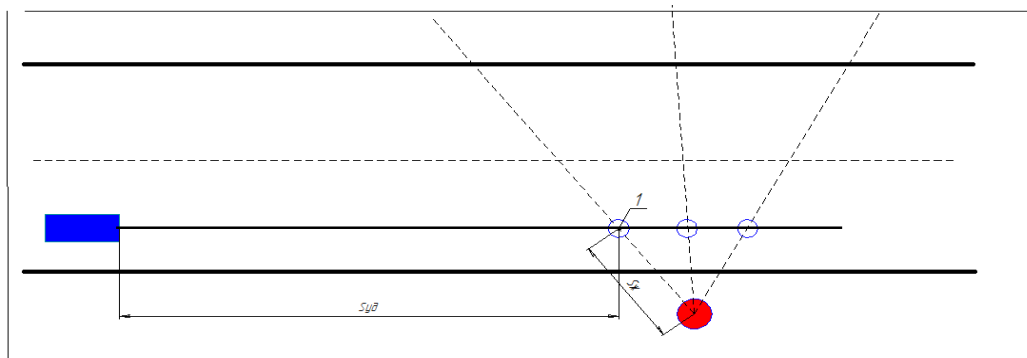


Рисунок 2. Схема наезда на домашний скот

Кроме, вышеперечисленных может быть проблема – оставление скота безприсмотра в ночное время суток, что также является причиной ДТП (рис.3). Как и в зарубежных странах (РФ, Белоруссия, РК) необходимо хозяевам домашних животных одевать на них ошейники со световозвращающими элементами или фликерами, что позволяет ночью заметить животное. Житель Мангыстауской области РК Серик

Хантораев подал Мангыстауским дорожным полицейским идею, как можно снизить число ДТП на загородных трассах. Надо просто навесить на верблюдов и лошадей светоотражающую сбрую. Идея полицией одобрена.

Дело в том, что практически вдоль всех дорог Мангыстауской области пасется скот, при этом верблюды и лошади, как правило, ходят без пастухов, что очень часто, особенно в ночное время, приводит к тяжелым авариям. За минувший год после столкновения с крупным рогатым скотом погибли три человека. (рис.3).[4]



Рисунок 2. Появление в темное время суток скота

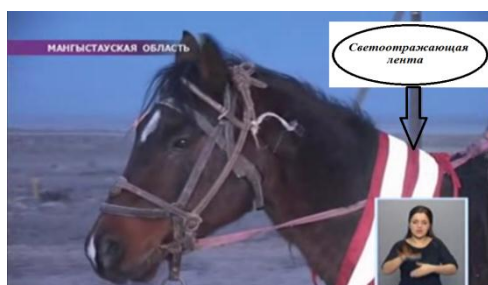


Рисунок 3. Светоотражающая лента на лошади

Скотопрогоны не часто встречаются на республиканских дорогах. Исторически сложилось, что в СССР при проектировании автомобильных и железных дорог учитывались только сельскохозяйственные виды животных. Специально для этого устраивались скотопрогоны. Для этого на основной дороге строится малое мостовое сооружение или большая труба, а на уровне земли организуется проход. Однако крупные дикие животные не пользуются скотопрогонами.

В современной практике проектирования дорог в России миграции животных учитываются, например, в проекте новой платной автомобильной дороге Москва-Санкт-Петербург заложены биопереходы совмещенные с водопропускными сооружениями (трубами) для мелких животных.

Что же такое зверопереход?

Зверопереходы известны также как биопереходы. Зверопереход – это искусственное инженерное сооружение устроенное в разных уровнях с дорогой для перехода дикими животными автодорожных магистралей с большими интенсивностями движения, а также участков железных дорог. Зверопереходы соединяют места обитания диких животных, которые были разъединены дорогой.

Для того чтобы зверопереход хорошо выполнял свою функцию, он должен отвечать некоторым требованиям. Так, например, зверопереход, как правило, должен иметь ширину не менее 50 метров. Это позволяет использовать его такими большими животными как, например, олень. При высадке растительности на зверопереходах говорят уже о «зеленых мостах», ширина которых несколько больше, чем у зверопереходов и составляет чаще всего более 80 метров. В этом случае переход называется ландшафтным тоннелем. Однако существуют и малые зверопереходы, ширина которых составляет несколько метров.

Положение биоперехода играет огромную роль. Они располагаются на известных путях миграции. Таким образом животные могут без проблем найти переход.

Для того чтобы, закрыть пересекаемую автомобильную дорогу от взгляда животного, по краям переходы часто засаживаются кустарником. Остальная поверхность моста также имеет растительность. В основном это трава и различные виды кустарника. Места зверо-переходов специально рассчитываются по многолетним наблюдениям миграции не только крупных животных, но и таких мелких, как, например, жабы. [3]

Для разделение гужевого транспорта, гусеничных тракторов и громоздких сельскохозяйственных машин от транспортного потока параллельно основной прокладывают грейдерную дорогу, также для повышение БД гужевая повозка согласно ПДД должна быть оборудована спереди двумя световозвращателями или фонарем белого цвета, сзади двумя световозвращателями или фонарем красного цвета. [2]

#### Литература

1. Берест В.Я. Методические расчеты по экспертизе дорожно-транспортных происшествий учет и анализ ДТП учебно-методическое пособие для студентов специальностей организации безопасности дорожного движения: Павлодар, Кереку, 2008
2. Пособие для изучения ПДД КР Бишкек. - Бийиктик, 2007
3. Сергей Давыдов “Финляндия. Скоростные магистрали” Часть 3: Режим доступа :<http://transspot.ru/>
4. Станислава Куцай “Модный приговор. Домашний скот - причина аварий” Источник: Сайт газеты «Новое поколение» Режим доступа : <http://www.np.kz>

УДК 621.05.021

### ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА В МОДЕЛЯХ ПОДДЕРЖКИ QoS ДЛЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

*Зимин Игорь Викторович, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044 проспект Мира 66, E-mail: [igorzimin777@rambler.ru](mailto:igorzimin777@rambler.ru)*

Исследования по эффективному использованию канального ресурса в моделях поддержки QoS рассмотренные в статье направлены на создание методик планирования мультисервисных сетей связи и определения функциональных зависимостей между объемами возникающего трафика, показателями качества обслуживания и структурными параметрами сети.

**Ключевые слова:** канальный ресурс, модель поддержки, мультисервисные сети, QoS, Модель дифференцированных услуг, Резервирование ресурсов, Маршрутизация, Предотвращение блокировок, Управление допуском заявок.

## EFFICIENT USE of CHANNEL RESOURCE IN THE QoS SUPPORTING MODELS FOR MULTISERVICE NETWORKS

*Zimin Igor Ph.D., associate professor, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044 Mir avenue 66, e-mail: [igorzimin777@rambler.ru](mailto:igorzimin777@rambler.ru)*

Studies on efficient use of channel resources in the models of support QoS considered in the article are aimed at development of techniques of planning multiservice communication networks and determining the functional dependencies between the volumes of the resulting traffic, indicators of the quality of the service and structural parameters of the network.

**Keywords:** channel resource, support model, multiservice networks, QoS, differentiated services Model, resource reservation, routing, prevention of blocking, admission control applications.

**Введение.** Актуальность проблемы определения, оценки и последующего использования характеристик качества обслуживания пользователей возрастает с насыщением сетей связи новыми мультимедийными услугами. Для их реализации необходимо учитывать зависимость объёма выделяемого ресурса от типа сервиса.

Важность и необходимость исследования соответствующих проблем нашла своё отражение в деятельности Международного союза электросвязи (МСЭ). Сектор стандартизации в области телекоммуникаций опубликовал в 2002 г. рекомендацию МСЭ Y.1540, в которой приведён перечень наиболее значимых показателей, задающих стандарты качества передачи пакетов в мультисервисных сетях. Рассмотренные механизмы поддержки качества сгруппированы в блоки в соответствии с логическими фазами обслуживания заявки пользователя.

### Область исследования

**1. Управление допуском заявок (Admission control).** Соответствующий механизм контролирует процесс приёма новых заявок к обслуживанию. Возможность допуска заявки в сеть зависит от заранее принятого соглашения по сервису, а также от наличия свободного ресурса, который может быть использован для её обслуживания с заданным уровнем и без ухудшения показателей QoS уже принятых заявок. Решение о допуске заявки принимается либо на основе анализа параметров рассматриваемого информационного потока, либо исходя из результатов измерения состояния сетевой инфраструктуры, занятой обслуживанием принятых заявок.

**2. Маршрутизация, обеспечивающая показатели QoS (QoS routing).** Сложность выбора маршрута следования информации пользователя существенным образом зависит от числа характеристик, участвующих в определении QoS, и от размеров сети. Необходимо отметить, что построенный маршрут может и не совпадать с кратчайшим путём. На практике, чтобы упростить решение поставленной задачи, качество обслуживания оценивают величиной одного параметра, например, объёмом канального ресурса или значением задержки, а для нахождения пути следования информации применяют заранее выбранные стратегии. При выборе маршрута используются данные о состоянии занятости канального ресурса.

**3. Резервирование ресурсов (Resource reservation).** Данный сетевой механизм выполняет действия по резервированию ресурсов сети, необходимых для достижения заданных показателей QoS. Его работа тесно связана с рассмотренным ранее механизмом, обеспечивающим доступ новых заявок. Конкретная реализация алгоритма резервирования зависит от того, какие показатели описывают качество обслуживания.

**4. Управление очередью (буфером) ожидающих пакетов** (Queue (or buffer) management). Рассматриваемый механизм определяет, какие из ожидающих пакетов будут оставлены в очереди, а какие нет. Данные действия в первую очередь направлены на минимизацию её размеров. При этом важно, с одной стороны, не допустить уменьшения коэффициента использования линии связи, а с другой, — избежать ситуаций, когда линия будет полностью загружена обслуживанием пакетов одного из потоков.

**5. Предотвращение блокировок** (Congestion avoidance). Блокировка на сети возникает в ситуации, когда ресурса сети не хватает для обслуживания поступающих информационных потоков. Её внешними признаками являются заполненные до предела очереди ожидающих пакетов на коммутаторах и, как следствие, увеличение доли отброшенных пакетов. Всё это приводит к повторным передачам, которые могут полностью заблокировать работу узлов коммутации и снизить обслуженный поток заявок практически до нуля. В этой ситуации простое увеличение размеров буфера не решает проблемы блокировки, поскольку увеличение времени ожидания опять приводит к повторным передачам с теми же отрицательными последствиями. Для устранения на сети «узких мест» с низкой пропускной способностью обычно применяют механизмы, направленные на уменьшение интенсивности информационного потока от источника трафика.

**6. Организация и планирование очередей** (Queuing and scheduling). Действие данного механизма направлено на выбор пакетов из буфера для передачи по исходящей линии.

**7. Модель интегрированных услуг:** Модель организации процесса передачи сообщений в архитектуре IntServ в упрощенном виде реализует принципы построения соединений «точка-точка» с гарантированным качеством обслуживания, используемые в технологии ATM. Основная область применения IntServ — поддержка приложений реального времени, чувствительных к задержкам. В соответствии с данной концепцией для передачи пользовательской информации должен быть организован маршрут следования трафика и обеспечено взаимодействие элементов сетевой инфраструктуры для резервирования необходимого объёма канального ресурса. Только после этого начинается передача информации пользователя. Для решения этой задачи разработан протокол сигнализации RSVP (Resource reSerVation Protocol). Его основная функция — создание и поддержка маршрута следования информации. Для этого RSVP осуществляет взаимодействие с используемыми на сети протоколами маршрутизации, механизмами управления трафиком и схемами допуска заявок к обслуживанию. Поддержка соединения осуществляется получателем информации, а не промежуточными узлами. Из числа механизмов управления качеством обслуживания IP-пакетов в модели интегрированных услуг применяются: управление допуском заявок; резервирование ресурсов; организация и планирование очередей; классификация трафика; контроль доступа.

**Модель дифференцированных услуг:** В основе концепции DiffServ лежит принцип обработки IP-пакетов в соответствии с заданным классом обслуживания. Соответствующая информация кодируется в поле типа обслуживания TOS (Type of Service) заголовка IP-пакета. Каждый сетевой узел может поддерживать несколько десятков классов обслуживания. Структура модели DiffServ включает в себя область DiffServ и механизмы обработки и продвижения пакета по узлам, входящим в область DiffServ, в соответствии с заданным качеством обслуживания PHB (Per Hop Behavior). Область DiffServ состоит из некоторого числа узлов, поддерживающих DiffServ. В ней выделяются граничный сегмент и ядро. Граничные узлы также делятся на входящие и исходящие. Входящий граничный узел обеспечивает мониторинг поступающих информационных потоков и оценивает адекватность их параметров. В области DiffServ пакеты агрегированного потока обрабатываются по одним и тем же правилам и получают одинаковый уровень

обслуживания. Выбор модели локального поведения даёт возможность узлам ядра области DiffServ реализовать назначенный класс обслуживания. Применение различных схем локального поведения регулируется правилами выбора из очереди и управлением буферным пространством. Основными достоинствами модели DiffServ являются масштабируемость и простота внедрения. Рост числа соединений не приводит к росту числа агрегированных потоков. Это очень важно при реализации пакетной сетью массовых услуг.

**Traffic Engineering.** Возможности по управлению и дифференциации информационных потоков, привели к созданию нового направления в теории телетрафика, которое звучит как traffic engineering (или сокращенно - TE). Это комплекс взаимосвязанных методов и механизмов, позволяющий оператору оптимизировать показатели пропускной способности мультисервисной сети связи. Методы traffic engineering можно использовать как с целью устранения условий для появления блокировки в будущем, так и для вывода сети из пребывания в состоянии перегрузки в настоящий момент. При нехватке канального ресурса в отдельных сегментах сети часто наблюдается недоиспользование передаточных возможностей линий в направлениях, которые могли бы быть альтернативными для обслуживания заблокированного трафика. Решение подобных проблем также является одной из основных задач traffic engineering. Рассмотрим отдельные составляющие traffic engineering. Первый компонент это измерение характеристик информационных потоков. Для реализации соответствующей функции используются специализированные программно-аппаратные комплексы. Они собирают и ведут предварительную обработку сведений о числе пакетов, передаваемых в заданном направлении, о размерах пакетов, о величине информационного потока в период наибольшей нагрузки, о распределении трафика по направлениям, о параметрах наиболее популярных коммуникационных приложений, о скорости поступления и обработки информации и т.д. Второй компонент это выполнение действий по формализованному описанию информационных потоков. Сюда входят процедуры обработки результатов измерений и разделение их на категории, которые могут быть использованы для статистического анализа. Третий компонент — это моделирование процесса поступления и обслуживания информационных потоков. Здесь на основе данных статистических наблюдений выводятся аналитические и алгоритмические зависимости, позволяющие по значениям параметров потоков и сведениям о топологии сети находить значения характеристик качества обслуживания пользователей. Полученные результаты используются для оценки последствий принимаемых решений или прогноза изменения качества обслуживания при возможном изменении интенсивностей входных потоков. Заключительный четвертый компонент относится к принятию решений о распределении трафика. Реализация функций traffic engineering позволяет оператору проводить мероприятия, направленные на оптимизацию загрузки ресурса сети. Для их осуществления необходимо построить модели распределения канального ресурса в мультисервисных сетях.

**Технические и пользовательские аспекты QoS.** Конечной целью теоретических исследований, направленных на создание методик планирования мультисервисных сетей связи, является определение функциональных зависимостей между объёмами возникающего трафика, показателями качества обслуживания и структурными параметрами сети, которые в конечном итоге могут быть использованы для определения стоимости решения. Главной трудностью здесь является оценка показателей QoS. Требования к условиям передачи вытекают из характера предоставляемых услуг. Соответствующий перечень классов сервисов выглядит следующим образом.

**Класс 0** — потоки реального времени, отличающиеся высокой степенью интерактивности и чувствительные к вариации задержки (высококачественная пакетная телефония и видеоконференц-связь).

**Класс 1** — потоки реального времени, интерактивные и чувствительные к вариации задержки (пакетная телефония, видеоконференц-связь).

**Класс 2** — транзакции данных, отличающиеся высокой степенью интерактивности (сигнализация).

**Класс 3** — транзакции данных, интерактивные.

**Класс 4** — потоки, чувствительные к потере информации в процессе её передачи по сети (массивы данных, потоковое видео).

**Класс 5** — традиционные приложения IP-сетей с характеристиками передачи по умолчанию.

Разделение коммуникационных приложений на категории в соответствии с восприятием пользователем качества получаемого сервиса приведена в таблице 1.

Таблица 1

Разделение коммуникационных приложений на категории в соответствии с восприятием пользователем качества получаемого сервиса

Класс трафика	Тип приложения	Потери	Задержка	Джиттер
Передача данных в режиме реального времени	Голосовая связь	Средняя	Высокая	Высокая
	Транзакции данных	Высокая	Высокая	Низкая
	Видеоконференцсвязь	Низкая	Высокая	Высокая
Интерактивная передача данных	Просмотр WEB-страниц	Высокая	Средняя	Низкая
	Скачивание документов	Высокая	Средняя	Низкая
	Скачивание видеофайлов	Высокая	Средняя	Средняя
Передача данных терпимым к задержке	Пересылка файлов	Высокая	Низкая	Низкая
	Электронная почта	Высокая	Низкая	Низкая
	Телеметрия	Высокая	Низкая	Низкая

Следующий из рассмотренных подходов решает эту же задачу с позиций восприятия пользователем качества получаемой услуги. При этом используются характеристики:

- **доля потерянных пакетов**, определяемая как доля IP-пакетов, отброшенных из-за блокировок в процессе их передачи по сети;
- **доля отказов в установлении соединения**, определяемая как доля заявок, составляющих рассматриваемый поток, для которых механизм управления допуском отказал в резервировании канального ресурса в количестве, необходимом для обслуживания поступившей заявки;
- **скорость передачи информации пользователя**, определяемая как отношение объёма успешно переданной информации к периоду наблюдения и измеряемая в битах в секунду.

Основанием для такого выбора является интегральный характер показателей, предлагаемых для оценки QoS, а также легкость их измерения и моделирования. Соответствующие показатели: доля отказов в установлении соединения и скорость передачи информации пользователя отражают уровень блокировок на сети. Значение эффективной скорости передачи используется для оценки потребности в канальном ресурсе при передаче трафика мультисервисных коммуникационных приложений.

Этапы оценки пропускной способности мультисервисной сети связи приведены в таблице 2.

Таблица 2

Этапы оценки пропускной способности мультисервисной сети связи

<u>Перечень этапов</u>	<u>Этап 1</u> <i>Оценка эффективности скорости передачи</i>	<u>Этап 2</u> <i>Расчет ресурса для сервисов реального времени</i>	<u>Этап 3</u> <i>Расчет ресурса для сервисов интерактивной передачи данных</i>	<u>Этап 4</u> <i>Расчет ресурса для сервисов передачи данных, допускающих задержку</i>



Характеристика этапа				
Тип сервиса	Моносервисные коммуникационные приложения реального времени	Мультисервисные коммуникационные приложения реального времени	Сервисы интерактивной и потоковой передачи данных	Сервисы передачи данных, допускающих задержку
Целевой показатель QoS	Доля потерянных пакетов	Доля отказов в установлении соединения	Скорость передачи информации пользователя (время скачивания документа)	Скорость передачи информации пользователя (время скачивания документа)
Результат выполнения этапа	Значение эффективной скорости передачи для каждого сервиса	Потребность в ресурсе для мультисервисного трафика реального времени	Абсолютная или дополнительная потребность в ресурсе	Абсолютная или дополнительная потребность в ресурсе

**Типы и объёмы возникающего трафика.** На основании данных измерений и маркетинговых исследований оценивается плотность распределения потенциальных информационных потоков (возникающий трафик) от оконечного оборудования сети: телефонных аппаратов, компьютеров, датчиков телеметрии и других подобных им устройств. Определяются точки концентрации трафика. Анализируется характер информационных потоков между ними, и определяются его типы в соответствии с введённой классификацией предоставляемых услуг. Величина трафика каждого вида задаётся значениями пиковой и средней скоростей передачи информации (кбит/с), которые впоследствии используются для оценки эффективной скорости передачи. Общий объём возникающего трафика по всем типам услуг определяется потенциальным числом пользователей и прогнозируемой частотой запросов на предоставление соответствующего сервиса. Определение величины ресурса (скорости линии), достаточной для обслуживания заданного объёма трафика, происходит последовательным сравнением рассчитанного показателя QoS с его нормированным значением. После того, как требуемый объём канального ресурса линий и узлов сети найден, рассчитываются фактические показатели качества обслуживания поступающих заявок, которые достигаются на мультисервисной сети, рассматриваемой как единое целое. Для повышения точности оценок эту часть расчётов рекомендуется проводить помимо приближённых методик также и средствами имитационного моделирования.

Понятие эффективной скорости передачи информационного потока вводится для оценки потребности в канальном ресурсе при передаче импульсного трафика с использованием пакетных технологий. Оно тесно связано со свойством статистического мультиплексирования, характерного для данной технологии передачи, и позволяет рассчитать максимально возможное число соединений определённого вида при фиксированной доле потерь информационных ячеек. Тем самым создаётся возможность оценить минимально необходимую скорость линии в заданном направлении.

Показателей работы системы по интенсивностям поступающих заявок на выделение канального ресурса. Для решения разного рода оптимизационных задач необходимо знать значения производных основных показателей работы системы по интенсивностям поступающих заявок на выделение канального ресурса. Их можно найти, если известны явные выражения для этих показателей через параметры модели. Например, для модели Эрланга производная вероятности потерь  $E(v, a)$  по интенсивности поступающих заявок,  $a$  имеет вид (1):

$$E(v, a)' = E(v, a) \left( \frac{v - a(1 - E(v, a))}{a} \right) \quad (1)$$

В приведённой формуле (1) величина производной выражена через значение формулы Эрланга, что упрощает её определение.

Рассмотрим проблему вычисления производных доли потерянных заявок  $\pi_k, k = 1, 2, \dots, n$  для исследуемой модели мультисервисной линии.

Для нахождения соответствующих выражений воспользуемся альтернативным алгоритмом вычисления основных показателей приёма заявок к обслуживанию, основанным на использовании оператора свёртки.

Рассмотрим два вектора с компонентами  $x = (x(0), x(1), \dots, x(a_x))$  и  $y = (y(0), y(1), \dots, y(a_y))$ . Применение оператора свёртки к векторам  $x, y$  даёт вектор  $z$  с компонентами  $z = (z(0), z(1), \dots, z(a_z))$ , определяемыми из выражений  $z(0) = x(0)y(0), z(1) = x(0)y(1) + x(1)y(0), \dots$ , где  $a_z \leq a_x + a_y$

Последовательность действий, которые необходимо для этого выполнить, выглядит следующим образом:

1. Обозначим через  $P_k(i), i = 0, 1, \dots, v$  ненормированные значения стационарных вероятностей занятия  $i$  единиц канального ресурса линии в ситуации, когда на обслуживание предлагаются только заявки  $k$ -го потока. Взяв  $P_k(0)$  за единицу и представив все  $P_k(i)$  через  $P_k(0)$ , получаем следующие выражения для  $P_k(i), i = 0, 1, \dots, v$

$$P_k(i) = \begin{cases} \frac{a_k^j}{j!}, & i = j b_k, \quad j = 0, 1, \dots, c_k \\ 0, & i \neq j b_k, \quad j = 0, 1, \dots, c_k \end{cases} \quad (2)$$

В (2) величина  $c_k$  — максимальное число заявок  $k$ -го потока, которые одновременно могут находиться на обслуживании. Значение  $c_k$  — это целая часть отношения. Вектор  $(P_k(0), P_k(1), \dots, P_k(v))$  индивидуальное стационарное распределение  $k$ -го потока.

2. Обозначим через  $(P_{n \setminus k}(0), P_{n \setminus k}(1), \dots, P_{n \setminus k}(v))$  вектор, полученный после свёртки  $n$  индивидуальных распределений за исключением распределения  $k$ -го потока. Для компонент  $P_{n \setminus k}(i)$  значение  $i$  — число единиц ресурса линии занятых обслуживанием заявок всех потоков за исключением  $k$ -го потока,  $i = 0, 1, \dots, v$ .
3. Выполнив свёртку вектора  $(P_{n \setminus k}(0), P_{n \setminus k}(1), \dots, P_{n \setminus k}(v))$  с вектором индивидуального распределения  $k$ -го потока  $(P_k(0), P_k(1), \dots, P_k(v))$ , получаем ненормированное распределение  $P(i), i = 0, 1, \dots, v$  числа единиц ресурса линии, занятых обслуживанием заявок всех потоков.
4. Результаты промежуточных преобразований, полученные в процессе свёртки всех  $n$  индивидуальных распределений, дают возможность найти расчётные соотношения для производных  $\pi_k$  по  $a_j, k = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n$ . Обозначим через  $N = \sum_{i=0}^v P(i)$  нормировочную константу. Тогда, в соответствии с определением, производная  $\pi_k$  по  $a_j$  может быть найдена из следующих выражений:

$$\frac{\partial \pi_k}{\partial a_j} = \frac{1}{N^2} \times \left[ \frac{\partial (P(v) + P(v-1) + \dots + P(v - b_k + 1))}{\partial a_j} \right] \times N - \left( P(v) + P(v-1) + \dots + P(v - b_k + 1) \frac{\partial N}{\partial a_j} \right) \quad (3)$$

Из определения оператора свёртки получаем соотношение для  $P(i), i = 0, 1, \dots, v. P(i) = P_{n \setminus j}(i)P_j(0) + P_{n \setminus j}(i-1)P_j(1) + \dots + P_{n \setminus j}(0)P_j(i)$

Компоненты  $P_{n \setminus j}(i), i = 0, 1, \dots, v$ , не зависят от  $a_j$ . Из (2) следует выражение для производной  $P_j(i)$  по  $a_j$ :

$$\frac{\partial P_j(i)}{\partial a_j} = P_j(i - b_j), \quad i = b_j, b_j + 1, \dots, v.$$

Отсюда получаем соотношение для производной ненормированного значения  $P(i)$  по величине интенсивности  $j$  – го потока

$$\begin{aligned} \frac{\partial P(i)}{\partial a_j} &= P_{nJay}(i - b)P_j(0) + P_{nJay}(i - b_j - 1)P_j(1) + \dots + P_{nJay}(0)P_j(i - b_j) = \\ &= P(i - b_j) \end{aligned} \quad (4)$$

Используя (3) и (4), получаем:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_k}{\partial a_j} &= p(v - b_j) + p(v - b_j - 1) + \dots + p(v - b_j - b_k + 1) - \\ &- (p(v - b_j) + p(v - b_j - 1) + \dots + p(0)) \times \\ &\quad \times (p(v) + p(v - 1) + \dots + p(v - b_k + 1)) = \\ &= p(v - b_j) + p(v - b_j - 1) + \dots + p(v - b_j - b_k + 1) - (1 - \pi_j)\pi_k \end{aligned} \quad (5)$$

Найденное соотношение даёт возможность выразить значения производных доли потерянных заявок каждого потока по всем интенсивностям поступающих заявок через значения вероятностей занятости канального ресурса  $p(i)$ ,  $i = 0, 1, \dots, v$ . Рассмотрим несколько примеров использования полученных результатов.

Предположим, что качество работы мультисервисной линии связи оценивается функционалом  $f(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$ , где  $\pi_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$  — доля отказов в обслуживании для заявок  $k$  – го потока, зависящая в свою очередь от интенсивностей поступления заявок всех потоков  $a_1, a_2, \dots, a_n$ . Таким образом, можно записать  $\pi_k = \pi_k(a_1, a_2, \dots, a_n)$ . Приведём конкретные примеры функционала  $f(\cdot)$ .

1. Доля отказов в выделении канального ресурса для заявок  $k$  – го потока

$$f(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n) = \pi_k. \quad (6)$$

2. Среднее число единиц канального ресурса линии, занятых обслуживанием заявок  $k$  – го потока

$$f(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n) = a_k b_k (1 - \pi_k). \quad (7)$$

3. Средний доход, полученный от обслуживания мультисервисного трафика

$$f(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n) = \sum_{k=1}^n r_k a_k b_k (1 - \pi_k). \quad (8)$$

Здесь  $r_k$  — коэффициент, отражающий в условных единицах доход от занятия одной канальной единицы линии на обслуживание заявок  $k$  – го потока.

Рассмотрим задачи, возникающие при эксплуатации и проектировании мультисервисных систем связи, которые могут быть решены с использованием производных. Довольно часто возникает необходимость в оценке флуктуации значения рассчитываемого функционала  $f(\bullet)$  от небольших изменений входных параметров модели. Для простоты определим  $f(\bullet)$  из соотношения (6).

Как правило, при определении необходимого объёма канального ресурса используются значения интенсивностей предложенного трафика  $(a_1, a_2, \dots, a_n)$  зависящей от используемой статистической процедуры оценивания. Таким образом, вместо значений  $(a_1, a_2, \dots, a_n)$  используются величины  $(a_1 \pm \Delta a_1, a_2 \pm \Delta a_2, \dots, a_n \pm \Delta a_n)$ . В этой ситуации возникает задача оценки ошибки определения канального ресурса, вызванной ошибками измерения входных параметров модели. Будем считать, что вносимые изменения носят случайный характер и сформулируем допущения об их характере.

Предположим, что значения  $(a_1, a_2, \dots, a_n)$  известны с независимыми ошибками:  $a_j = a_j^0 + \xi_j, j = 1, 2, \dots, n$ . Будем также считать, что случайные величины

$\xi_j, j = 1, 2, \dots, n$  имеют нормальное распределение со средним равным нулю и среднеквадратическим отклонением.

Если  $\pi_k(a_1, a_2, \dots, a_n)$  является дифференцируемой функцией своих параметров, то, используя формулу Тейлора, можно записать:

$$\pi_k(a_1, a_2, \dots, a_n) = \pi_k(a_1^{(0)}, a_2^{(0)}, \dots, a_n^{(0)}) + \sum_{j=1}^n D_{kj} \xi_j + o\left(\sqrt{\sum_{j=1}^n \xi_j^2}\right) \quad (9)$$

где  $D_{kj}$  - значения частных производных  $\pi_k(a_1, a_2, \dots, a_n)$  в точке  $(a_1^{(0)}, a_2^{(0)}, \dots, a_n^{(0)})$

$$D_{kj} = \frac{\partial \pi_k(a_1^{(0)}, a_2^{(0)}, \dots, a_n^{(0)})}{\partial a_j}, \quad (10)$$

а свойства функции  $o(x)$  определяются пределом  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{o(x)}{x} = o(1) = 0$

Предположим, что величины  $\tau_j$  малы.

Тогда при  $\tau_j \rightarrow 0$  величина  $\pi_k(a_1, a_2, \dots, a_n)$ , определяемая выражением (9), будет иметь нормальное распределение со средним значением  $\pi_k^{(0)} = \pi_k(a_1^{(0)}, a_2^{(0)}, \dots, a_n^{(0)})$  и дисперсией  $D_k = \sum_{j=1}^n D_{kj}^2 \tau_j^2$ .

Зная дисперсию  $\tau_j$  и уровнем доверия  $\alpha$ , можно рассчитать доверительный интервал для значений  $a_k$ .

#### Вывод.

Таким образом, если для показателей качества обслуживания заявок  $k$  – го потока известны частные производные по интенсивностям поступающих потоков заявок, то при наличии случайных ошибок измерения интенсивностей можно построить доверительный интервал для рассматриваемой характеристики, являющейся функцией уровня доверия и дисперсии ошибок измерения каждой из этих интенсивностей.

Для реализации соответствующей возможности необходимо найти значения частных производных  $D_{kj}, k = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n$ .

Для исследуемой модели значения  $D_{kj}$  определяются с использованием соотношений (5), (10).

Если, изменение значений входных параметров носит детерминированный характер, то в соответствии с известными результатами математического анализа значение дифференцируемой функции  $\pi_k(a_1, a_2, \dots, a_n)$  в некоторой окрестности

$$\begin{aligned} a_1 + \Delta a_1, a_2 + \Delta a_2, \dots, a_n + \Delta a_n \text{ определяется из выражения:} \\ \pi_k = \pi_k(a_1 + \Delta a_1, a_2 + \Delta a_2, \dots, a_n + \Delta a_n) = \\ = \pi_k(a_1, a_2, \dots, a_n) + \frac{\partial \pi_k}{\partial a_1} \Delta a_1 + \frac{\partial \pi_k}{\partial a_2} \Delta a_2 + \dots + \frac{\partial \pi_k}{\partial a_n} \Delta a_n \end{aligned} \quad (11)$$

Таким образом, если известны величины блокировки  $\pi_k(a_1, a_2, \dots, a_n)$  для значений интенсивностей предложенного трафика  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , тогда линейная функция (11) может быть использована для приближённого вычисления блокировки в некоторой окрестности значений  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , определяемой выражением  $a_1 + \Delta a_1, a_2 + \Delta a_2, \dots, a_n + \Delta a_n$ .

#### Литература

1. Зимин И.В. Учебник: Управление трафиком в сетях и системах телекоммуникаций / Зимин И.В.- «Алтын Принт».- Бишкек, 2012
2. Зимин И.В., Алымкулов С. А. Исследование модели оценки канального ресурса для сервисов реального времени /Зимин И.В., Алымкулов С. А. // Теоретический и прикладной научно-технический журнал, Бишкек, 2013.

3. Зимин И.В. Планирование пропускной способности трафика сети с точки зрения показателей QoS / Зимин И.В. // Известия Кыргызского государственного технического университета .-2012. -№ 26 С. 128-137.
4. Зимин И.В. Практическое применение задач управления сетевыми ресурсами в телекоммуникационных сетях / Зимин И.В., Баянкина Е.В. // Проблемы автоматизации и управления.-2010. №2.-С. 31-35.
5. Зимин И.В. Методы теории массового обслуживания в задачах моделирования перспективных телекоммуникационных систем / Зимин И.В. // Материалы десятой Всероссийской научно-технической конференции «Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий» 2009.- часть 1 . С. 66-72.
6. Степанов С.Н. Способы уменьшения объема вычислений при расчете моделей систем связей с потерями, основанные на игнорировании маловероятных состояний / Степанов С.Н. Иверсен В.Б. // Проблемы передачи информации. 2001. Том. 37. Вып. 3
7. Степанов С.Н. Материалы курса лекций «Основы теории моделирования сетей и систем телекоммуникаций»/ Степанов С.Н. – М.: Московский технический университет связи и информатики, 2008
8. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей / Степанов С.Н. - М., ЭКОТRENДЗ, 2010
9. Iversen V.B. Teletraffic Engineering Handbook. – ITU-D, Nov 2002;
10. Iversen V.B., Stepanov S.N. The Unified Approach for Teletraffic Models to Convert Recursions dor Globsl State Probabilities into Stable Form // Proc. 19<sup>th</sup> International Teletraffic Congress. Beiijing. Chins, August 29 – September 2. 2005.;
11. Iversen V.B., Stepanov S.N. The optimsl dimensioning of multi-service links // Proc. COST-285 Mid-term Symposium. Munchen, September 8-10, 2005. Chapter 7 (pp. 151-178) in A. Nejat Ince & Ercan Topuz (editors): Modeling and simulation tools for emerging telecommunication networks. Springer, 2006.

УДК.621.391.05

### ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ РЕКУРСИВНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА ТРАФИКА В СЕРВИСАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

*Зимин Игорь Викторович, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044 проспект Мира 66, E-mail: [igorzimin777@rambler.ru](mailto:igorzimin777@rambler.ru)*

В статье исследуется базовая модель, которая является мультисервисным аналогом классической модели Эрланга. В анализируемой системе рассматривается процесс совместного использования канального ресурса звена мультисервисной сети произвольным числом пуассоновских потоков заявок, различающихся интенсивностью поступления, количеством ресурса, выделяемого для обслуживания одной заявки, и временем его занятия на передачу информации пользователя. Для исследуемой модели обслуживания заявок получены все основные результаты, которые ранее были получены для модели Эрланга и способствовали её широкому распространению среди инженеров, занимающихся проектированием сетей связи.

**Ключевые слова:** рекурсивный алгоритм, канальный ресурс, сервисы реального времени, траффик.

## THE RESEARCH MODEL IS BASED ON A RECURSIVE ALGORITHM TO DETERMINE THE AMOUNT OF CHANNEL RESOURCE TRAFFIC IN THE SERVICES REAL TIME

*Zimin Igor Ph.D., associate professor, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044 Mir avenue 66, e-mail: [igorzimin777@rambler.ru](mailto:igorzimin777@rambler.ru)*

The article deals with the basic model, which is analogous to the classical model of multiservice Erlang. In the analyzed system deals with the process of sharing of resource manager's multiservice network-layer any number of applications, varying flows for Poisson intensity, the amount of resources allocated to Service SA one application and the time of his classes on the transfer of user information. For the studied models of service applications received for all of the major results of the model were obtained for Erlang and contributed to its wide dissemination among the engineers involved in the design of Tei connection.

**Keywords:** the recursive algorithm, the channel resource, the real-time services, traffic.

**Введение.** Для моделей мультисервисных систем связи схема занятия канального ресурса зависит от типа поступившей заявки. Выделение групп однородных событий, описывающих последовательность моментов поступления заявок, не приводит их к одному потоку, как это происходит в классических моделях теории телетрафика. Процесс обслуживания каждой группы заявок необходимо рассматривать отдельно. Таким образом, возникает класс много потоковых моделей. Привязка модели к реальным условиям обслуживания поступающих заявок происходит на этапе формализации, когда технические характеристики систем связи (скорость линий, доступность и т.д.) интерпретируются в терминах понятий, используемых при описании соответствующих моделей теории телетрафика.

**Исследуемая модель.** Основной областью использования исследуемой модели является определение необходимого объёма канального ресурса для передачи трафика сервисов реального времени.

Достаточность ресурса будет оцениваться долей потерянных заявок. В рамках предположений для вычисления этого показателя достаточно знать долю времени пребывания мультисервисной линии в состоянии с известным числом заявок каждого вида, находящихся на обслуживании.

Выбор показателей обслуживания заявок задаёт вид пространства состояний исследуемой модели и структуру случайного процесса, описывающего динамику их изменения. На рис. 1 для исследуемой модели показаны пространство состояний и соответствующая диаграмма переходов при  $n = 2$ .

Принято, что  $b_1 = b_2 = 1$ . Схема построения модели и введённые ограничения на изменения входных параметров позволяют утверждать, что процесс  $r(t)$  — Марковский. Если дополнительно предположить, что все состояния, входящие в  $S$ , — сообщающиеся, т.е. из каждого состояния в любое другое и обратно можно попасть в результате некоторого числа поступлений заявок или освобождений канального ресурса, то можно сделать вывод о наличии для  $r(t)$  стационарного режима [1]. Обозначим через  $p(i_1, i_2, \dots, i_n)$ , стационарную вероятность состояния  $(i_1, i_2, \dots, i_n)$ , где — число заявок  $k$ -го потока, находящихся на обслуживании в стационарном режиме,  $k=1, 2, \dots, n$ .

В дальнейшем  $p(\bullet)$  используется для обозначения нормированных значений вероятностей стационарных состояний исследуемых моделей, а  $P(\bullet)$  — для обозначения ненормированных значений стационарных вероятностей.

Значения стационарных (предельных) вероятностей Марковского процесса  $p(i_1, i_2, \dots, i_n)$ , имеют интерпретацию доли времени пребывания линии в состоянии  $(i_1, i_2, \dots, i_n)$ .

Используя данную интерпретацию, дадим определение основным показателям QoS, необходимым для оценки достаточности канального ресурса линии.

Качество обслуживания заявок  $k$ -го потока определяется долей  $\pi_k$  потерянных заявок и средней величиной занятого канального ресурса.

Доля потерянных заявок  $k$ -го потока находится как доля времени пребывания процесса  $r(t)$  в состояниях, когда приём поступившей заявки невозможен из-за нехватки свободного канального ресурса.

Справедливость данного утверждения вытекает из свойств пуассоновского потока, которому подчиняются моменты поступления заявок  $k$ -го потока.

Обозначим через  $U_k$  множество соответствующих состояний. Оно включает в себя состояния  $(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S$ , удовлетворяющие условию:

$$i_1 b_1 + i_2 b_2 + \dots + i_n b_n > v - b_k \tag{1}$$

Занумеруем  $b_k$  так, чтобы выполнялись неравенства:  $b_1 \leq b_2 \leq \dots \leq b_n$

Построенная модель хорошо известна в теории телетрафика и её исследованию посвящено множество работ [2,3]. Она имеет ряд отличительных особенностей, значительно упрощающих вычисление введённых показателей качества обслуживания заявок. Начнём со свойства мультипликативности значений стационарных вероятностей  $p(i_1, i_2, \dots, i_n)$ . Выполнение данного свойства позволяет представить  $p(i_1, i_2, \dots, i_n)$  в виде следующего соотношения

$$p(i_1, i_2, \dots, i_n) = \frac{1}{N} \frac{(\lambda_1)^{i_1}}{i_1!} \frac{(\lambda_2)^{i_2}}{i_2!} \dots \frac{(\lambda_n)^{i_n}}{i_n!}, (i_1, i_2, \dots, i_n) \in S. \tag{2}$$

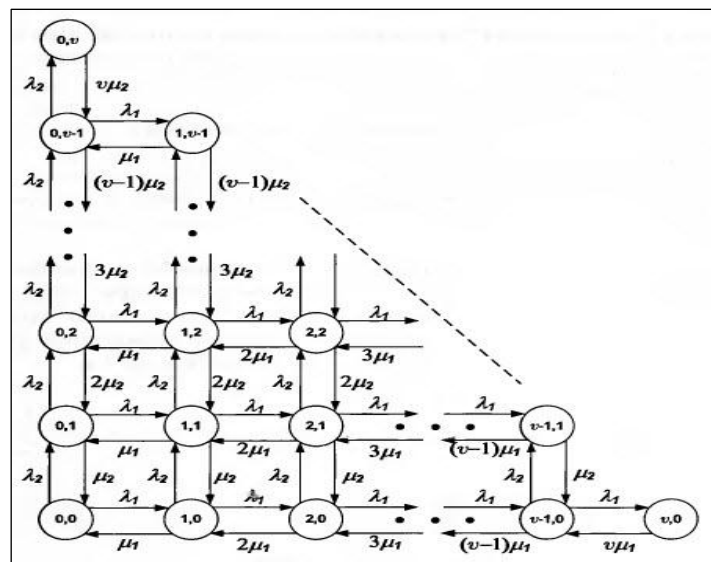


Рис.1. Пример пространства состояний и диаграмма переходов для базовой модели мультисервисной линии

В приведённом выражении символ  $N$  означает нормировочную константу. Она определяется из равенства

$$N = \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S} \frac{(\lambda_1)^{i_1}}{i_1!} \frac{(\lambda_2)^{i_2}}{i_2!} \dots \frac{(\lambda_n)^{i_n}}{i_n!}$$



Свойство мультипликативности легко установить в ситуации, когда объём канального ресурса линии не ограничен, т.е.  $\nu = \infty$ . Действительно, в данном частном случае значение  $i_k(t)$  числа заявок  $k$ -го потока, находящихся в момент времени  $t$  на обслуживании, описывается процессом рождения и гибели с интенсивностями рождения  $\lambda_k$  и гибели  $i_k \mu_k, k = 1, 2, \dots, n$ . В силу неограниченности ресурса линии все  $n$  процессов не зависят друг от друга. Для  $k$ -го потока стационарная вероятность  $p_k(i_k)$  нахождения  $i_k$  заявок на обслуживании определяется из равенства:

$$p_k(i_k) = e^{-\frac{\lambda_k}{\mu_k} \left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^{i_k}}, \quad i_k = 0, 1, \dots, \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

Для совместных вероятностей получаем следующее выражение:

$$p(i_1, i_2, \dots, i_n) = e^{-\sum_{k=1}^n \frac{\lambda_k}{\mu_k} \left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^{i_1} \left(\frac{\lambda_2}{\mu_2}\right)^{i_2} \dots \left(\frac{\lambda_n}{\mu_n}\right)^{i_n}} \quad (3)$$

$$i_k = 0, 1, \dots, \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

Оно следует из независимости процессов обслуживания заявок отдельных потоков. Таким образом, в данном частном случае мы установили свойство мультипликативности для вероятностей совместного обслуживания заявок. Чтобы показать справедливость (2) в общем случае, заметим, что для модели с неограниченным канальным ресурсом процессы  $i_k(t), k = 1, 2, \dots, n$  независимы и обладают свойством обратимости. Обратимые Марковские процессы обладают рядом замечательных характеристик, важнейшей из которых является сохранение свойства обратимости и значений (с точностью до нормировки) стационарных вероятностей после выполнения некоторых видов урезания используемого пространства состояний. Процедура урезания связана с возможностью изменения характера переходов анализируемого обратимого процесса. Приведём запись этого утверждения. Для обратимого Марковского процесса  $r(t)$ , определённого на счётном пространстве состояний  $\Omega$  и имеющего стационарное распределение  $\pi(j), j \in \Omega$ , совершим урезание используемого пространства состояний до размеров  $S \subset \Omega$ . Далее переопределим процесс  $r(t)$ , положив равными нулю интенсивности перехода из состояний, принадлежащих множеству  $S$ , в состояния, принадлежащие множеству  $\Omega \setminus S$ . Если построенный таким образом Марковский процесс  $r^*(t)$  обладает свойством неприводимости на пространстве  $S$ , то процесс  $r^*(t)$  будет также и обратим, а его стационарные вероятности  $\pi^*(j)$  определяются из соотношений:

$$\pi^*(j) = \frac{\pi(j)}{\sum_{s \in S} \pi(s)}, \quad j \in S \quad (4)$$

Чтобы проверить наличие свойства неприводимости у Марковского процесса, использованного для описания анализируемой модели мультисервисной линии, достаточно проверить, что из произвольного состояния, принадлежащего пространству состояний  $S$ , можно попасть в любое другое состояние из множества  $S$  и обратно в результате поступления некоторого числа заявок и окончания их обслуживания. В рассматриваемом случае все условия сформулированного утверждения выполняются. Следовательно, для стационарных вероятностей модели мультисервисной линии с ограниченной скоростью передачи справедливы равенства (2), что и доказывает требуемый результат.

Свойство мультипликативности, а также используемая схема распределения канального ресурса дают возможность построить эффективные рекурсивные алгоритмы расчёта стационарных характеристик модели. Следует отметить, что свойство мультипликативности в форме (2) сохраняется и при изменении характера функции распределения времени обслуживания заявки  $k$ -го потока. Для этого достаточно потребовать, чтобы для всех заявок  $k$ -го потока вид функции распределения был

одинаков, а времена обслуживания заявок не зависели бы друг от друга и от поступающих потоков. Доказательство данного утверждения осуществляется аппроксимацией произвольного распределения длительности обслуживания эрланговских распределений или распределений фазового типа, а для них справедливость соотношений (2) доказывается преобразованием системы уравнений равновесия.

Таким образом, расчётные алгоритмы, разработанные на основе (2), можно использовать и в ситуации, когда для заявки  $k$ -го потока время занятия канального ресурса на передачу информации имеет детерминированное распределение (т.е. постоянно), эрланговское распределение, распределение фазового типа. Устойчивость мультипликативного представления по отношению к функции распределения времени обслуживания заявки сохраняется и при некотором ослаблении ограничений на модель входного потока и структуру анализируемой сети связи. Для упрощения вида последующих выражений перейдём к записи интенсивностей поступающих заявок в Эрлангах, т.е. в числе заявок, поступающих за среднюю продолжительность обслуживания одной заявки, которая далее будет принята за единицу. Введём соответствующие обозначения

$$a_k = \frac{\lambda_k}{\mu_k}, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

Для исследуемой модели значение  $a_k$  задаёт интенсивность предложенного трафика  $k$ -го потока заявок. Соответствующая характеристика определяется как среднее число заявок  $k$ -го потока, находящихся на обслуживании в отсутствие потерь. Величина  $a_k$  определяет потенциальное число соединений для рассматриваемого потока заявок.

Таким образом, свойство мультипликативности (2) приобретает вид:

$$p(i_1, i_2, \dots, i_n) = \frac{1}{N} \frac{a_1^{i_1}}{i_1!} \frac{a_2^{i_2}}{i_2!} \dots \frac{a_n^{i_n}}{i_n!}, \quad (i_1, i_2, \dots, i_n) \in S. \quad (6)$$

$$N = \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S} \frac{a_1^{i_1}}{i_1!} \frac{a_2^{i_2}}{i_2!} \dots \frac{a_n^{i_n}}{i_n!}$$

Полученные выражения можно использовать для оценки  $\pi_k, m_k$ .

$$\pi_k = \frac{1}{N} \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in U_k} \frac{a_1^{i_1}}{i_1!} \frac{a_2^{i_2}}{i_2!} \dots \frac{a_n^{i_n}}{i_n!} \quad (7)$$

$$m_k = \frac{b_k}{N} \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S} \frac{a_1^{i_1}}{i_1!} \frac{a_2^{i_2}}{i_2!} \dots \frac{a_n^{i_n}}{i_n!} i_k$$

Соотношения (7) при  $n = 1$  активно используются при проектировании сетей. Приведём соответствующие расчётные выражения. Пусть для простоты  $b_1 = 1$ . Поскольку поток заявок один, то здесь и далее при записи параметров и характеристик моносервисной модели не использовать нижний индекс для обозначения номера потока и примем  $a = \frac{\lambda}{\mu}$ . Получаем  $S = (0, 1, \dots, v)$ ,  $U = (v)$ . Выражения (7) приобретают вид:

$$\pi = \frac{1}{N} \frac{a^v}{v!} = \frac{\frac{a^v}{v!}}{1 + a + \frac{a^2}{2!} + \dots + \frac{a^v}{v!}}, \quad (8)$$

$$m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^v \frac{a^i}{i!} i = a(1 - \pi)$$

Выражение для доли потерянных заявок  $\pi$  представляет собой формулу Эрланга [2]. Для записи  $\pi$  используется специальное обозначение  $E(v, a)$ .

Аналитические выражения (2) и (6) обычно не применяются для вычислений, поскольку число неизвестных вероятностей  $p(i_1, i_2, \dots, i_n)$  быстро увеличивается, начиная со сравнительно небольших значений  $v$  и  $n$ . Примем для простоты, что  $b_k = 1, k = 1, 2, \dots, n$ . Тогда общее число состояний в пространстве  $S$  можно найти из выражения:

$$C_v^m = \frac{(v+1)(v+2)\dots(v+n)}{n!} \approx \frac{e^n}{\sqrt{2\pi n}} \left(\frac{v}{n}\right)^n$$

оценка в правой части приведённого соотношения получена с использованием формулы Стирлинга, что при  $n = 10, v = 100$  число состояний превосходит значение  $2 \cdot 10^{13}$ , а при  $n = 10, v = 1000$  значение  $2 \cdot 10^{23}$ .

Тем не менее, наличие выражений (2) и (6) значительно упрощает процедуру расчёта введённых показателей качества обслуживания поступающих заявок.

**Рекурсивный алгоритм.** Эффективный алгоритм оценки  $\pi_k, m_k, k = 1, 2, \dots, n$  основан на использовании значений вероятностей пребывания  $r(t)$  во множестве состояний, куда входят состояния  $(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S$  удовлетворяющие условию:

$$i_1 b_1 + i_2 b_2 \dots i_n b_n = i$$

Значение  $i$  меняется от 0 до  $v$  и показывает, сколько единиц ресурса мультисервисной линии используется всеми поступающими потоками заявок. Пространство состояний  $S$  можно представить как объединение всех взаимно непересекающихся подмножеств  $S_i, i = 0, 1, \dots, v$ . Таким образом, получаем:

$$S = \cup_{i=0}^v S_i \tag{9}$$

Определим  $p(i)$  из равенства:

$$p(i) = \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_i} p(i_1, i_2, \dots, i_n), \quad i = 0, 1, \dots, v.$$

Введённые показатели качества обслуживания заявок  $k$ -го потока могут быть найдены, если известны только значения  $p(i)$ .

$$\begin{aligned} \pi_k &= \frac{1}{N} \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in U_k} \frac{a_1^{i_1}}{i_1!} \frac{a_2^{i_2}}{i_2!} \dots \frac{a_n^{i_n}}{i_n!} = \\ &= \frac{1}{N} \sum_{i=v-b_k+1}^v \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_i} \frac{a_1^{i_1}}{i_1!} \frac{a_2^{i_2}}{i_2!} \dots \frac{a_n^{i_n}}{i_n!} = \sum_{i=v-b_k+1}^v p(i) \end{aligned} \tag{10}$$

Для оценки  $m_k$  можно использовать равенство:

$$m_k = a_k b_k (1 - \pi_k) \tag{11}$$

Из равенств (10) и (11) следует, что для вычисления  $\pi_k, m_k$ , достаточно знать величину вероятностей  $p(i), i = 0, 1, \dots, v$ . Построим алгоритм оценки значений  $p(i), i = 0, 1, \dots, v$ , воспользовавшись для этого результатами [4]. В частности, покажем, что нормированные величины искомым вероятностей  $p(i), i = 0, 1, \dots, v$  связаны рекуррентными соотношениями следующего вида:

$$p(i) = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^n a_k b_k p(i - b_k) I(i - b_k \geq 0), \quad i = 1, 2, \dots, v, \tag{12}$$

где  $I(\bullet)$  — индикаторная функция. Отметим, что выражение (12) выполняются и для ненормированных значений  $P(i)$ .

Для доказательства (12) преобразуем  $ip(i)$  к виду:

$$ip(i) = \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_i} ip(i_1, i_2, \dots, i_n) = \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_i} (\sum_{k=1}^n b_k i_k) p(i_1, i_2, \dots, i_n) =$$

$$= \sum_{k=1}^n b_k \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_i} p(i_1, i_2, \dots, i_n) i_k \quad (13)$$

Воспользовавшись мультипликативным представлением стационарных вероятностей (6), получим выражение для:

$\sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_i} p(i_1, i_2, \dots, i_n) i_k$   
 через  $p(i - b_k)$ , соответствующее выражение выглядит следующим образом:

$$\sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_i} p(i_1, i_2, \dots, i_n) i_k = \frac{1}{N} \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_i} \frac{a_1^{i_1}}{i_1!} \frac{a_2^{i_2}}{i_2!} \dots \frac{a_n^{i_n}}{i_n!} \times i_k =$$

$$= \frac{a_k}{N} \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_i} \frac{a_1^{i_1}}{i_1!} \dots \frac{a_k^{i_k-1}}{(i_k-1)!} \dots \frac{a_n^{i_n}}{i_n!} I(i_k > 0) =$$

$$= a_k \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_i} p(i_1, \dots, i_k - 1, \dots, i_n) I(i_k > 0) =$$

$$= a_k \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_{i-b_k}} p(i_1, i_2, \dots, i_n) I(i - b_k \geq 0) = a_k p(i - b_k) I(i - b_k \geq 0). \quad (14)$$

Подставив (14) в (13), получаем рекуррентную формулу (12).

Найдём выражение (11) для оценки  $m_k$  через значение доли потерянных заявок  $k$ -го потока. Для этого воспользуемся соотношениями (9), (14).

$$m_k = \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S} p(i_1, i_2, \dots, i_n) i_k b_k = \quad (15)$$

$$= b_k \sum_{i=0}^v \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S_i} p(i_1, i_2, \dots, i_n) i_k =$$

$$= a_k b_k \sum_{i=0}^v p(i - b_k) I(i - b_k \geq 0) =$$

$$= a_k b_k \sum_{i=0}^{v-b_k} p(i) = a_k b_k (1 - \sum_{i=v-b_k+1}^v p(i)) = a_k b_k (1 - \pi_k)$$

Используя соотношения (12), нетрудно выразить значения ненормированных вероятностей  $P(i)$  через ненормированное значение вероятностей какого-либо одного состояния, например, через  $P(0)$ . Далее после нормировки находятся вероятности  $p(i), i = 0, 1, \dots, v$ , а с ними и величины характеристик  $\pi_k, m_k, k = 1, 2, \dots, n$ . Перечислим шаги соответствующего рекурсивного алгоритма.

1. Положим значение  $P(0) = 1$ .
2. Выразим значения вероятностей  $P(i), i = 1, 2, \dots, v$  через  $P(0)$ , используя соотношение

$$P(i) = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^n a_k b_k P(i - b_k) I(i - b_k \geq 0) \quad (16)$$

и последовательно увеличивая величину  $i$ , от 1 до  $v$ . При каждом фиксированном  $i$  значения выражений  $P(i - b_k) I(i - b_k > 0), k = 1, 2, \dots, n$ , участвующих в записи правой части суммы (16), либо уже представлены через  $P(0)$  (для  $i - b_k \geq 0$ ), либо равны 0 (для  $i - b_k < 0$ ).

Находим величину нормировочной константы:

$$N = \sum_{i=0}^v P(i)$$

Определяем нормированные значения вероятностей  $p(i)$ :

$$p(i) = \frac{P(i)}{N}, \quad i = 0, 1, \dots, v.$$

Находим величину введенных показателей качества совместного обслуживания заявок для каждого из  $n$  анализируемых потоков:

$$\pi_k = \sum_{i=v-b_k+1}^v p(i), \quad m_k = a_k b_k (1 - \pi_k), \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

**Вывод:** Оценим вычислительную сложность реализации построенного алгоритма количеством выполненных арифметических операций.

Основные усилия тратятся на вычисление  $P(i)$  в соответствии с шагом 2. При этом выполняется  $O(n)$  арифметических операций.

Общее число операций, которые необходимо совершить для вычисления всех вероятностей, оценивается величиной  $O(nv)$ .

Так как  $n$  — константа, то отсюда следует, что время счёта увеличивается линейно с ростом объёма канального ресурса линии.

Таким образом, для каждого из  $n$  потоков решена задача определения доли потерянных заявок, а также среднего значения канального ресурса линии, занятого на их обслуживание.

Поскольку появилось эффективное средство оценки показателей качества обслуживания заявок, то тем самым значительно упростилось проблема нахождения минимального объёма канального ресурса линии, обеспечивающего заданные (нормированные) значения характеристик приема заявок на обслуживание.

### Литература

1. Зимин И.В. Исследование модели оценки канального ресурса для сервисов реального времени / И.В. Зимин, С. Алымкулов А. // Теоретический и прикладной научно-технический журнал.- Бишкек, 2013
2. Зимин И.В. Учебник: «Управление трафиком в сетях и системах телекоммуникаций» / И.В.Зимин.- Бишкек: «Алтын Принт», 2012
3. Степанов С.Н. Материалы курса лекций «Основы теории моделирования сетей и систем телекоммуникаций» // Московский технический университет связи и информатики, Москва, 2008г.
4. Лагутин В.С. Трафик мультисервисных сетей связи / В.С. Лагутин, С.Н. Степанов .- «Радио и связь», Москва, 2000
5. Зимин И.В., Баянкина Е.В. Практическое применение задач управления сетевыми ресурсами в телекоммуникационных сетях / И.В. Зимин, Е.В. Баянкина // Проблемы автоматизации и управления. Материалы международной конференции «Проблемы управления и информационных технологий». -Бишкек.-2010.-№2. - С. 31-35.
6. Зимин И.В. Методы теории массового обслуживания в задачах моделирования перспективных телекоммуникационных систем // ГОУ «Восточно - Сибирский государственный технологический университет» Материалы конференции десятой Всероссийской научно-технической конференции «Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий».- Улан-Удэ, июль 2009.- Ч.1. С. 66-72
7. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей /С.Н. Степанов .- М:ЭКОТРЕНДЗ, 2010

УДК 621.315.01

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЭС ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

*Джунуев Телеген, профессор, Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66*

*Мамакеева Айжан Канатбековна, преподаватель Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66*

Цель работы - рассмотрение применения интеллектуальных электрических систем к электроэнергетическим системам ограниченной мощности как способ повышения надежности и устойчивости, основанная на применении современных устройств управления режимами таких систем. Применение к электрическим сетям, которые самостоятельно осуществляют функции самоконтроля, анализа и составления диагностических отчетов.

Ключевые слова: мощность, электроэнергетическая система, надежность, интеллектуальная сеть, эффективность, процесс.

## INTELLECTUAL NETWORKS AS WAY OF INCREASE OF RELIABILITY OF ELECTRICAL POWER SYSTEMS OF LIMITED

*Dzhunuyev Telegen, professor, the Kyrgyz state technical university of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave, 66*

*Mamakееva Ayzhan Kanatbekovna, the teacher the Kyrgyz state technical university of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave., 66*

The work purpose - consideration of use of intellectual electric systems to electrical power systems of limited power as a way of increase of reliability and stability, based on application of modern control units by the modes of such systems. Application to electric networks which independently carry out functions of self-checking, the analysis and drawing up diagnostic reports.

**Keywords:** power, electrical power system, reliability, intellectual network, efficiency, process.

В настоящее время ещё нет чёткого определения этого понятия. Умная сеть, сильная сеть, интеллектуальная сеть, активно-адаптивная сеть или сеть Smart Grid, как называют её на Западе. Этот термин применяется к электрическим сетям, которые самостоятельно осуществляют функции самоконтроля, анализа и составления диагностических отчетов. Такие сети позволяют осуществлять бесперебойное электроснабжение с максимальной экономической эффективностью. Новые технологии способны наделять сеть такими свойствами, как самодиагностика и самовосстановление, когда в автоматическом режиме выявляются наиболее слабые участки сети либо аварийно-опасные элементы и схема сети, опять же автоматически, перестраивается таким образом, чтобы избежать аварии.

Из множества определений интеллектуальной сети в настоящее время можно сформулировать три основные цели, которые должны быть реализованы этим определением;

1. Повышение надёжности электроснабжения потребителей и безотказности, надёжности и устойчивости работы энергосистем;
2. Повышение эффективности расхода энергоресурсов с сохранением требуемых параметров качества электрической энергии;
3. Увеличение доли использования нетрадиционных источников энергии и улучшение за счёт этой экологической обстановки.

Существующие в настоящее время разные концепции Smart Grid затрагивают следующие аспекты:

- экологически более чистый процесс производства электрической энергии;
- управление электротехническим оборудованием;
- мониторинг (контроль, наблюдение, слежение) состояния электротехнического оборудования и режимов его работы;
- автоматизация магистральных распределительных сетей и узловых подстанций и регулирование потоков мощностей.

При разработке концепций и проектов по внедрению интеллектуальных сетей следует помнить, что Smart Grid – это не просто автоматизация процесса управления производством, передачи и распределением электрической энергии. Это система управления всей электрической сетью, которая в конечном итоге должна стать полностью автоматической, а все имеющиеся автоматизированные системы (АСУ ТП, АСТУ, ССПИ, АСТУЭ, системы мониторинга, системы управления данными и др.) являются лишь инструментом для достижения поставленных целей.

Интегрированные в единую платформу существующие автоматизированные информационные системы позволят по-новому подходить к построению электрических сетей, к ведению их режимов работы и контролю за их состоянием.

Интеллектуальная электрическая сеть в зависимости от сложившихся условий в автоматическом режиме будет производить переконфигурацию для достижения минимума затрат энергоресурсов без снижения надёжности работы.

В условиях чрезвычайных происшествий Smart Grid позволяет быстрее реагировать на ситуацию и восстанавливать работоспособность сети.

Перевод Кыргызских национальных электрических сетей в формат активно-адаптивной сети позволит повысить системную надёжность и устойчивость электросетевого комплекса, а также гибко регулировать потоки мощности, обусловленные изменением генерации и потребления электроэнергии. Для интеллектуальной сети характерны более низкие потери электроэнергии при её передаче и меньшее влияние на экологию.

Сегодня энергетическая система, развиваясь недостаточно быстрыми темпами, в значительной степени устарела и характеризуется высокой степенью морального и физического износа, высокими потерями, низкой степенью развития систем управления, ограниченной функциональностью систем мониторинга и контроля, что приводит к понижению уровня надёжности и устойчивости. Поэтому вопрос о создании сети нового поколения, основанной на последних достижениях науки и техники, стоит очень остро.

Таким образом современная интеллектуальная сеть должна включать системы управления, в том числе такие как DMS – системы программного управления распределительными сетями, OMS – системы управления аварийными отключениями, GIS – геоинформационные системы, системы управления мобильными рабочими бригадами, которые интегрируются с системами управления основными фондами и SCADA – системами диспетчерского контроля и сбора данных.

Всё это в совокупности принесёт ощутимый экономический эффект, приведёт к сокращению энергопотерь, повышению эффективности управления сетями, и, как



результат, росту качества и надёжности поставок электроэнергии конечным потребителям.

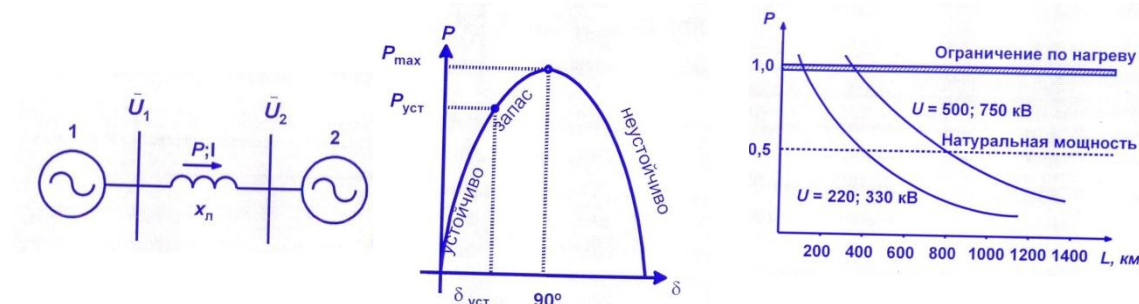
При создании активно-адаптивной сети должны быть использованы современные средства управления, новые системы диагностики и высокоскоростные системы передачи информации.

В свою очередь интеллектуальная сеть требует разработки и внедрения целого комплекса инновационного оборудования и технологий, иного подхода к планированию, проектированию, строительству и эксплуатации объектов сети.

Одним из основных элементов активно-адаптивной сети является «цифровая» подстанция. Создание таких подстанций является общемировой тенденцией, работы над такими проектами ведутся в Европе, США, Японии, Индии и Китае. Идея «цифровой» подстанции заключается в создании систем контроля, защиты и управления нового поколения, в которых вся информация рождается, перерабатывается и управляет оборудованием в цифровом формате.

В качестве одного из этапов построения интеллектуальной сети должно стать создание единой автоматизированной системы технологического управления. Такая система должна быть направлена на повышение контроля за состоянием сети, на предотвращение возникновения нештатных режимов, на создание систем онлайн-мониторинга и на интеллектуальную диагностику состояния оборудования. Применение таких систем повысит эффективность управления функционированием и пропускной способностью электросетей, как в нормальных, так и аварийных и послеаварийных режимах, позволит обеспечить надёжный приём и транспортировку энергии и получать качественную информацию о режимах и состоянии ЭС.

На первом же этапе создания современных интеллектуальных электроэнергетических систем они должны строиться на интеграции традиционных систем и процессов в энергетике с новыми коммуникационными технологиями и



целостной многоуровневой автоматизированной системой управления.

Проведённые исследования показывают, что пропускная способность линий 220-750 кВ ограничивается нагревом проводов и устойчивостью электропередачи (рис. 1), причём для линий напряжением 220 и 330 кВ – как нагревом, так и устойчивостью, а для линий напряжением 500 и 750 кВ – в основном устойчивостью

Рис. 1. Зависимость пропускной способности линий от дальности передачи

С увеличением же длины линий устойчивость является основным фактором, ограничивающим предел передаваемой мощности. Положение усугубляется тем, что запас устойчивости электропередачи при большой длине линии вообще невелик.

Известно, что передаваемая по линии без потерь активная мощность (AM) и потребляемая по её концам реактивная мощность (PM) в зависимости от угла передачи  $\delta$  определяются по следующим формулам:[1,2]

$$P = \frac{U_1 U_2}{X_{\dot{E}}} \sin \delta; Q_1 = \frac{U_1 (U_1 - U_2 \cos \delta)}{X_{\dot{E}}}; Q_2 = \frac{U_2 (U_2 - U_1 \cos \delta)}{X_{\dot{E}}}; \quad (1)$$

где  $U_1, U_2$  - напряжения в начале и в конце линии;  $X_l$  - индуктивное сопротивление линии;  $\delta$  - угол между векторами  $U_1, U_2$ .

Ограничения величины передаваемой мощности  $P_0$  вызваны необходимостью обеспечить статическую устойчивость в нормальном режиме с нормативным коэффициентом запаса статической устойчивости по передаваемой мощности:

$$K_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{лб}} - P_0}{P_0} 100 \% > 20\%, \quad (2)$$

где  $P_{\text{лб}}$  - предел передаваемой мощности линии, имеющей по концам напряжения  $U_1$  и  $U_2$

$$P_{\text{лб}} = \frac{U_1 U_2}{X_{\text{л}}}. \quad (3)$$

Эта мощность может быть достигнута при максимально возможном угле  $\delta = \pi/2 = 90^\circ$ .

Также нужно обеспечить динамическую устойчивость в аварийном режиме и передачу требуемой мощности по ЛЭП в послеаварийном режиме с нормативным коэффициентом запаса  $K_{\text{зап}} > 8\%$ .

Как следует из выражения (1), предел передаваемой мощности  $P_{\text{лб}}$  длинных ВЛ может быть увеличен за счёт снижения (компенсации) сопротивления линии путем:

1) деления линии на части при установке в середине линии статического тиристорного компенсатора реактивной мощности (СТК).

Существенное повышение пропускной способности ЛЭП происходит в диапазоне углов  $90^\circ < \delta < 180^\circ$  или в так называемой зоне искусственной устойчивости, в которой аварийное отключение СТК может привести к потере устойчивости электропередачи;

2) введения в линию устройства продольной компенсации (УПК) с ёмкостным сопротивлением  $X_c$ . Кроме повышения пропускной способности линии, УПК позволяют перераспределять мощность между параллельными линиями электропередачи за счёт изменения сопротивления ВЛ.

Для перераспределения мощности между параллельными связями неодинаковой длины, а также разных классов напряжений применяют фазоповоротные устройства (ФПУ).

Все эти устройства являются классическими и изменяют передаваемую по линии мощность, воздействуя на один из трех параметров: СТК - на напряжение, ПК - на сопротивление линии, а ФПУ - на угол передачи.

Таким образом, основой повышения управляемости и надежности таких электроэнергетических систем является применение устройств FACTS, современных цифровых автоматизированных устройств управления, защиты и передачи информации, системы мониторинга состояния и диагностики оборудования, работающими в режиме on-line.

В электрических сетях и системах Кыргызстана возможно применение различных устройств FACTS, но предпочтение при прочих близких технико-экономических характеристиках должно отдаваться тем устройствам, которые обладают способностью глубокого регулирования реактивной мощности, высокого быстродействия, оптимизации потокораспределения мощности, ограничения токов короткого замыкания.

В первую очередь необходимо развернуть комплексную работу по выбору и проектированию пилотных электросетевых проектов, на которых могут быть внедрены технологии FACTS. Это проекты второй цепи ЛЭП-500 кВ Юг-Север; ПС-500 кВ «Датка» и «Кемин»; каскад Камбаратинских ГЭС; каскад Верхнее-Нарынских ГЭС и Каракеченская ГРЭС.

## Литература

1. Веников В.А. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей / В.А Веников, Л.А. Жуков, Г.Е. Поспелов. - М.: Высшая школа, 1975. - 344 с. с ил.
2. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем / П.С. Жданов Под ред. Л.А. Жукова. М.: Энергия, 1979.

УДК 621.39(075.8)

### РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ И НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 10 КВ

**Кадыркулов Суеркул Сеитович**, к.т.н., профессор, e-mail: [suerkul@mail.ru](mailto:suerkul@mail.ru),  
**Жусубалиева Бубуканипа Керимовна**, к.т.н., доцент, e-mail: [jusubalievak@gmail.com](mailto:jusubalievak@gmail.com),  
 КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мура 66,  
**Хожин Г.Х.**, Казахстан, г. Алматы, Алматинский институт энергетики и связи

Изложена методика расчетного определения потерь энергии и напряжения в ВЛ 10 кВ с использованием данных замеров максимума нагрузки.

**Ключевые слова:** Потери электрической энергии, потери напряжения, максимум нагрузки, коэффициент одновременности, фидер

**Kadyrkulov Suerkul S.**, PhD (Engineering), Professor, e-mail: [suerkul@mail.ru](mailto:suerkul@mail.ru), **Jusubalieva Bublikanipa K.**, PhD (Engineering), Associate Professor, e-mail: [jusubalievak@gmail.com](mailto:jusubalievak@gmail.com),  
 Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, KSTU named after I. Razzakov, **Hoshin G.H.**, Kazahstan, c. Almaty, Almaty university of power engineering and communication

Calculation method of the power and voltage losses for 10 kV transmission lines utilizing the data of peak load measurements is proposed.

**Keywords:** Electric energy losses, voltage loss, peak (electrical) demand, coincidence factor, feeder

В нагрузке сельских сетей 0,38-10 кВ всех распределительных электрокомпаний Кыргызстана подавляющую часть составляет электроотопление, пищеварение и горячее водоснабжение, от тока нагрузки которых имеет место основная доля потерь мощности (энергии) и напряжения в линии.

Методику определения этих потерь покажем на примере действующего фидера 10 кВ, схема которого приведена на рис. 1. Общая длина фидера 56,8 км, в том числе суммарная длина отпаяк 35,8 км, а длина магистральной части ВЛ – 21 км, количество питающихся от фидера ТП 10/04 кВ – 11 с суммарной нагрузкой 2420 кВА. Каждая ТП питает определенное количество индивидуальных домов с электроотоплением.

В табл.1 приведены результаты замеров нагрузок всех ТП фидера, выполненные в режиме максимума нагрузки отопительного периода.

Таблица 1

№ ТП	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Количество абонентов	13	17	15	21	18	16	23	14	23	19	25
$S_{ТП}$ кВА	150	195	175	240	210	200	285	170	290	220	285

Мощности нагрузки и значения токов участков фидера 10 кВ с использованием результатов замеров из табл. 1 определяем по выражениям

$$P_{уч.i} = K_{03} \sum P_{ТП за i}, \quad S_{уч.i} = P_{уч.i} / \cos\varphi, \quad I_{уч.i} = S_{уч.i} / \sqrt{3} \cdot U_n \quad (1)$$

где  $K_{03}$  – коэффициент одновременности для суммирования нагрузок ТП [1], зависит от количества ТП (табл. 2).  $\sum P_{ТП за i}$  – нагрузки ТП, находящиеся ниже рассматриваемого  $i$ -го участка фидера;

$\cos\varphi=0,93$  – коэффициент мощности;  
 $S_{уч.i}$  – полная мощность.

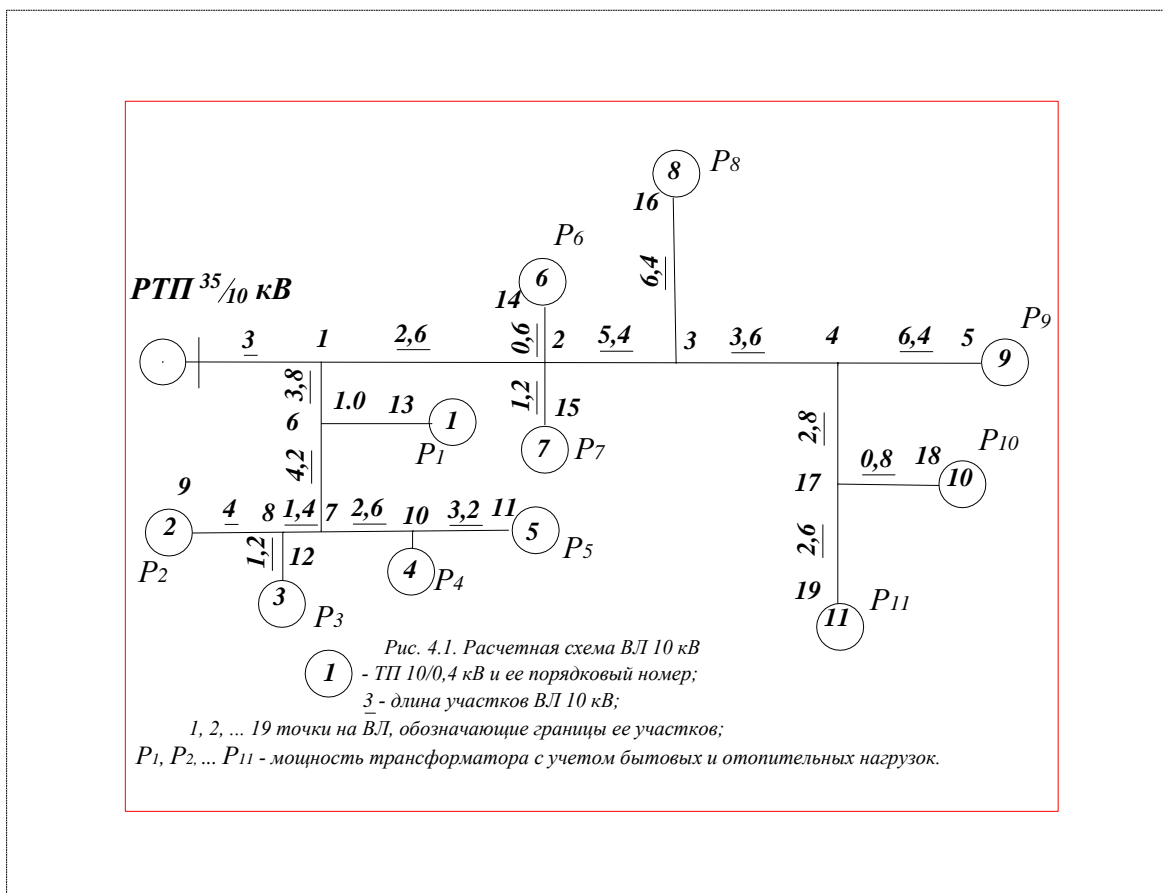


Таблица 2

Значения коэффициента одновременности для суммирования нагрузок ТП

	Число ТП					
	2	3	5	10	20	25 и более
$K_0$	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65

Результаты расчетов мощности и токов нагрузок участков фидера, определенные по выражениям (1), сведены в табл. 3.

Таблица 3

Участки	Значения $P_{расч}$ , кВт; $S_{расч}$ , кВа для участков								
	17-19	17-18	4-5	4-17	3-4	3-16	2-3	2-14	2-15
$S_{расч}$ , кВа	285	220	290	454,5	675,8	170	791,3	200	285
$I_{max}$ , А	16,50	12,70	16,8	26,3	39	9,82	45,76	15,6	16,5
	Значения $P_{расч}$ , кВт; $S_{расч}$ , кВа; $I_{max}$ , А для участков								
	1-2	10-11	7-10	8-9	8-12	7-8	6-7	1-6	РТП-1
$S_{расч}$ , кВа	1131	210	405	195	175	333	713,4	776	1815
$I_{max}$ , А	65,4	12,14	23,4	11,29	10,1	19,25	41,24	44,85	10,5

Далее для каждого участка фидера 10 кВ определяем годовые потери энергии. Для  $i$ -го участка потери энергии находятся по выражению:

$$\Delta W_i = 3 I_{max,i}^2 \cdot r_o \cdot l_i \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \text{ кВтч} \quad (2)$$

где  $I_{max,i}$  – ток нагрузки на  $i$ -ом участке в режиме максимума;

$r_o$  – удельное сопротивление провода ВЛ, для провода АС-50  $r_o=0,61$  Ом/км;

$l_i$  – длина  $i$ -го участка ВЛ 10 кВ;

$\tau$  – время наибольших потерь, согласно [1]  $\tau = 1900$  ч.

Годовые потери  $\Delta W_{год}$  по фидеру находятся как:

$$\Delta W_{\text{агг}} = \sum_{i=1}^m \Delta W_i$$

где  $m$  – количество участков фидера (см. рис. 1.)

Для иллюстрации покажем расчет потерь энергии на участке 3-4 (см. рис. 1.)

Значения  $I_{max}$  и  $l_{3-4}$  берем из табл. 4.3

$$\Delta W_{3-4} = 3 (39,3)^2 \cdot 0,61 \cdot 3,6 \cdot 1900 \cdot 10^{-3} = 19349,4 \text{ кВтч.}$$

Результаты расчетов  $\Delta W_i$  сведены в табл. 4.

Таблица 4

Потери энергии на участках фидера 10 кВ

Длина	Участки фидера								
	17-19	17-18	4-5	4-17	3-4	3-16	2-3	2-14	2-15
$l_i$ км	2,6	0,8	6,4	2,8	3,6	6,4	5,4	0,6	1,2
$\Delta W_j$ кВтч	2479,5	448,64	6280,6	6400,4	19349,4	2147,7	39350,0	508,13	1136,9
			3	6	4		0		1
Участки фидера									
	1-2	10-11	7-10	8-9	8-12	7-8	6-7	1-6	РТП-1
$l_i$ км	2,6	3,2	2,6	4	1,2	1,4	4,2	3,8	3
$\Delta W_j$ кВтч	38700,74	1641,2	4954,3	1774,5	426,0	1805,3	24856,8	26600,4	115101
		2				8	0		

Таким образом, объем годовых потерь электроэнергии по фидеру 10 кВ, рассчитанные по данным замеров (табл.1), составляет 293,95 тыс. кВтч.

Оценку потерь напряжения в линии фидера 10 кВ и определение его уровня в узловых точках сети (точки 1,2,3,4,5,6,7,17,19 схемы рис.1) начинаем выполнять с головного участка фидера. При этом напряжение на шинах РТП 35/10 кВ принимаем равным 10,5 кВ. 1, а значение напряжения в точке 1  $U_1$  определяем с учетом его падения на предыдущем участке как разности  $U_1=(10,5 - \Delta U_{рмп-1})$  кВ, где  $\Delta U_{рмп-1}$ , рассчитанное падение напряжения на участке РТП-1. Аналогичный учет потери  $\Delta U$  ведем для каждого последующего участка. Например, уровень напряжения в точке 3 определяем как  $U_3=(U_2 - \Delta U_{2-3})$  кВ, где  $U_2$  расчетное значение напряжение в точке 2, полученное с учетом потери напряжения на предыдущем участке 1-2.

Для выполнения расчета воспользуемся методикой [14], где рекомендуется вести расчет с помощью номограммы удельных потерь напряжения в ВЛ 10 кВ с учетом сечения проводов. При этом потеря напряжения в % от фактического значения напряжения в начале участка определяется как

$$\Delta U_{\%} = \Delta U_{y\partial} \cdot S_{расч} \cdot l_y \quad (3)$$

где  $\Delta U_{y\partial}$  – удельные потери напряжения для алюминиевых проводов конкретного сечения из номограммы [2];

$S_{расч}$  – расчетная нагрузка участка фидера 10 кВ (из табл. 3).

$l$  – длина участка фидера (из рис. 1).

Покажем определение потери напряжения на примере участка РТП-1 для провода АС-50 по формуле (3). Для АС-50 при  $\cos\varphi=0,93$

$$\Delta U_{y\partial} \% = 0.675 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta U_{\text{ртп-1}}\% = 0,675 \cdot 10^{-3} \cdot 1815 \cdot 3 = 3,68\%$$

$$\Delta U_{\text{ртп-1}} = U_n \cdot 0,035 = 10,5 \cdot 0,035 = 0,381 \text{ кВ}$$

Следовательно, напряжение в точке 1 фидера  $U_1 = 10,5 - 0,386 = 10,11 \text{ кВ}$ .

Аналогично определены значения потерь в процентах и в кВ. Результаты расчетов сведены в табл. 5.

Отметим, что для всех участков фидера величина удельных потерь напряжения  $\Delta U_{\text{уд}}\%$  будет одинаковым и равным  $0,675 \cdot 10^{-3}$  так как одинаковы сечения проводов.

Таблица 5

Показатели	Расчетная точка на схеме фидера									
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	
Длина участка в км	3,0	2,6	5,4	3,6	6,4	3,8	4,2	5,4	2,6	
$S_{\text{уч}}$ , кВА	1805	1012	764	645	264,52	757	674	239	402	
$U$ в расч. точке, кВ	10,1	9,9	9,6	9,42	8,67	9,9	9,63	9,0	9,05	

продолжение таблицы .5

Показатели	Расчетная точка на схеме фидера				
	11	16	17	18	19
Длина участка в км	3,2	6,4	2,8	0,8	2,6
$S_{\text{уч}}$ , кВА	204	161,3	445,0	215,0	279,6
$U$ в расч. точке, кВ	9,0	9,08	8,9	8,6	8,4

Из расчетов (табл. 5) видно, что при существующих нагрузках потери напряжения во всех контрольных точках фидера, включая вводы 10 кВ ТП, имеет место пониженное напряжение, а в точках 9,10,11,16,17,18,19 уровень снижения напряжения составляет 8-13%, что недопустимо согласно [28].

### Список литературы

1. Будзко И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Н.М. Зуль - М.: Агропромиздат, 1990.
2. Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование / И.Л. Каганов – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1990

УДК 621.314

### АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ С АКТИВНО-ЕМКОСТНОЙ НАГРУЗКОЙ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

*Касмамбетов Хусеин Талантбекович, старший преподаватель, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [kusein@mail.ru](mailto:kusein@mail.ru)*

Рассматривается методика о предварительном допущении бесконечно большого значения емкости фильтра для определения аналитических зависимостей выходных характеристик выпрямителей с активно-емкостной нагрузкой

**Ключевые слова:** Выпрямитель с емкостным сглаживающим фильтром, эквивалентная схема замещения,  $p$ -пульсационный выпрямитель, свободный разряд фильтра, активно-емкостная нагрузка, пульсация, угол отсечки

**ANALYTICAL DEPENDENCES OF OUTPUT CHARACTERISTICS OF RECTIFIERS WITH RESISTIVE-CAPACITIVE LOADING AND THEIR DEFINITION**

*Kasmambetov Husein T, senior teacher, Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek. KSTU named after I. Razzakov, e-mail: [kusein@mail.ru](mailto:kusein@mail.ru)*

The technique about a preliminary assumption of infinitely great value of capacity of the filter for determination of analytical dependences of output characteristics of rectifiers with resistive-capacitive loading is considered

**Keywords:** Rectifier with capacitive smoothing filter, equivalent circuit, district pulsating rectifier, free discharge filter, active-capacitive load, ripple, corner cutoff

В электротехнических устройствах широко применяются выпрямители с емкостным сглаживающим фильтром на выходе, особенно в высоковольтных источниках питания, в которых затруднительно использование индуктивных элементов, так как это связано с преодолением сложных проблем создания надежных конструкций с высоковольтной изоляцией. Сравнительно малые массогабаритные показатели выпрямителей с емкостными фильтрами обеспечили им большое распространение для питания нагрузок малой и средней мощности [1-5].

Определение точных выходных характеристик выпрямителей данного типа связано с большими трудностями аналитического плана. Для нахождения реакций в нелинейной электрической цепи приходится решать трансцендентные уравнения периодов, в которых искомые функции не выражаются в явном виде, а могут быть найдены лишь с помощью приближенных вычислений.

Нам известна методика проектирования выпрямителей [1,2,7] с учетом достаточно полной эквивалентной схемы замещения, включая резистивные и индуктивные потери в фазах питания. Методика основана на предварительном допущении о бесконечно большом значении емкости фильтра, что позволяет несколько упростить определение выходных характеристик и обеспечить приемлемую для практики точность расчета. Основным инструментом расчета – графические зависимости, построенные с помощью программы ElectronicWorkbench и связывающие характеристики выпрямителя с безразмерными коэффициентами соотношений параметров схем.

Целесообразно попытаться вывести приближенные аналитические функции, которые в явном виде давали бы связь параметров схемы выпрямителя с выходными характеристиками и вместе с тем были бы достаточно простыми и точными для инженерной практики. Обоснованием такой возможности являются гладкость и монотонность исходных графических зависимостей [1,2,6], которые могут быть аппроксимированы аналитическими выражениями.

Рассмотрим работу  $p$ -пульсационного выпрямителя в режиме прерывистого тока, для которого можно представить эквивалентную расчетную схему (рис. 1), справедливую для состояния проводимости вентилей, и временные диаграммы (рис. 2), где  $u_{вх} - U_m \cos(\omega t - \Theta)$  – входное переменное напряжение;

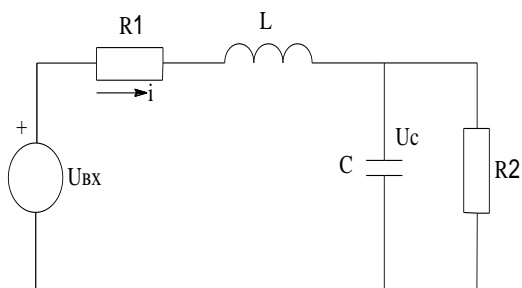


Рис. 1 Расчетная схема RLC

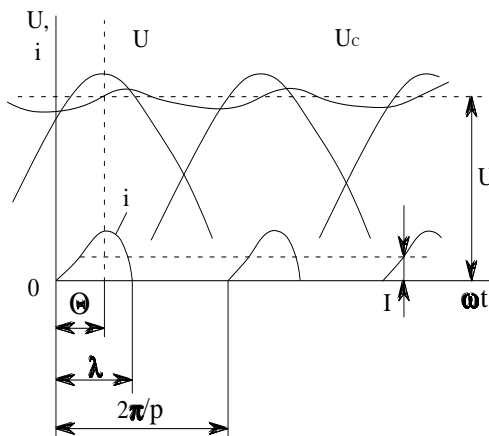


Рис. 2 Состояние проводимости вентилей

- $R_1$  – активное сопротивление фазы питания;
- $L$  – индуктивность фазы питания;
- $C$  – емкость фильтра;
- $R_2$  – сопротивление нагрузки выпрямителя;
- $i$  – ток в фазе питания;
- $u_c$  – напряжение на фильтровой емкости (выходное напряжение).

Условием существования режима прерывистого тока является наличие бестоковой паузы, которой происходит свободный разряд фильтра на нагрузку (длительность проводимости вентилей -  $\lambda \leq 2\pi/\rho$ ). Полагая, что емкостный фильтр обеспечивает малые пульсации, можно заменить нагрузку эквивалентным источником постоянного напряжения  $U=IR_2$  и вывести выражение для нагрузочной (внешней) характеристики выпрямителя, заданной параметрически от углов отсечки  $\Theta$  и проводимости вентилей  $\lambda$ :

$$\begin{cases} U = U_m \cos \Theta; \\ I = \frac{\rho U_m \cos \Theta}{2\pi R_1} \left\{ \frac{\varphi + \tan \Theta}{1 + \varphi^2} \left[ \varphi^2 (1 - e^{-\lambda/\varphi}) + 1 \right] - \right. \\ \left. - \frac{1}{\sqrt{1+\varphi^2}} [\sin(\lambda - \arctan \varphi) + \tan \Theta \cos(\lambda - \arctan \varphi)] - \lambda \right. \end{cases} \quad (1)$$

где  $\varphi = \omega L/R_1$

Параметрические углы  $\Theta$  и  $\lambda$  связаны с уравнением

$$\tan \Theta = \frac{(1 - e^{-\lambda/\varphi})\sqrt{1+\varphi^2} + e^{-\lambda/\varphi}/\sqrt{1+\varphi^2} + \cos(\lambda - \arctan \varphi)}{\varphi e^{-\lambda/\varphi}/\sqrt{1+\varphi^2} - \sin(\lambda - \arctan \varphi)} \quad (2)$$

Выражения (1), (2) громоздки, но дают возможность построить семейство нагрузочных характеристик при различных параметрах схемы выпрямителя.

Выведем аналитические зависимости нагрузочных характеристик в явном виде  $U = f(I)$ . Для этого оценим предельные соотношения углов  $\Theta$  и  $\lambda$  раздельно при однотипных потерях в фазе питания: активных ( $L=0$ ;  $\varphi=0$ ), реактивных ( $R_1=0$ ;  $\varphi=\infty$ ). Для случая чисто активных потерь, который чаще встречается в маломощных источниках питания и исследован в [3,4], справедливы соотношения:

$$\Theta_R \cong \sqrt[3]{3\pi R_1/\rho R_2}; \quad \lambda_R \cong 2\Theta_R \quad (3)$$

Для второго предельного случая углы находятся из (1), (2) вычислением соответствующих пределов:

$$\Theta_L \cong \sqrt[4]{3\pi\omega L/\rho R_2}; \quad \lambda_L \cong 3\Theta_L \quad (4)$$



Введем следующую предварительную оценку углов  $\theta$ ,  $\lambda$ , охватывающую общий случай активно-индуктивных потерь в фазе питания и справедливую для предельных значений:

$$\theta \cong \sqrt{\theta_R^2 + \theta_L^2} \tag{5}$$

$$\lambda \cong 2\theta[1 + (\arctan \varphi)/\pi] \tag{6}$$

Погрешность выражения  $\theta$  из (5) по сравнению с точным решением (1), (2) не превышает 10 % во всем диапазоне  $\varphi=0 \div \infty$  при  $U \geq 0,8U_m$ . Точность определения  $\lambda$  прямо зависит от точности оценки  $\theta$ . (Для точных значений  $\theta$  формула (6) дает погрешность аппроксимации  $\lambda$  по (2) меньше 5%)

Наклон нагрузочных характеристик выпрямителя находится из динамического выходного сопротивления по постоянному току [3]

$$r_B = -dU/dI = -(dU/dR_2)/(dI/dR_2) \tag{7}$$

Если вычислить соответствующие производные из (1) и (5): и подставить в (7), получим

$$r_B \cong R_2\theta^2/3 \tag{8}$$

или с учетом очевидного соотношения

$$U^* = U/U_m = \cos\theta \cong 1 - 0,5\theta^2 \tag{9}$$

имеем в другой форме записи

$$r_B \cong 2R_2(1 - U^*)/3 \tag{10}$$

Выражение (10) с учетом (7) представляет собой дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными  $U$ ,  $I$ , которое после интегрирования дает возможность получить искомые обобщенные нагрузочные характеристики выпрямителя в явном виде

$$U^* = 1/(1 + (I^*)^2)^{2/3} \tag{11}$$

где  $U^*$  - относительное значение выходного напряжения выпрямителя (по отношению к холостому ходу);  $I^*$  - тоже, выходного тока выпрямителя (по отношению к базисному току).

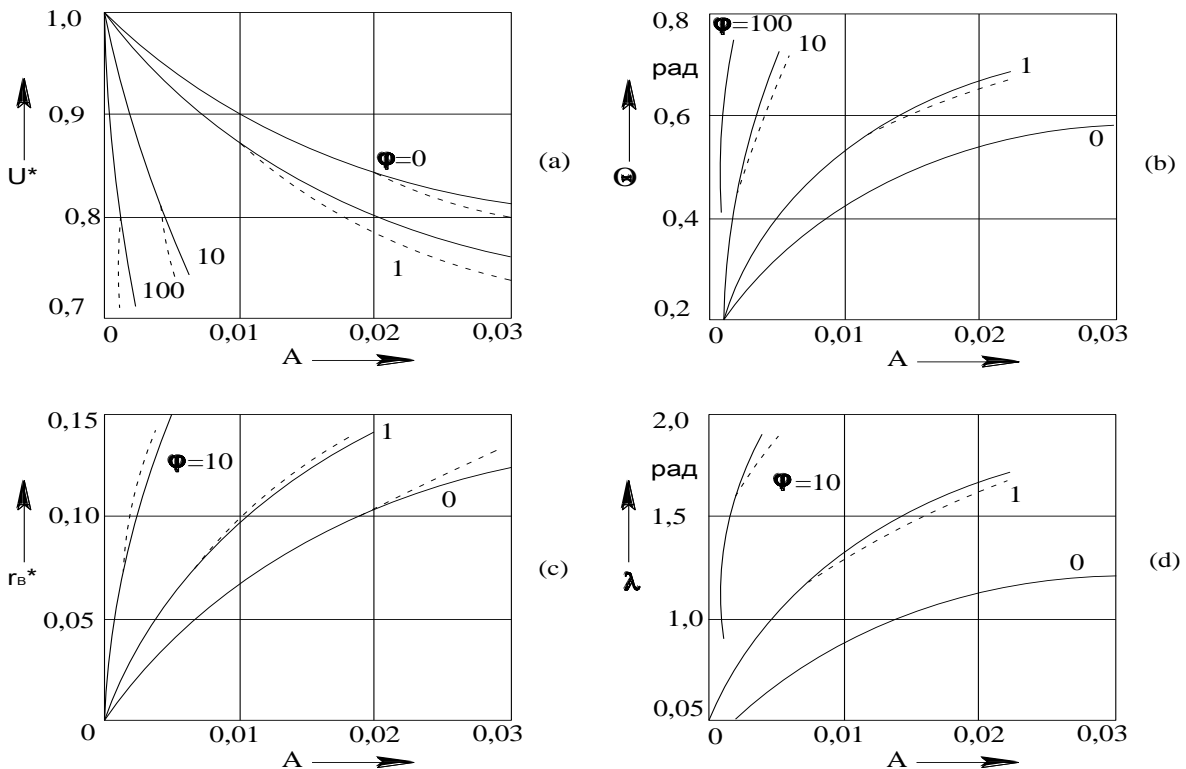


Рис.3а, б, с, д Графики нагрузочных характеристик и зависимости углов  $\theta, \lambda$  (пунктиром даны точные решения исходных уравнений)

Для определенности необходимо выразить переменную  $I^*$  через параметры схемы замещения выпрямителя. Нужно конкретизировать точки аппроксимации нагрузочных характеристик с тем, чтобы семейство кривых, которое описывается единым выражением (11), имело малую погрешность для важного на практике условия  $U^* \geq 0,8$ . На основании (5), с учетом (3), (4), (9), можно записать уравнение для определения базисных величин

$$(\arccos U^*)^2 = (3\pi A)^{2/3} + (2\pi\varphi A)^{1/2} \quad (12)$$

где  $A = R_1/pR_2$  – безразмерный коэффициент.

Полагая  $U^* = 0,8$ , найдем базисные значения -  $I_6^*$  из (11),  $A_6$  из (12):

$$I_6^* = 0,125 ; A_6 = (\arccos 0,8)^2 / (a + b\varphi), \quad (13)$$

где  $a=5$ ;  $b=4$  – коэффициенты, соответствующие предельным значениям параметров фазы питания ( $\varphi=0$ ;  $\varphi=\infty$ ). Окончательное выражение для переменной  $I^* = I_6^* A/A_6$  после подстановки будет

$$I^* = A(5 + 4\varphi)/1,28 \quad (14)$$

Подставив (14) в (11), имеем искомое семейство нагрузочных характеристик для любых соотношений параметров схемы выпрямителя в аналитической форме. Погрешность выведенных зависимостей не превышает 5% по сравнению с точным решением системы уравнений (1), (2) в диапазоне  $0,6 < U^* < 1,0$  (рис.3а).

С учетом (9)-(11) удобно выразить через переменную  $I^*$  угол отсечки  $\theta$  и относительно выходное сопротивление выпрямителя  $r_B^*$ :

$$\theta = \sqrt{2/(1 + (I^*)^{-2/3})} \quad (15)$$

$$r_B^* = r_B/R_2 = 2/3(1 + (I^*)^{-2/3}) \quad (16)$$

На рис. 3 б,с,д построены зависимости угла отсечки  $\theta$ , угла проводимости вентилей  $\lambda$  и относительного выходного сопротивления  $r_B^*$ . Необходимо отметить хорошее совпадение выведенных аналитических зависимостей: погрешность меньше 1% при  $U^* \geq 0,6$ .

Таким образом, в аналитической форме найденных зависимостей выходных характеристик выпрямителей с активно-емкостной нагрузкой, которые достаточно просты и точны для практического использования. Формулы (11),(14),(16) позволяют проектировать выпрямители, исходя из заданных выходных характеристик, определяя оптимальные соотношения параметров схемы замещения, что дает возможность формулировать требования к элементам фазы питания – индуктивности рассеяния питающего трансформатора, суммарному активному сопротивлению обмоток трансформатора и вентилей схемы.

### Список литературы

1. Макаров В. Л. Стабилизированные выпрямители с емкостным фильтром / В. Л. Макаров, В. А. Петров, С. Г. Попов.-Л.: Энергия, 1975
2. Артамонов В. В. Маломощные выпрямители (основы теории и расчет) / В. В. Артамонов.-М.:Связь, 1970
3. Васильев А. С., Балабух А. И. Научно технический журнал
4. Криштафович А. К. Основы промышленной электроники/ А. К. Криштафович, В. В. Трифонюк.- Москва, Высшая школа, 1979
5. Чиженов И. М., Основы преобразовательной техники / И. М. Чиженов. М., 1974.
6. Градштейн И.С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений /И.С.Градштейн, И.М. Рыжик.-Физматгиз, 1962.

УДК: 631.354.026

**КЛАССИФИКАЦИЯ МОЛОТИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ИХ РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС**

*Алмаматов Мейманбай Закирович, д.т.н., профессор, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66.*

*Байгазиев Мирбек Сагымбаевич, аспирант Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: mirbek-1985@inbox.ru*

Целью исследований, проведенных в настоящей статье является обзор конструкций сельскохозяйственных машин, предназначенных для обмолота различных сельскохозяйственных культур. Приведены также конструкции приспособлений к зерновым молотилкам для обмолота семенников трав, бобовых, риса. Они классифицированы по комплексу выполняемых ими операций на простые, полусложные и сложные.

**Ключевые слова:** молотильные устройство, классификация, конструкция, молотилка, технологический процесс, барабанье, подбарабанье, бильный барабан, штифтовой барабан, вал обмолота, дробление, планетарные механизмы, однобарабанные, двухбарабанные, механизмы, стебли, комбинированные молотилки.

**CLASSIFICATION THRESHING DEVICES AND THEIR WORKING PROCESS**

*Almamatov Meymanbaev Zakirovich, professor, Kyrgyz state technical university named after I. Razzakova, Kyrgyzstan 720044, Bishkek, pr. Mira 66.*

*Baigazov Mirbek Sagynbaevich, graduate student of the Kyrgyz state technical university named after I. Razzakova, Kyrgyzstan 720044, Bishkek, Mira 66, e-mail: mirbek-1985@inbox.ru*

The aim of research carried out in this article is to review the structures of agricultural machines for threshing of various crops. Results also design devices for grain threshing machines for threshing grass seeds, beans, rice. They are classified by the complex operations carried out by them on simple, semi-complex and complex.

**Keywords:** threshing device, classification, design, thresher, process, drum, concave, beater drum pin drum shaft threshing, milling, planetary mechanisms, single drum, double-drum, mechanisms, stems, combined thresher.

Молотильные устройства бывает самоходные и прицепные.

Молотильные устройства можно классифицировать по схеме, представленной на рис. 1 [1]. В основу такой классификации положены три признака – конструкция молотильного элемента, количество барабанов и направление подачи растительной массы на обмолот.



Рис. 1. Классификация молотильных установок

По конструкции рабочего молотильного элемента молотильные устройства подразделяются на бильные, штифтовые, планетарные и комбинированные.

**Бильные** молотильные устройства состоят из вращающегося барабана 1 и неподвижного подбарабана 5 (рис. 2, б, в) [2]. Молотильный барабан имеет вал 7, штампованные диски, подбичники, прикрепляемые к каждому диску, и бичи 9, которые имеют ребристую рабочую поверхность. На барабане установлено четное количество бил с попеременным направлением ребер влево, затем вправо. Такое расположение равномерно распределяет, обмолачиваемую массу и уменьшает осевое давление на подшипники вала.

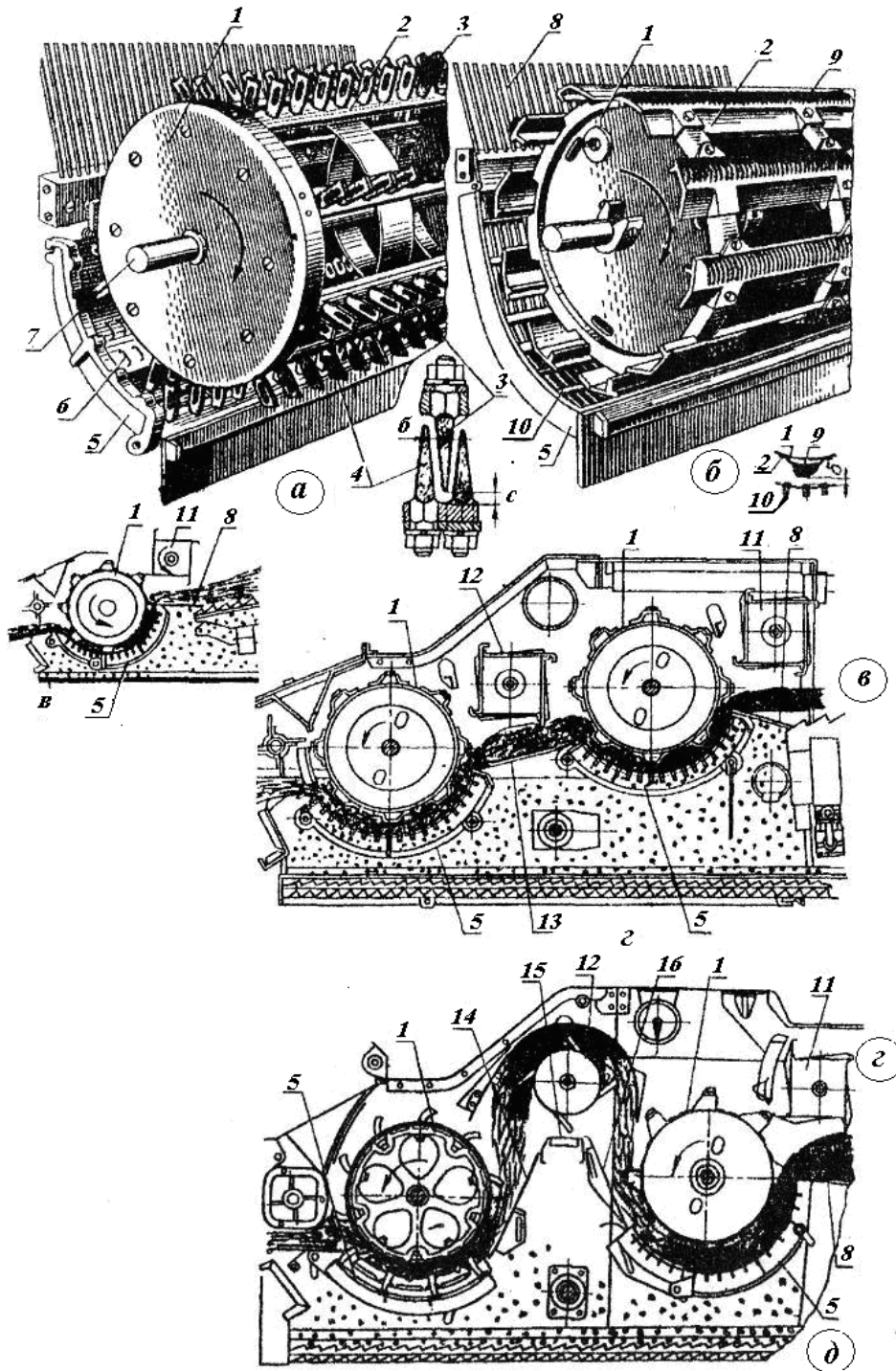


Рис. 2. Молотильные установки

Подбарабанье 5 представляет собой решетку 6, охватывающую по дуге окружности барабан (146°). Решетка подбарабанья образована поперечными планками, в которые вставлены продольные прутки диаметром 5 мм и шагом 14 мм. Технологический процесс обмолота хлебной массы протекает следующим образом. Бичи ударяют по стеблям, увлекая их к подбарабанью. Обгоняя слой стеблей, находящихся между барабаном и подбарабаньем, бич проходит по нему, сдвигая его перед собой. Каждый слой стеблей, расположенные выше, увлекают за собой силами трения слой, лежащий ниже. Верхние стебли проскальзывают по низу. Наибольшее препятствие движению.

**Штифтовые** молотильные устройства состоят из вращающегося барабана и неподвижного подбарабанья (рис. 2, а) [1, 2]. По краям вала барабана установлены два диска, третий средний диск не имеет опоры на валу. В квадратные отверстия стальных планок вставлены штифты 4. Подбарабанье 5 имеет три чугунные секции со штифтами, выполненные по форме дуги окружности. Штифты на барабане расположены по винтовой линии, различают 2-, 3-, 4-, 5- и 6- ходовые барабаны. Число планок и число ходов обязательно делается кратным. Рабочая часть штифта подвергается закалке.

Штифты располагают на подбарабанье, так чтобы между штифтами барабана и подбарабаньем зазор был больше ширины зерна обмолачиваемой культуры. Технологический процесс обмолота штифтовым барабаном заключается в следующем: штифты барабана ударяют, и захватывают стебли, и сообщают им скорость, близкую к окружной скорости барабана; колосья ударяются о штифты подбарабанья, протаскиваются в промежутки между их боковыми поверхностями. При этом происходит выделение зерна, смятие и разрыв стеблей. Хорошая захватывающая способность штифтового молотильного устройства повышает его производительность, улучшает обмолот влажных и засоренных хлебов, однако значительное дробление соломы загружает очистку, и затрудняет выделение зерна. На ход рабочего процесса такого молотильного устройства оказывают влияние также воздушные потоки, создаваемые барабаном. Но их закономерности остаются пока невыясненными.

**Планетарные** молотильные устройства находятся в стадии внедрения в современные зерноуборочные машины. Они состоят из многовальцового вращающегося барабана и вальцовой (решетчатой) деки (рис. 3). На ступицах барабана шарнирно устанавливаются 5-9 вальцов малого диаметра (80-100 мм). Каждый валец имеет принудительный привод через планетарную или дифференциальную передачу. Направление вращения барабана и вальцов совпадает. Каждый валец несет на своей поверхности несколько бичей или штифтов. Подбарабанье комбинированное – решетчато-вальцовое. Вальцы могут быть свободно вращающимися или иметь свой механизм привода – вращаться принудительно. В процессе работы такого устройства стеблевая масса попадает в рабочий зазор, подхватывается бичами (штифтами) вальцов и протаскивается с многократным воздействием вальцов на стебли. Вальцы подбарабанья являются подвижной опорой при обмолоте. Обмолот здесь происходит за счет деформации перетирания и удара по массе, такое устройство обеспечивает качественный обмолот зерновых колосовых и риса при высокой пропускной способности устройства (12-16 кг/с).

По количеству молотильных барабанов молотильные устройства классифицируются на одно- и двухбарабанные.

**Однобарабанные** (рис. 2, а, б). В процессе обмолота участвует один барабан и одно подбарабанье.

**Двухбарабанные** (рис. 2, в, г) [1,3]. В процессе обмолота участвуют два барабана и два подбарабанья. Такие молотильные устройства существуют с промежуточным битером, подающим массу под себя (рис. 2, в) и через себя (рис. 2, г). Установлено, что в схеме с поворотом потока через себя достигается лучшая сепарация зерна и большая производительность молотилки. В этой схеме меньше дробится зерно. Однако такие устройства не всегда обеспечивают устойчивый технологический процесс.

Поэтому в современных комбайнах имеется возможность перестановки промежуточного битера по той или другой схеме. При равномерности подачи массы преимущество двухбарабанного устройства заключается в том, что он позволяет повысить секундную производительность комбайна на 10-12 %. В таком устройстве первый барабан растягивает стеблевую массу, выравнивает нагрузку на второй барабан, и позволяет вести

обмолот в первом барабане при меньших оборотах, в результате чего основная часть зерна обмолачивается в мягком режиме с меньшим дроблением зерна.

**Недостатки двухбарабанных устройств:** при обмолоте влажных и особенно засоренных хлебов возможно залипание решетчатой поверхности деки, сепарация зерна в молотильном устройстве резко снижается. Это явление приводит к тому, что клавишный сепаратор, имеющий меньшую длину, перегружается. Кроме того, сложность конструкции ограничивает их применение. По направлению подачи растительной массы на обмолот молотильные устройства классифицируются на подающие поперечно барабану, со смещенной поперечной подачей и с продольной подачей.

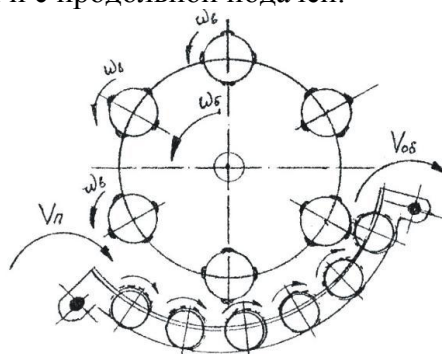


Рис. 3. Планетарное многовальцевое молотильное устройство

Молотильные устройства с поперечно-смещенной подачей стеблей на обмолот (рис. 4) отличаются высокой пропускной способностью и качеством обмолота [3,4], такое устройство готовится к установке на рисоуборочный комбайн «Кубань». Оно отличается тем, что стеблевая масса, поступившая на обмолот, сосредотачивается у одного края (выходного окна) молотильного устройства, расположенного поперек комбайна. Молотильный барабан имеет деки, расположенные по винтовой линии, что обеспечивает обмолот и перемещение массы в противоположную сторону устройства и выход соломы в выходное окно.

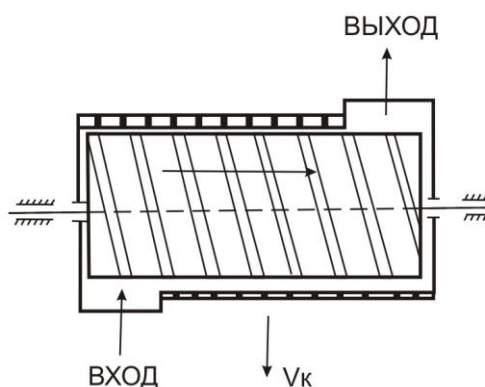


Рис. 4. Поперечно-смещенное молотильное устройство

В процессе перемещения стеблевой массы ротор с винтовым бичом осуществляет ее обмолот и сепарацию через отверстия корпуса молотильного устройства [3,4]. Создано высокопроизводительное молотильное устройство с продольной подачей стеблевой массы. В нем вымолот и сепарацию зерна из соломы выполняет ротор (рис. 5), ось вращения которого параллельна продольной оси молотилки. Ротор состоит из приемной, молотильной и сепарирующей частей, отличающихся конструкцией активных элементов, которыми ротор воздействует на поток стеблей. Ротор 4 заключен в цилиндрический кожух, составленный из обмолачивающей деки 2, сепарирующих решеток 3, винтовых направляющих, входного и выходного окон.



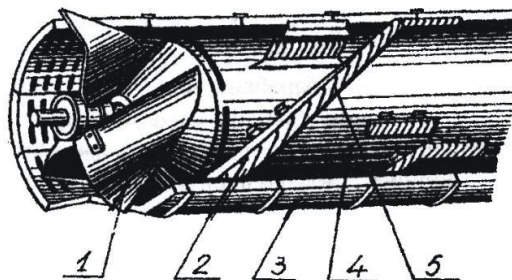


Рис. 5. Роторное молотильное устройство

Растительная масса подается наклонным транспортером в приемную часть, захватывается, лопастями 1 и подается к бичам. Бичи, ударяя по колоскам, вымолачивают зерно, и увлекают массу во вращение. Ударяясь о винтовые направляющие, масса перемещается от входа к выходу. Зерно и мелкие примеси проходят через отверстия решеток и подаются на очистку.

**Выводы:** Анализируя известные молотильные устройства, они классифицируются на бильные, штифтовые, планетарные и комбинированные. Из перечисленных наиболее подходящими к фасолоуборочным машинам являются бильные, так как в этом случае не происходит снижения производительности молотильного устройства.

#### Список литературы

1. Трубилин Е.И. Машины для уборки сельскохозяйственных культур (конструкции, теория и расчет): Учебное пособие / Трубилин Е.И., Абликов В.А. - 2 изд. перераб. и дополн. - КГАУ, Краснодар, 2010
2. Босой Е.С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Босой Е.С. - М.: Машиностроение, 1978.
3. Машины для уборки урожая сельскохозяйственных культур / Будагов А.А., Стефаненко А.Ф. - Краснодар, 1978.
4. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Кленин Н.И., Сакун В.А. - М.: Колос, 1980.
5. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины / Карпенко А.Н., Халанский В.М. - М.: Колос, 1983.

УДК:621.01

### СИНТЕЗ ОДНОПОДВИЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПЯТЬЮ ПОДВИЖНЫМИ ЗВЕНЬЯМИ С НАИБОЛЕЕ СЛОЖНЫМ БАЗИСНЫМ ЗВЕНОМ $\tau = 3$ .

*Алмаматов Мейманбай Закирович, д.т.н., профессор, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66.*

*Толошов Чынгыз Орозалиевич, Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, Кыргызстан 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66. e-mail: toloshov1982@mail.ru*

В статье рассматриваются методы структурного синтеза механизмов при создании плоских механизмов с пятью подвижными звеньями.

**Ключевые слова:** звено, группы Ассур, степень подвижность, вращательная кинематическая пара, поступательная, стойка.



**SYNTHESIS OF ONE-MOBILE GEARS WITH FIVE MOBILE LINKS WITH THE MOST DIFFICULT BASIC LINK  $\tau = 3$ .**

*Almamatov Meymantay Zakirovich, Professor, Kyrgyz State Technical University named I. Razzakova, Kyrgyzstan 720044, Bishkek, pr. Mira 66.*

*Toloshov Chyngyz Orozalievich, Kyrgyz State Technical University named I. Razzakova, 720 044 Kyrgyzstan, Bishkek, Mira 66. e-mail: Toloshov1982 mail.ru*

In article it is considered methods of structural synthesis of gears at creation of flat gears with five mobile links.

**Keywords:** link, Assur groups, the degree of mobility, rotational kinematic pair, progressive, desk.

Основной принцип образования рычажных механизмов было сформулировано, как известно, Артобелевским И.И. [1] заключается в том, что любой механизм может быть составлен методом последовательным присоединением к входному (начальному) звену со стойкой кинематической цепи с нулевой степенью подвижности. Такие кинематические цепи называются структурными группами Ассура (по имени Л.В. Ассура).

При синтезе плоских механизмов к видам рычажных цепей типа **ПВВП, ППВП, ПППВ, ПППП** с тремя подвижными звеньями присоединяются следующие комбинации структурных групп (групп Ассура): **ВВВ, ПВП, ВВП, ПВВ, ВПВ, ВПП, ППВ, ППП**, где В – вращательная кинематическая пара, П – поступательная.

К выше перечисленным 4 - типам рычажных цепей присоединяем групп Ассура проведем по следующей последовательности: 1) сначала присоединяем ведущему звену, 2) затем второму звену и 3) к ведомому звену.

Присоединяем видов групп Ассура к ведущему звену рычажной цепи типа ПВВП представлены на рисунке 1.

Присоединяем видов групп Ассура ко второму подвижному звену рычажной цепи типа ПВВП представлены на рис 2.

Присоединяем видов групп Ассура к выходному (3-мя подвижному) звену рычажной цепи типа ПВВП представлены на рис 3.

В случае присоединения к механизму со структурной формулой ПВВП групп Ассура возможно создать 24 механизмов. В этом случае количество кинематических пар наиболее сложного – базисного звена цепи  $\tau = 3$ .

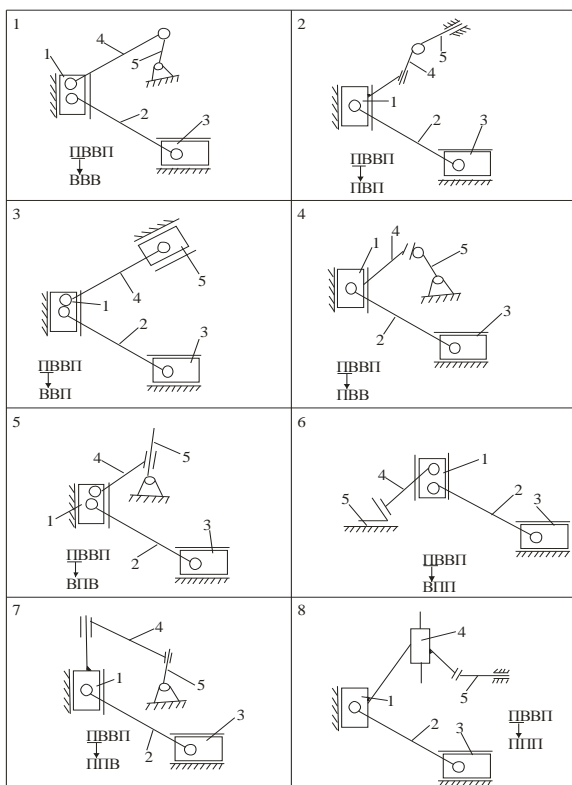


Рис.1. Соединение групп Ассра ведущей звене рычажной цепи ПВВП

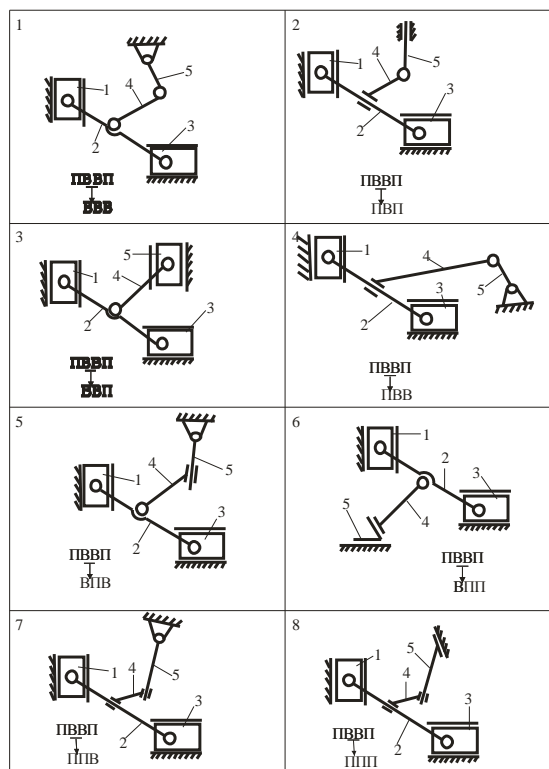


Рис.2 Соединение групп Ассра второму звену рычажной цепи ПВВП

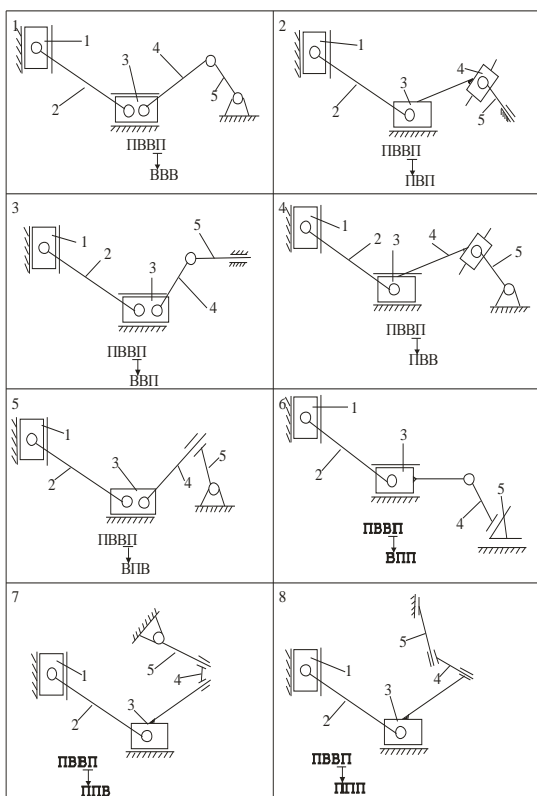


Рис.3. Соединение групп Ассра выходному звену рычажной цепи ПВВП

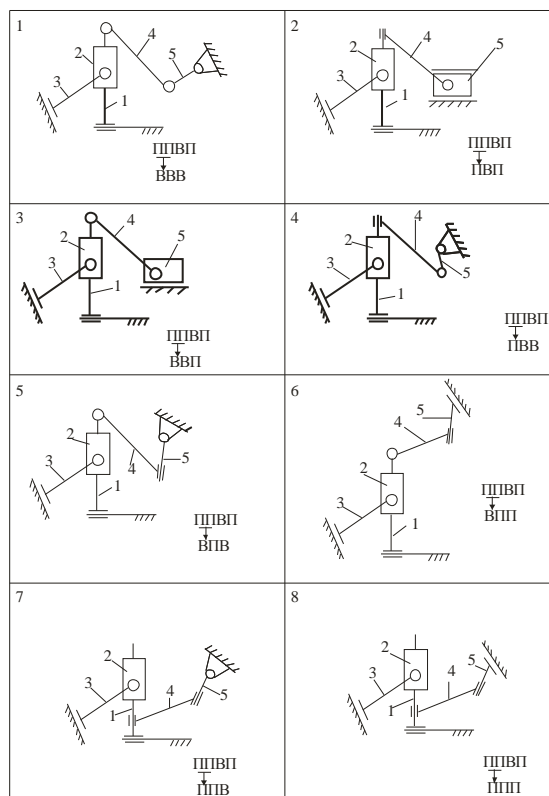


Рис.4. Соединение групп Ассра ведущей звене рычажной цепи ППВП

Аналогичным образом, присоединения видов групп Ассра к рычажной цепи ППВП представлены на рисунках 4,5 и 6 создаются 24 механизмов  $\tau = 3$ .

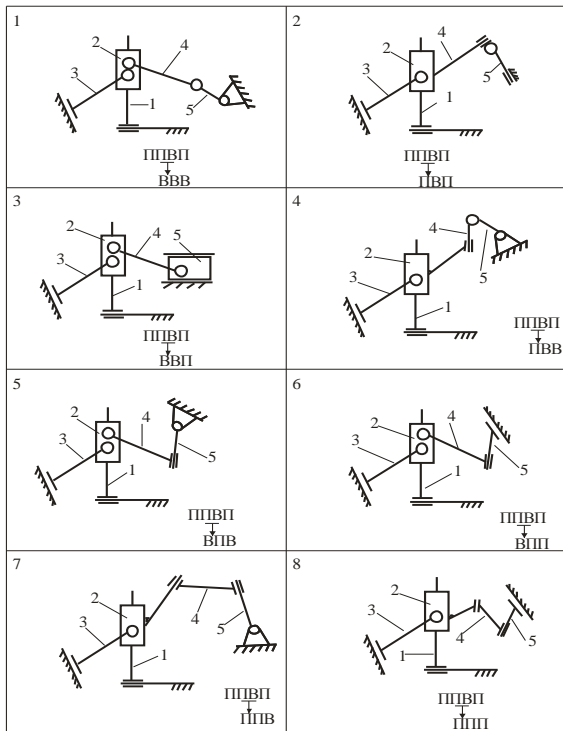


Рис.5. Соединение групп Ассра второму звену рычажной цепи ППВП

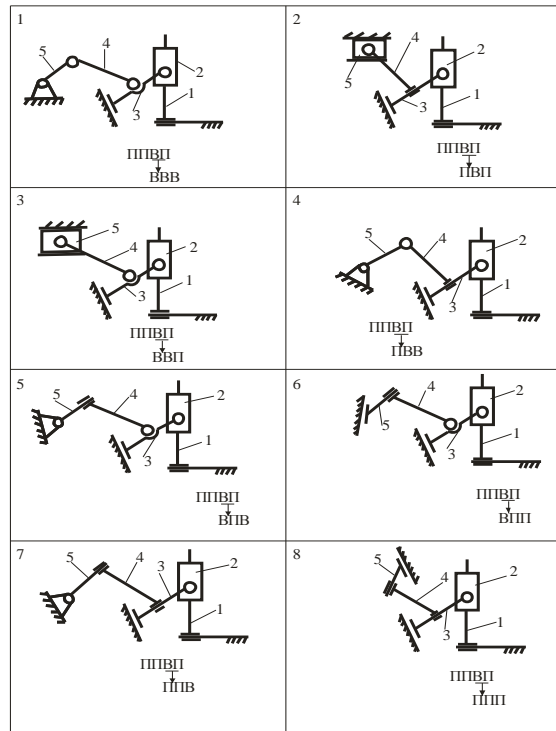


Рис.6. Соединение групп Ассра выходному звену рычажной цепи ППВП

Присоединение групп Ассра, структурной цепи ППВВ к трем звенам создаются 24 механизмов  $\tau = 3$ . (см. рис. 7,8,9).

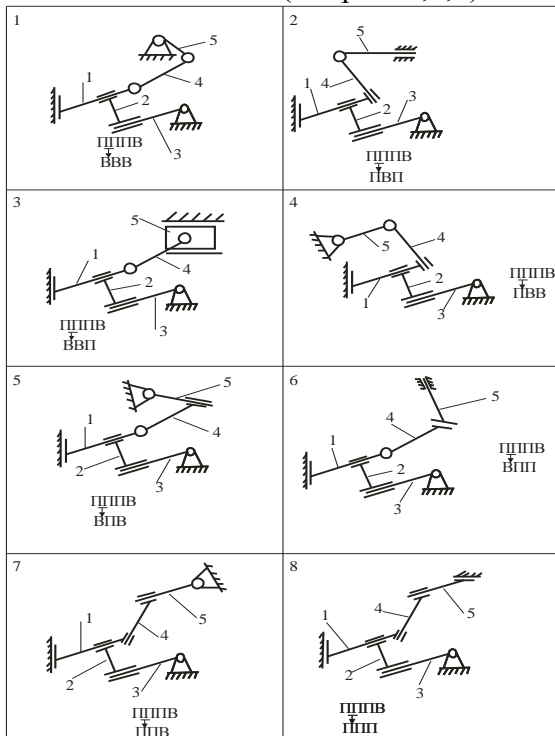


Рис.7. Соединение групп Ассра ведущей звене рычажной цепи ППВВ

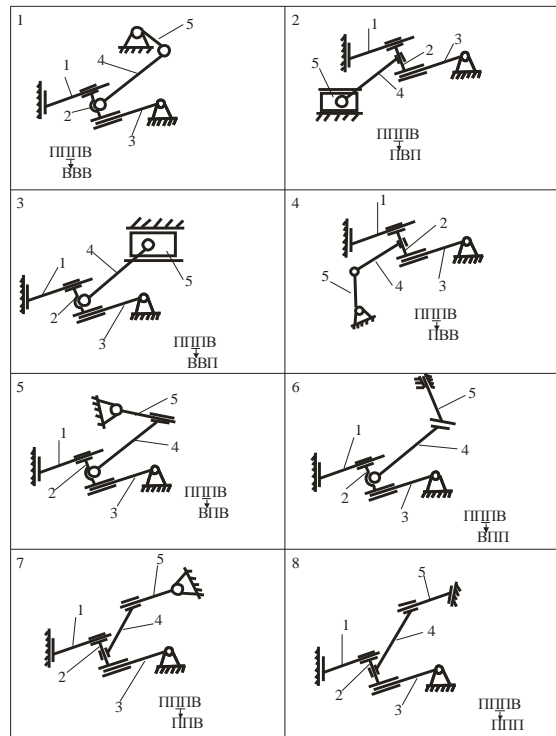


Рис.8. Соединение групп Ассра второму звену рычажной цепи ППВВ

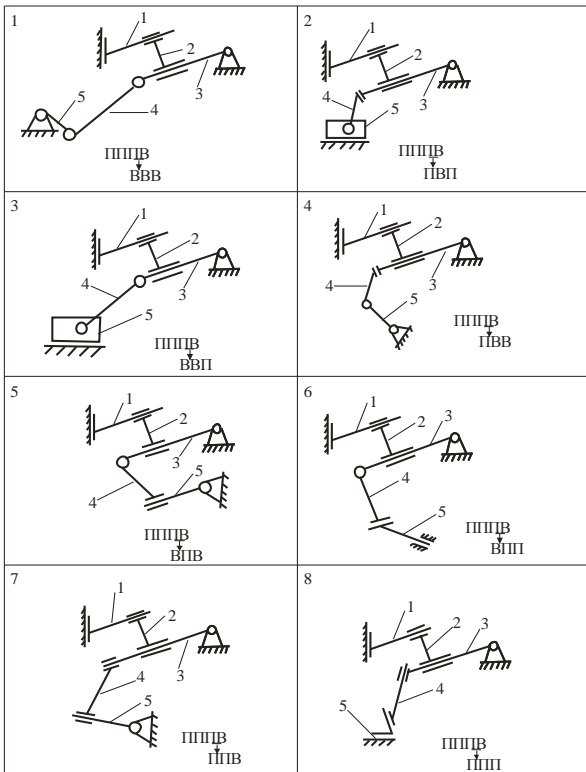


Рис.9. Соединение групп Ассура выходному звену рычажной цепи ППВВ

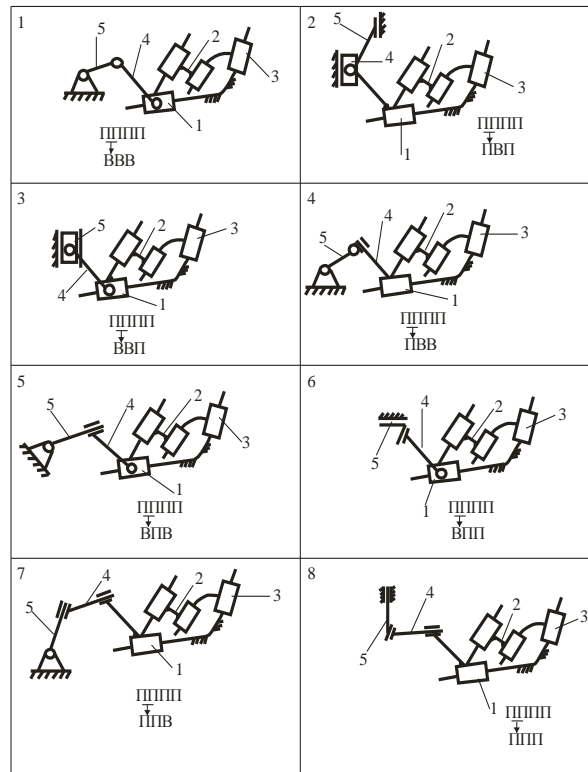


Рис.10. Соединение групп Ассура ведущей звене рычажной цепи ППВВ

Присоединение групп Ассура структуру цепи поступательными кинематическими парами ППВВ создаются 24 механизма,  $\tau = 3$  приставлены рис.10,11,12.

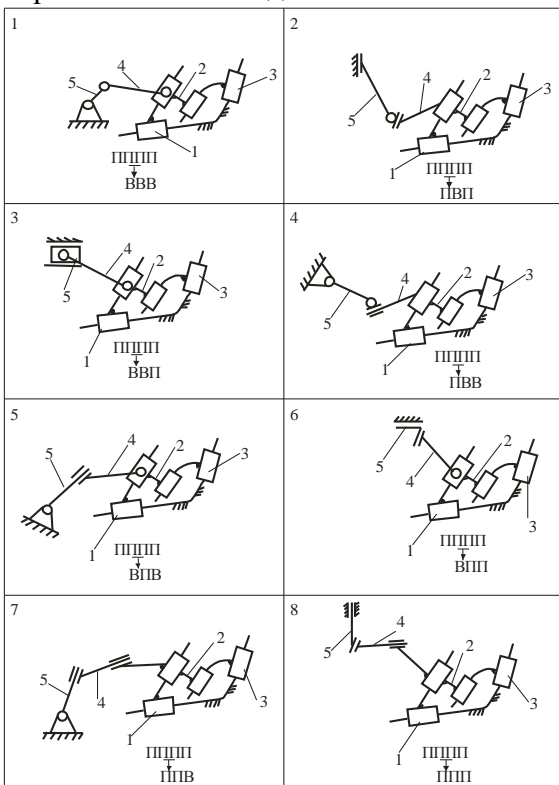


Рис.11. Соединение групп Ассура выходному звену рычажной цепи ППВВ

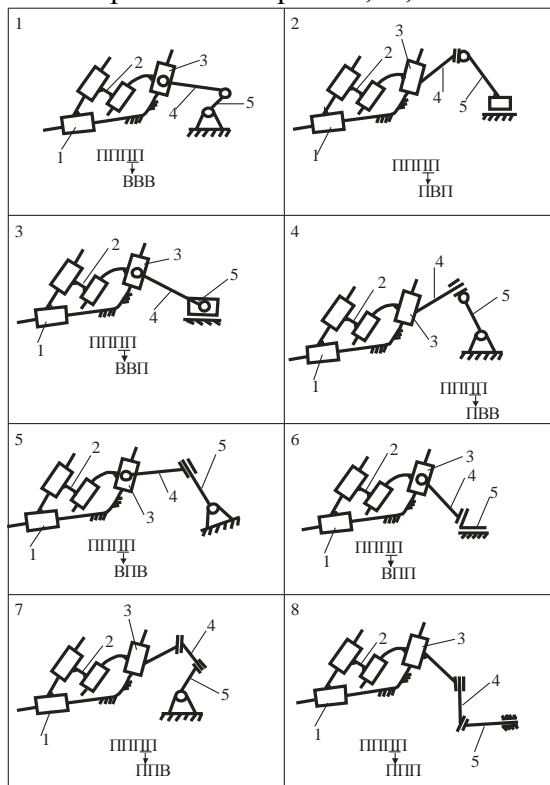


Рис.12. Соединение групп Ассура выходному звену рычажной цепи ППВВ

**Выводы:** Все типы механизмов с пятью подвижными звеньями образованные наслаиванием 6 видов групп Ассур к рычажным цепям типа ПВВП, ППВП, ПППВ, ПППП впервые представлены в виде на рис.1-12  
72 вариантов механизмов  $\tau=3$ .

#### Список литературы

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский - М.: Наука, 1975
2. Алмаматов, М.З. Научно-методические основы создания прессов с механизмами переменной структуры [Текст]: дис. ... докт. техн. наук: 05.02.18 - Бишкек, 2005
3. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов. Методические указания / Дворников Л.Т. -Новокузнецк: СИБГИУ,2012

УДК.:006.039:621.397.132.5(575.2)

#### СТАНДАРТЫ ЦНТВ: ВЫБОР ДЛЯ КЫРГЫЗСТАНА

*Куцев Евгений Витальевич, аспирант КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, e-mail: [evgeny230285@mail.ru](mailto:evgeny230285@mail.ru)*

*Урдалетова Саадат аспирант КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан*

*Жумабаев Мыктарбек Жумабаевич, к.т.н., профессор, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, e-mail: [myktarbekjumabaev@yahoo.com](mailto:myktarbekjumabaev@yahoo.com)*

В данной статье рассмотрены основные проблемы аналоговой телевизионной сети Кыргызстана и преимущества цифрового наземного телевизионного вещания. Проанализированы характеристики основных стандартов цифрового наземного телевизионного вещания. На основе сравнительного анализа цифровых стандартов наземного телевизионного вещания предлагается наиболее прогрессивный вариант для Кыргызстана.

**Ключевые слова:** стандарт, телевизионное вещание, модуляция, одночастотная сеть

#### STANDARDS OF DIGITAL TERRISTRIAL TV BROADCASTING: CHOOSE FOR KYRGYZSTAN

*Kutsev Evgenii V., postgraduate student of KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyz Republic, e-mail: [evgeny230285@mail.ru](mailto:evgeny230285@mail.ru)*

*Urdaletova Saadat postgraduate student of KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyz Republic*

*Jumabaev Myktarbek J. PhD (Engineering), Professor of KSTU named after I.Razzakov Kyrgyz Republic, e-mail: [myktarbekjumabaev@yahoo.com](mailto:myktarbekjumabaev@yahoo.com)*

In this article the main problems of an analog television network of Kyrgyzstan and advantage of digital terrestrial television broadcasting are considered. Main characteristics of digital terrestrial TV broadcasting are analyzed. On the basis of the comparative analysis of digital standards of a terrestrial television broadcasting the most progressive option for Kyrgyzstan is offered.

**Keywords:** standard, TV broadcasting, modulation, single frequency network

**Введение.** Существующая аналоговая сеть ТВ в Кыргызстане охватывает практически всю территорию республики, но развитие и доступность многопрограммного вещания для населения оставляет желать лучшего. Одной из основных причин данного факта является дефицит радиочастотного спектра для ТВ вещания. В результате происходит неравномерное распределение ТВ программ в различных населенных пунктах Кыргызстана: 1-2 ТВ программы в сельских районах и 12-15 ТВ программ в столице.

Переход на цифровое ТВ вещание способствует увеличению количества ТВ программ, т. к. в одном канале 8 МГц возможно передавать от 3 до 10 ТВ программ стандартной четкости и 1-2 ТВ программы высокой четкости, а также дополнительно передавать сигналы радиовещания и данные. Высвобожденные частоты можно использовать для увеличения числа ТВ программ (как платных, так и бесплатных), либо использовать для нужд других служб.

Еще одной немаловажной причиной перехода КР на цифровое ТВ вещание является тот факт, что в основном все страны мира переходят на цифровое ТВ вещание к июню 2015 года согласно плану «Женева-06».[2]

Следующей причиной перехода на цифровое вещание является задача обеспечения максимальной помехоустойчивости при многолучевом приеме сигналов. При трансляции аналоговых ТВ сигналов по эфиру, на качество приема помимо атмосферных и промышленных помех сильно влияют переотраженные радиоволны и помехи от других радиопередатчиков, работающих в этом же частотном диапазоне в соседних местностях.

Применение цифрового телевидения снижает влияние выше перечисленных помех и обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с аналоговым телевидением[5]:

- Повышение помехоустойчивости трактов передачи и записи телевизионных сигналов;
- Уменьшение мощности передатчиков;
- Существенное увеличение числа ТВ программ, передаваемых в том же частотном диапазоне;
- Повышение качества изображения и звука в ТВ приёмниках;
- Создание ТВ систем с новыми стандартами разложения изображения (телевидение высокой чёткости);
- Расширение функциональных возможностей студийной аппаратуры;
- Передача в ТВ сигнале различной дополнительной информации;
- Создание интерактивных ТВ систем, при пользовании которыми зритель получает возможность воздействовать на передаваемую программу (например, видео по запросу);
- Введение дополнительных функций, таких как выбор языка и субтитров, архив ТВ-передач и запись ТВ-передач и т. д..

В результате перехода Кыргызстана аналогового к цифровому телевизионному вещанию, стоит вопрос выбора наиболее подходящего стандарта цифрового наземного телевизионного вещания.

В данной статье произведен сравнительный анализ основных стандартов цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ) ISDB-T, ATSC, DTMB, DVB-T, DVB-T2.

**ISDB-T** (англ. *Integrated Service Digital Broadcasting*) — интегрированные услуги в цифровое телевидение - используется в Японии и странах Южной Америки (Бразилия), экспериментально на Филиппинах.

Данный стандарт использует полосу частот 6, 7 или 8 МГц. Применяется модификация схемы многочастотной модуляции с ортогональным частотным распределением (OFDM), которая допускает передачу цифрового потока в нескольких полосах частот и называется BST-OFDM (частотно-сегментированная передача по схеме

OFDM).[1]

В качестве первичной модуляции несущих используются DQPSK, QPSK, 16-QAM и 64-QAM, в качестве помехоустойчивого кодирования используется сверточное кодирование и код Рида-Соломона, число несущих 1405, 2809, 5617, длительность защитного интервала 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 от общей длительности кадра.

Одной из особенностей данного стандарта является возможность широкополосного или узкополосного приема.

Широкополосный прием используется в основном для телевизионного вещания и/или при передаче больших объемов данных, при этом используется несколько базовых сегментов.

Частичный прием является оригинальным свойством ISDB-T. При частичном приеме узкополосный приемник, выполненный по упрощенной схеме, рассчитан на прием только одного сегмента OFDM в полосе частот и может быть выполнен в носимом варианте для приема звуковых программ и/или телематической информации.

При частичном приеме абонент получает часть транспортного потока рассредоточенного по сегментам OFDM.

В результате вышесказанного можно сделать вывод, что узкополосный приемник может принимать некоторые службы из одного базового сегмента, а широкополосный – все службы из всех сегментов в данной полосе частот.

В зависимости от требований условий приема система ISDB-T может работать в 3 режимах:

- Прием сигналов подвижными приемниками (мобильный прием);
- Прием сигналов как подвижными, так и стационарными приемниками (комбинированный прием);
- Прием сигналов стационарными приемниками одночастотных сетей (одночастотный фиксированный прием).

**ATSC** (Advanced Television Systems Committee) – Комитет передовых телевизионных систем - является основным на территории США, Канады, Мексики, Аргентины, Тайваня и Южной Кореи.

Полоса частот занимает 6, 7 или 8 МГц. В стандарте ATSC используется метод 8-уровневой модуляции с частичным подавлением боковой полосы частот и называется 8-VSB (**Vestigial Side-Band**). Для передачи используется 1 несущая частота.[3]

Характерной особенностью стандарта является то, что для получения всего набора частот используется эталонная частота 27 МГц. Также частота 27 МГц используется для получения цифровых отсчетов частоты длиной 42 бита, первые 33 битов которой являются базовыми эталонными метками времени, а следующие 9 бит – расширенными метками времени.

Выше названные метки времени используются в аудио- и видеокодерах для формирования меток времени отображения и декодирования, которые выполняют функцию синхронизации.

В стандарте ATSC используется кодирование с прямым исправлением ошибок путем введения избыточного кода Рида-Соломона, сигналов синхронизации и, затем, сверточное решетчатое кодирование сформированного группового сигнала и формирование модулированного сигнала 8-VSB.

Для повышения помехоустойчивости в кодирующем устройстве применяется внутрисегментное перемежение.

Еще одной особенностью является то, что процессы рандомизации и прямого исправления ошибок не применяются к синхробайту транспортного пакета, который при передаче представлен сигналом синхронизации сегмента данных.

Частоты в подсистемах кодирования источников и формирования передаваемого

сигнала могут быть асинхронными. Для компенсации частотных сдвигов в транспортный поток вводятся специальные пустые пакеты (нуль-пакеты).

Транспортный кодер является мультиплексором системы 8-VSB ATSC, которая объединяет кодированные потоки источников информации и сервисной информации. На его выходе действует поток транспортных пакетов с частотой  $f_{тр}$ . К выходу транспортного кодера подключены устройства цикловой синхронизации, кодовой защиты и однополосной модуляции, входящие в состав подсистемы адаптации к каналу.

**DTMB GB20600-2006** (англ. *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*) – цифровое наземное мультимедийное вещание - стандарт ЦНТВ, разработанный Китаем.

Используется полоса частот 6, 7 и 8 МГц. В качестве первичной применяются методы модуляции 4-QAM-NR, 4-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, в качестве помехоустойчивого кодирования применяется код с низкой проверкой на четность и код Боуза-Чоудхури-Хоквингема, который является разновидностью кода Рида-Соломона.[4,8,11]

В стандарте DTMB применяется модуляция OFDM, с числом ортогональных несущих 3780 (4k) или 1 несущая. Но в нем применена не частотная, а временная синхронизация, поэтому данный способ модуляции называется TDS-OFDM (Time Domain Synchronous-OFDM – OFDM с временной синхронизацией).

При проектировании данный стандарт был ориентирован на устойчивый мобильный прием на сотовый телефон и портативные приемники при движении со скоростью более 200 км/ч, что соответствует приему в автомобилях и поездах, благодаря тому, что допускается Допплеровский сдвиг частоты 110 Гц.

Еще одной особенностью стандарта является возможность построения одночастотных и многочастотных сетей, а также работа в каналах, смежных с аналоговым телевизионным вещанием.

В одночастотных и многочастотных сетях скорость передачи потоков лежит в пределах 4,81...32,486 Мбит/с, используются защитные интервалы 1/9, 1/6, 1/4. В качестве защитного интервала используется заголовок кадра.

Для повышения помехоустойчивости используются код с низкой плотностью проверок на четность и код Боуза-Чоудхури-Хоквингема.

Также немаловажным преимуществом является тот факт, что для стандарта DTMB Китай выпускает более дешевые демодуляторы и MPEG-декодеры.

**DVB-T** (англ. *Digital Video Broadcasting — Terrestrial*) — европейский стандарт эфирного (наземного) цифрового телевизионного вещания.

В системе DVB-T используется ортогональная частотная модуляция (OFDM модуляция) совместно с помехоустойчивым канальным кодированием и многопротокольным кодированием MPE-FEC.[7,10] Благодаря которой появляется возможность построения одночастотных сетей (SFN – Single Frequency Network), возможности обеспечения низкого требуемого отношения несущая/шум ( $C/N_{min}$ ), высокой защиты от отраженных объектов и низкой чувствительности к эффекту Доплера (при приеме в движении). Что позволяет осуществлять прием телевизионных программ на мобильные и стационарные приемники, а также обеспечивает стойкость к многократным переотражениям при равенстве основного и отраженного сигналов за счет введения защитного интервала.

В канальном кодировании используется сверточное кодирование совместно с кодом Рида-Соломона. Помимо основных видов модуляции (QPSK, 16 QAM и 64 QAM) в стандарте DVB-T используется также иерархическая модуляция, позволяющая в потоке с высоким приоритетом передавать меньшее число программ и даже с более худшим качеством, но со значительным увеличением зоны покрытия, позволяя вести прием на комнатные антенны.



Для системы DVB-T предусмотрены два режима модуляции OFDM, называемые режимами 2k или 8k, для каждого из которых предусмотрены 4 варианта защитных интервалов, равные 1/4, 1/8, 1/16 и 1/32 длительности рабочего интервала.

Общая ширина спектра группового сигнала при всех режимах модуляции равна 7,61 МГц для 8 МГц частотного канала, также используются частотные каналы шириной 6 и 7 МГц.

В DVB-T используется помехоустойчивое канальное кодирование с относительными скоростями 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8.

В результате канального кодирования информационная скорость цифрового потока уменьшается обратно пропорционально скорости кода.

Скорость передачи в системе DVB-T не зависит от режима модуляции (2K или 8K), так как при изменении режима модуляции с уменьшением числа поднесущих несущих одновременно увеличивается скорость передачи данных на каждой поднесущей и составляет максимум 19,9 Мбит/с.

Отношение сигнал/шум  $C/N_{\min}$  DVB-T (12-18 dB), снижено по отношению с аналоговым вещанием ( $\geq 43$  dB), что позволяет снижать мощность передатчика, при той же зоне обслуживания, за счет снижения отношения сигнал/шум  $C/N_{\min}$ .

В стандарте DVB-T используется модель SISO (Single Ins-Single Outs-одна антенна на передачу, одна на прием).

Преимуществом DVB-T является возможность приема ТВ программ в случае наложения зон уверенного приема нескольких телецентров, работающих на одной частоте. Синхронизация телецентров происходит по эталону частот любого доступного спутника. Все передатчики передающие программы на одной несущей, должны передавать пакет программ сразу и идентично.

**DVB-T2** – второе поколение стандарта DVB-T, который широко использует инфраструктуру DVB-T, разработан Великобританией и США.

В DVB-T2 используется метод модуляции OFDM с режимами 1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k и относительными защитными интервалами 1/4, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128, которые по абсолютному значению не превышают значения защитных интервалов DVB-T, ширина полосы частот составляет 1.7, 5, 6, 7, 8, 10 МГц, первичная модуляция QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM.[6,9]

В канальном кодировании используются эффективные коды LDPC (низкая плотность проверки на четность) совместно с кодом BCH (код Боуза-Чоудхури-Хоквингема).

Для противодействия импульсным помехам в DVB-T2 дополнительно вводится временное перемежение (различные компоненты информации перемежаются по оси времени с периодом около 70 мс). Благодаря этому информация, потерянная в один период времени, может быть восстановлена с использованием информации, передаваемой в другой период времени.

В DVB-T2 было введено вращающееся созвездие – после формирования сигнала OFDM производится вращение созвездия в комплексной плоскости для восстановления отсутствующей комплексной составляющей по имеющейся.

Изменения также коснулись системы пилот-сигналов – специально выделенных несущих в спектре OFDM для определения параметров канала передачи. В DVB-T2 введено 8 способов – PP1 – PP8 (PP – Pilot Pattern).

В стандарте DVB-T2 используется модель MISO (Multiple Ins-Single Outs-множество антенн на передачу, одна на прием).

Чтобы зарезервировать место для информации, которая может появиться в будущем и передаваться в COFDM, в DVB-T2 наравне с кадрами DVB-T2 вводятся кадры

FEF (future extension frames – кадры перспективного расширения). Для этих кадров определена только структура заголовка, а содержимое не регламентируется.

В результате нововведений (по сравнению с DVB-T) достигнуты следующие преимущества:

- увеличение на 30-70 % пропускной способности канала и улучшение характеристик одночастотной сети, благодаря введению MISO;
- новые режимы FFT (количество несущих) позволяет увеличить емкость канала на 1-2%;
- оптимальный выбор способа передачи пилот сигнала позволяет уменьшить объем передаваемой служебной информации на 1-2%;
- применение новых значений защитных интервалов совместно с режимами FFT позволяет получить выигрыш 2-17% емкости канала и увеличить максимальное расстояние между передатчиками;
- DVB-T2 даёт большую зону покрытия, чем DVB-T в 1,5 -1,8 раз.
- DVB-T2 меньше зависит от типа канала связи, то есть меньше зон невидимости.

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики стандартов ЦНТВ.

Таблица 1. Сравнительные характеристики стандартов ЦНТВ.

Характеристики	DVB-T	DVB-T2	DTMB	ISDB-T	ATSC
Полоса частот	6, 7, 8 МГц	1.7, 5, 6, 7, 8, 10 МГц	6, 7, 8 МГц	6, 7, 8 МГц	6, 7, 8 МГц
Помехоустойчивое кодирование	Сверточное кодирование 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 + Код Рида-Рида	Код с низкой плотностью проверок на четность + код Боуза-Чоудхури-Хоквингема	Код с низкой плотностью проверок на четность + код Боуза-Чоудхури-Хоквингема	Сверточное кодирование 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 + Код Рида-Соломона	Сверточное решетчатое кодирование Trellis 2/3+ Код Рида-Соломона
Модуляция	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	4QAM, 4QAM-NR, 16QAM, 32QAM, 64QAM	DQPSK, QPSK, 16-QAM 64-QAM	8-VSB
Защитный интервал	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128	1/9, 1/6, 1/4	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	—
Размер FFT (число несущих)	2к, 8к	1к, 2к, 4к, 8к, 16к, 32к	4к, (1)	(1405, 2809, 5617)	(1)

**Заключение.** Несмотря на то, что стандарт DVB-T используется как пилотный проект на юге Кыргызстана, данный стандарт не является предпочтительным. На основе характеристик можно сделать вывод, что стандарты ЦНТВ DVB-T, ATSC, ISDB-T являются относительно неэффективными и не могут конкурировать со стандартами DVB-T2 и DTMB.

Из сравнения стандартов DVB-T2 и DTMB следует, что оба стандарта имеют схожие характеристики: кодирование сигнала, модуляцию, полосу частот, но стандарт DVB-T2 является более гибким, чем стандарт DTMB, поскольку используется больше вариантов длительности защитного интервала, более улучшенный режим модуляции (256-QAM), возможность большего выбора режимов FFT и тем самым более адаптирован для телевизионного вещания в горной местности.

Также одной из важных особенностей стандарта DVB-T2 является применение полосы частот 1,7 МГц, в которой можно передавать 2-3 программы стандартной четкости. Такая полоса частот может быть использована для местных вещателей. В то время как DTMB изначально был ориентирован в основном на мобильный прием (на сотовый телефон) и портативные приемники, которые находятся в движении со скоростью до 200 км/ч., что применительно для Кыргызстана не является необходимым условием.

На основе сравнительного анализа следует, что наиболее предпочтительный вариант для Кыргызстана является стандарт DVB-T2.

### Литература

1. Гельгор А.Л. Система цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T / Гельгор А.Л., Попов Е.А. Санкт-Петербург, 2011
2. Государственная программа перехода на цифровое вещание в Кыргызской Республике (проект), Бишкек 2010;
3. Зубарев Ю.Б. Цифровое телевизионное вещание основы, методы, системы. / Зубарев Ю.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. - Москва, 2001
4. Кривошеев М.И. Система цифрового наземного ТВ-вещания DTMB / Кривошеев М.И., Федунин В. - ТЕЛЕ-СПУТНИК, 2010
5. Локшин Б. А. Цифровое вещание: от студии к телезрителю / Локшин Б. А. — Москва, 2000
6. Маковеев Д. Внедрение стандарта цифрового телевизионного вещания DVB-T2 в Кыргызстане / Маковеев Д. -ВЕЩАНИЕ.KG №2, 2011
7. Серов В. А. Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H / Серов В. А. . — СПб.: БХВ-Петербург, 2010
8. Хлебородов В. Олимпиада-2008, Китай и его технологические возможности // «625».- 2009.№ 8
9. B21C DVB-T2 Network planning;
10. DVB Document A133, February 2012;
11. White Paper on Latest Development of Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting (DTMB) Technologies Chung-yen Ong Hong Kong Applied Science and Technology Research Institute (ASTRI), August 6, 2009.

УДК.:656.073.73:656.142

### МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЗАДЕРЖЕК ПЕШЕХОДОВ НА РЕГУЛИРУЕМОМ ПЕШЕХОДНОМ ПЕРЕХОДЕ

*Охотников В.И., преп. каф. “ОПиБД” КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: okhotnikov2@mail.ru*

В статье рассмотрены методы расчета задержек пешеходов на регулируемом пешеходном переходе в условиях существующей дорожно-транспортной инфраструктуры. В условиях растущей автомобилизации в мировом масштабе, а также в Кыргызской Республике, повышение эффективности функционирования работы автомобильного транспорта в городах и его развитие неразрывно связаны с увеличением пропускной способности улично-дорожной сети. Но как следствие, существенно возрастает возможность дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов.

Показатель задержки движения пешеходов на регулируемых пешеходных переходах является одним из важнейших при расчете цикла работы пешеходного светофора.

**Ключевые слова:** цикл регулирования, пешеходное движение, пешеходный переход, светофор, дорожно-транспортное происшествие, организация движения

## METHODS OF CALCULATION DELAYS PEDESTRIANS ON A REGULATED PEDESTRIAN CROSSING

*Okhotnikov V.I., dep. "OPiBD" KSTU. I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044 Bishkek, Mira 66, e-mail.: Okhotnikov2@mail.ru*

The article deals with the methods of calculation pedestrian delays on a regulated pedestrian crossing in the conditions of the existing road transport infrastructure. With growing motorization on a global scale, as well as in the Kyrgyz Republic, increase the efficiency of operation of road transport in the city and its development are inextricably linked with the increase in capacity of the road network. But as a result, significantly increases the possibility of traffic accidents involving pedestrians.

Indicator pedestrian traffic delays on a regulated pedestrian crossings is one of the most important in the calculation cycle of the pedestrian traffic.

**Keywords:** control cycle, pedestrian traffic, pedestrian crossing, traffic, traffic accident, traffic management

**Введение.** Особую тревогу уже много лет вызывает рост дорожных происшествий с участием пешеходов, которые, согласно данным ГУБДД, составляют в городах около 70 % от общего их количества. Поэтому безопасность движения пешеходов является одной из самых острых проблем организации дорожного движения в городах.

Выбор оптимального варианта организации движения или проекта планировки пересечения предполагает как обязательную процедуру оценку суммарного ущерба от задержек транспортных средств и пешеходов. Для выполнения этой процедуры необходимы соответствующие методы расчета задержек. Отметим, что в нашей стране используется расчет задержек транспортных средств по формуле Вебстера, а расчетами задержек пешеходов пренебрегают. В этой связи представляется необходимым рассмотреть наиболее распространенные методы оценки задержек пешеходов на регулируемых пешеходных переходах (табл. 1).

Таблица 1-Модели оценки средней задержки пешеходов

Автор	Формулы	Примечание
Переходы с жестким режимом регулирования ЖРП		
Pretty 1979 г.	При пересечении: однорядного транспортного потока $d_1 = P(C - w)^2 / 2C$ ; двухрядного транспортного потока и при условии $0,5C \neq 2w$ $d_2 = Pd(0,75C - w)^2$ При наличии полностью пешеходной фазы $d_{1\&2} = (P + P_d)(C - w)^2 / 2C$	$d_1, d_2$ – средняя задержка пешеходов, чел./ч; $P$ – интенсивность, чел./ч; $C$ – длительность цикла, с; $w$ – длительность разрешающего (пешеходного) сигнала, с; $P_d$ – интенсивность пешеходов, чел./ч
Roddin 1981г.	$d_p = \frac{0,5(C - g)^2}{C}$	$d_p$ – средняя задержка пешеходов, с; $C$ – длительность цикла регулирования, с; $g$ – длительность разрешающего сигнала, с
Переходы с ПВУ (Puffin)		
Dunn 1984 г.	при ширине проезжей части 7,5 м $d = (g + 10)^2 / 2(g + 15)$ при ширине проезжей части 15 м $d = (g + 15)^2 / 2(g + 20)$	$d$ – средняя задержка пешеходов, с; $g$ – длительность зеленого сигнала для транспортных средств
Griffiths 1984 г.	При интенсивности движения транспортных средств менее 1 500 авт./ч $d_p = \left( \frac{60}{11} - \frac{4v}{1100} \right) + \left( \frac{v}{1100} - \frac{4}{11} \right) \frac{d_T}{\mu v_2}$ ; свыше 1 500 авт./ч: $d_p = d_T / \mu v_2$	$d_p$ – общая задержка пешеходов, с; $v$ – интенсивность транспортных средств, авт./ч; $\mu$ – интенсивность пешеходов, пеш./ч

Модель для определения задержки при пересечении транспортного потока на регулируемом перекрестке, основанная на непрерывном прибытии пешеходов, предложена Претти в 1979 году [3] и имеет три модификации: для одностороннего пересечения; при пересечении двухстороннего транспортного потока на перекрестке; при наличии полностью пешеходной фазы.

Несколько позже был разработан метод Роддина (Roddin's Method 1981)[3], основанный на предположении о случайном прибытии пешеходов и ТС при постоянной длительности цикла, полном подчинении светофорной сигнализации. Браун и Роддин модифицировали уравнение, которое получило широкое распространение. Однако данное уравнение не учитывает долю пешеходов, которые пересекают проезжую часть на запрещающий сигнал. В связи с этим Браун и Роддин предложили модификацию уравнения, которое предполагает, что пешеходы, которые пересекают проезжую часть на запрещающий сигнал светофора, не «испытывают» задержки.

Вирклер [4] обнаружил, что количество пешеходов, пересекающих проезжую часть на запрещающий мигающий сигнал светофора составляет 69%. С учетом этого обстоятельства он модифицировал модель пешеходной задержки Брауна-Роддина. Вирклер сравнил значения, полученные по этому уравнению со значениями фактически измеренной задержки на 18 переходах в Брисбэне (Австралия) и нашел, что уравнение предсказало задержку приблизительно на 1% выше, чем наблюдаемые значения. В основе рассмотренных выше моделей лежит длительность цикла регулирования. При моделировании задержек с использованием вызывных устройств необходимо учитывать вероятностный характер пешеходных потоков [1]. В методе Данна и Претти (Dunn and Pretty's Method 1984), предложено выражение пешеходной задержки для регулируемого пешеходного перехода с вызывным устройством «Pelican» - рис. 2. Выражения в знаменателе представляют собой длину цикла, в случае полного подчинения светофорной сигнализации.

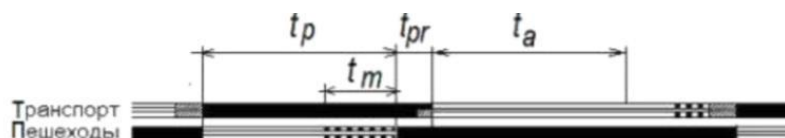


Рис. 2. Предлагаемый режим светофорного регулирования для пешеходных переходов с ПВУ. Сигналы: ≡ - зеленый; ■ - красный; ▨ - зеленый мигающий; ▤ - желтый; ▥ - красный и желтый

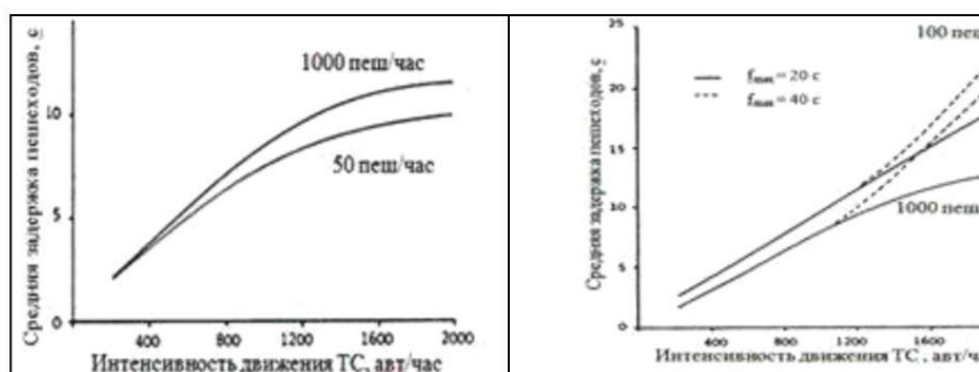


Рис.3. Зависимость средней задержки пешеходов от интенсивности движения ТС на пешеходном переходе «Pelican».

Метод Гриффита (Griffiths et al.'s Method 1984) [3] основан на исследованиях в области моделирования работы пешеходного перехода Pelican шириной до 10 м. Обнаружено увеличение пешеходной задержки при увеличении интенсивности транспортного и

пешеходного потоков. Увеличение длительности зеленого сигнала для ТС с 20 до 40 секунд привело к резкому возрастанию пешеходной задержки при интенсивности движения более 1000 авт/ч в обоих направлениях. На рис. 3 и 4 представлены результаты этих исследований.

Были протестированы модели оценки задержек пешеходов и транспортных средств на переходах с вызывными устройствами, основанные на экспоненциальном распределении интервалов в пешеходном потоке и пуассоновском характере поступления запроса пешеходной фазы [1]. Предложенная схема светофорной сигнализации отличается от «Pelican».

Цикл регулирования пешеходного вызывного устройства (ПВУ) предлагается разделить на три интервала  $t_1, t_2, t_3$  (рис. 4), при прибытии в которые, пешеходы имеют разные величины задержек. Тогда среднюю задержку пешеходов можно определять как сумму средних задержек, возникающих при прибытии пешеходов в каждом из интервалов, умноженных на соответствующие вероятности возникновения этих задержек (т.е. вероятности прибытия пешехода в интервалы  $t_1, t_2, t_3$ ).

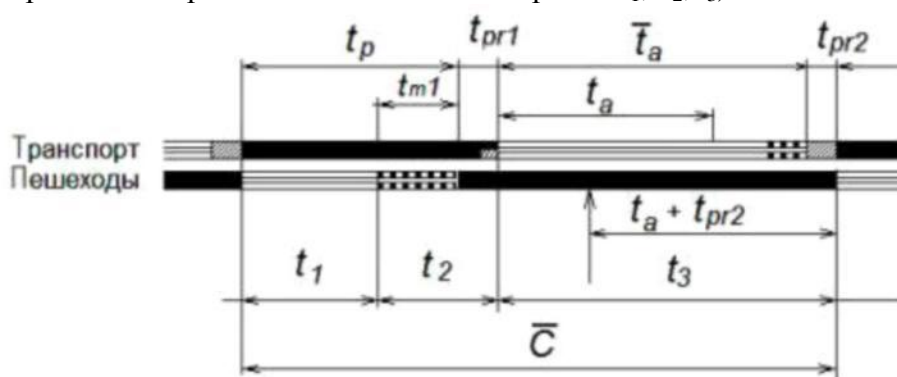


Рис. 4. Оценка средней длительности цикла регулирования ПВУ

С:  $t_{pr1}$  - переходный интервал между разрешающими сигналами;  $t_{pr2}$  - зеленый сигнал  $t_a$  - зеленый сигнал для транспорта минимальной длительности;  $t_a$  - средняя длительность зеленого сигнала для транспорта;  $t_1, t_2$  - интервалы времени, в которые появление заявки не приводит к увеличению длительности цикла;  $t_3$  - интервал времени, в котором поступающая заявка увеличивает длительность цикла.

Средняя величина задержки пешеходов  $d_{ped}$  оцениваться как:

$$d_{ped} = d_1 P_1 + d_2 P_2 + d_3 P_3 \tag{1}$$

где  $d_{1,2,3}$  - длительность задержки пешеходов при прибытиях в интервалы времени  $t_1, t_2, t_3$ ;  $P_{1,2,3}$  - вероятность прибытия пешехода в интервалы времени  $t_1, t_2, t_3$ .

*Событие 1* - пешеход прибывает в период горения разрешающего сигнала  $t_1$ , задержка при этом отсутствует  $d_1 = 0$ . Вероятность прибытия хотя бы одной заявки в интервал  $t_1$

$$P_1 = \sigma t_1 e^{-\sigma t_1} \tag{2}$$

*Событие 2* - пешеход прибывает в момент горения зеленого мигающего сигнала  $t_2$ . Длительности мигающего сигнала недостаточно для перехода проезжей части, поступает заявка на включение зеленого сигнала для пешеходов. Получаем длительность цикла пешеходного перехода с ПВУ как при жестком режиме. Задержка складывается из минимального зеленого времени для транспорта  $t_m$  и желтого сигнала  $t_{pr2}$ , и половины суммы мигающего зеленого сигнала  $t_m$  и переходного интервала  $t_{pr1}$

$$d_2 = (t_m + t_{pr1})/2 + t_a + t_{pr2} \tag{3}$$

Вероятность прибытия хотя бы одной заявки в интервал  $t_2$

$$P_2 = \sigma t_2 e^{-\sigma t_2} \tag{4}$$

*Событие 3* - пешеход прибывает в период горения зеленого для транспорта  $t_3$ .



Поступающая заявка на включение зеленого сигнала для пешеходов обслуживается с задержкой  $t_m + t_{np2}$ , при этом среднюю задержку можно оценивать как

$$d_3 = t_a + t_{pr2} \quad (5)$$

Для оценки вероятности прибытия хотя бы одной заявки в интервал  $t_3$  можно рассматривать это событие, как дополняющее события  $P_1$  и  $P_2$

$$P_3 = 1 - (P_1 + P_2) = 1 - \sigma t_1 e^{-\sigma t_1} + \sigma t_2 e^{-\sigma t_2} \quad (6)$$

С учетом (1-6) средняя задержка пешехода на переходе с ПВУ:

$$d_{ped} = \frac{1}{2} (t_m + t_{pr1}) \sigma t_2 e^{-\sigma t_2} + (t_a + t_{pr2}) (1 - \sigma t_1 e^{-\sigma t_1}) \quad (7)$$

В настоящее время для выполнения расчетов задержки пешеходов при использовании жесткого режима регулирования, считаем возможным рекомендовать для практического использования модифицированный метод Роддина и Брауна (формулы 5-6).

**Заключение.** Выше были предложены различные способы повышения безопасности пешеходных переходов, а также снижения времени проезда транспортных средств в этих зонах. Оценить эффективность принимаемых решений можно с помощью моделирования, которое дает возможность оценивать движение транспортного потока во времени, анализировать такие данные, как пропускная способность, средняя скорость движения транспорта и т.п. Главной идеей здесь является то, что переход будет промоделирован еще до строительства, что позволит дать оценки различным вариантам и выбрать наилучший из них. С экономической точки зрения, очевидно, что смоделировать различные варианты постройки перехода на ЭВМ, будет намного дешевле постройки без предварительного анализа.

### Литература

1. Кисляков В.М. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов / В.М. Кисляков., В.В. Филиппов, И.А. Школяренко. – М.: Транспорт, 1979. – 200с.
2. Бадалян А.М. Компьютерное моделирование конфликтных ситуаций для оценки уровня безопасности движения на двухполосных автомобильных дорогах / А.М. Бадалян., В.М. Ерёмин – М.: ИКФ «Каталог», 2007. – 240 с.
3. Цариков А.А. Перспективы повышения пропускной способности и безопасности движения левых поворотов / А.А. Цариков // ГНИЦ БДД ДДПСММ МВС Украины. -2005.- № 3-4 (21).-С.78–88.
4. Highway Capacity Manual 2000. – Transportation Research Board, National Research Council. – Washington, D.C., USA, 2000, – 1134 p.
5. Mark R. Virkler. Signal Coordination Benefits for Pedestrians Transportation

УДК:62-519:696.6

### ДИСТАНЦИОННОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

*Мырзаканова Р.А., Сатаркулов К., Туктаров В., КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044 проспект Мира 66, E-mail: [satarkulov@mail.ru](mailto:satarkulov@mail.ru)*

Рассматриваются вопросы дистанционного диагностирования изоляции и подстанционного оборудования напряжением 6 – 35 кВ.

**Ключевые слова:** дистанционное диагностирование, электроустановки, Интеллектуальные датчики, амплитудно-частотные характеристики.

## REMOTE DIAGNOSIS OF ELECTRICAL INSTALLATIONS ELEMENTS

*Myrzakanov R.A., Satarkulov K., Tuktarov V., KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044 Mir avenue 66, e-mail: [satarkulov@mail.ru](mailto:satarkulov@mail.ru)*

Questions of remote diagnosing of isolation and the substation equipment of 6 - 35 kV are considered.

**Keywords:** remote diagnostics, electrical installations, intelligent sensors, amplitude-frequency characteristics.

**Введение.** Современной электроэнергетической отрасли Кыргызстана, требуются отечественные разработки устройств дистанционной диагностики высоковольтного оборудования под рабочим напряжением, способствующим продлению срока службы или продолжительности безаварийной работы силового электрооборудования, так как аналогичные зарубежные разработки чрезмерно дороги.

**Целью работы** является разработка отечественной системы (рис.1) дистанционного бесконтактного диагностирования (СДБД) состояния: – высоковольтной изоляции по характеристикам высокочастотных электромагнитных излучений от тока разряда при разрядных процессах в изоляции [1]; – опорного изолятора по характеристике акустического сигнала [2] излучаемой с его поверхности.

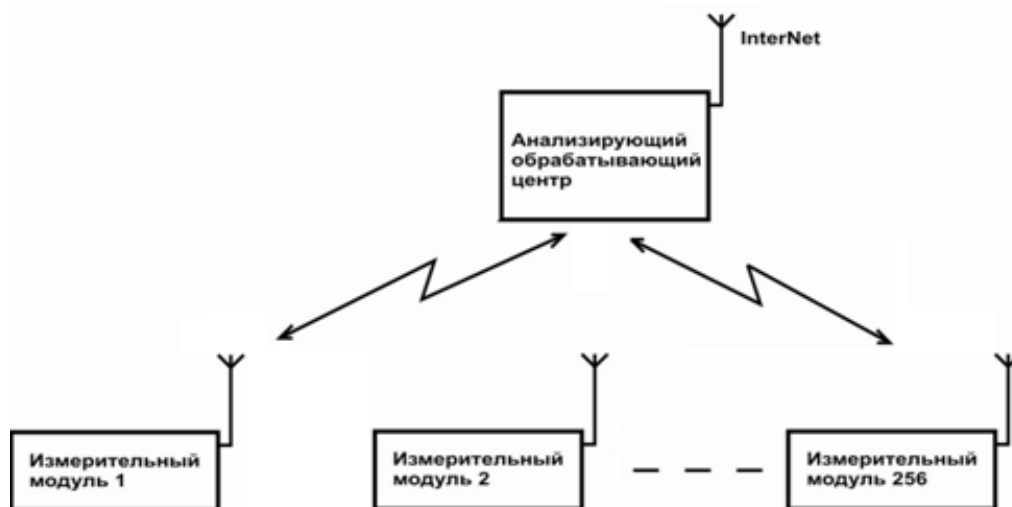


Рис. 1. Двухуровневая диагностическая система

**Описание системы.** Разработанная СДБД (рис. 1) представляет собой двухуровневый современный программно–технический комплекс, состоящий из ряда измерительных модулей («интеллектуальный датчик»), устанавливаемых в непосредственной близости от анализируемых объектов (второй уровень, рис.2) и удаленного анализирующего, обрабатывающего центра (первый уровень, рис.3). В состав каждого измерительного модуля входит: конденсаторный микрофон – приемник акустических сигналов; усилитель акустических сигналов – операционный усилитель LM358; аналого-цифровой преобразователь с последовательным выходом – микросхема MAX157; ферритовая антенна – приемник радиочастотных сигналов; усилитель радиочастотных сигналов – быстродействующий операционный усилитель AD8091; устройство выборки/хранения – быстрый ключ KP580KH8 и операционный усилитель LM355; аналого-цифровой преобразователь с последовательным выходом – микросхема



MAX157; формирователь сигналов стробоскопа – программируемая логика EPM7064SLC44-10 корпус PLCC44; кварцевый генератор 100 МГц – гибридная микросхема QMM100MHz; управляющий встроенный микропроцессор Atmega128-16AU; кварцевый генератор 16 МГц – гибридная микросхема QMM16MHz; приемник сигналов обмена с анализирующего обрабатывающего центра – гибридная микросхема RR6; приемная антенна; передатчик сигналов обмена на анализирующий обрабатывающий центр - гибридная микросхема RT6; передающая антенна; резисторы и конденсаторы в Chip исполнении; DC/DC преобразователь напряжения с аккумулятора 12В в напряжение питания схемы 5В NSD10-12D5; свинцовый аккумулятор 12В7Ач.

«Интеллектуальные датчики» (датчики, преобразователи и контроллеры) являются основой всей системы, которые измеряют сигналы и преобразуют их в цифровую форму, обеспечивают локальную обработку данных, передают данные по каналам связи в центральную ЭВМ. В передаваемых информациях содержатся и географические адреса контролируемых объектов.

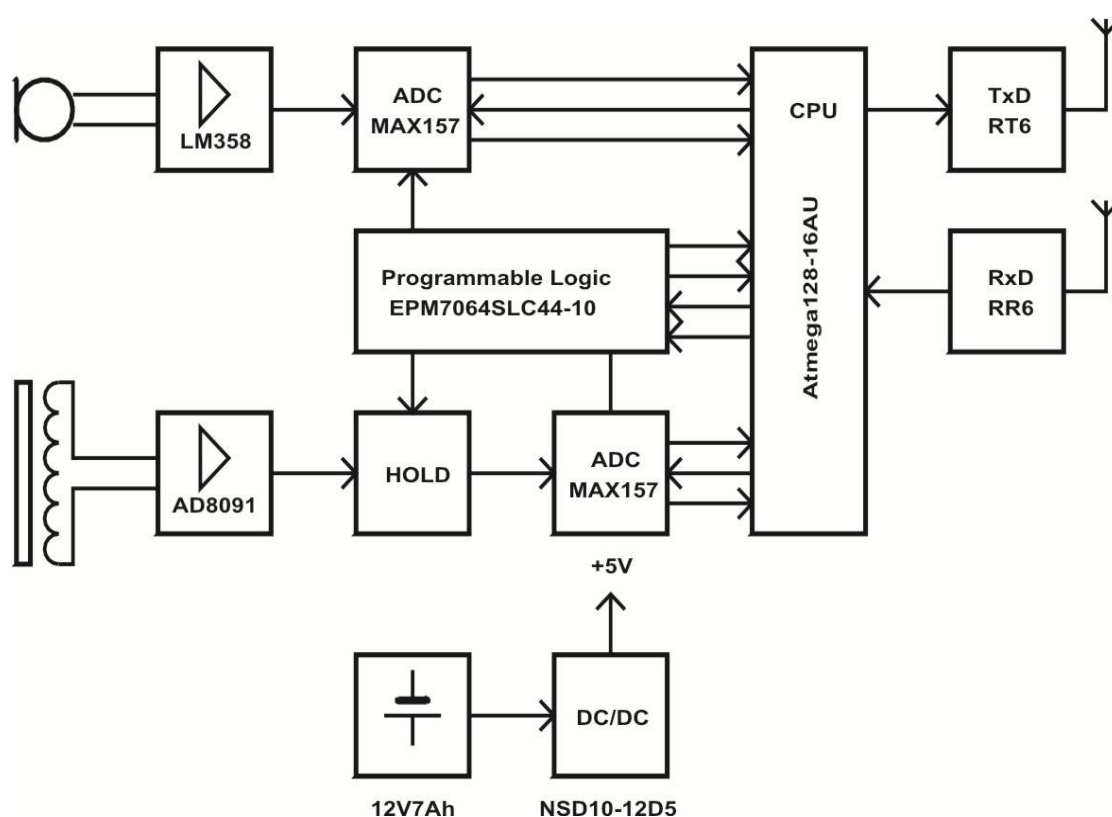


Рис. 2. Измерительный модуль («интеллектуальный датчик»)

Компьютер вместе с установленным на нем специализированным программным обеспечением (рис.3) являются вершиной диагностической системы. Он обеспечивает сбор данных и их представление в удобном для человека виде, являются пультом управления диагностической системы. В его состав входят: персональный компьютер типа Pentium IV; приемник сигналов обмена с анализирующего обрабатывающего центра – гибридная микросхема RR6, приемная антенна; передатчик сигналов обмена на анализирующий обрабатывающий центр - гибридная микросхема RT6; передающая антенна; GSM модем для выхода в сеть InterNet.

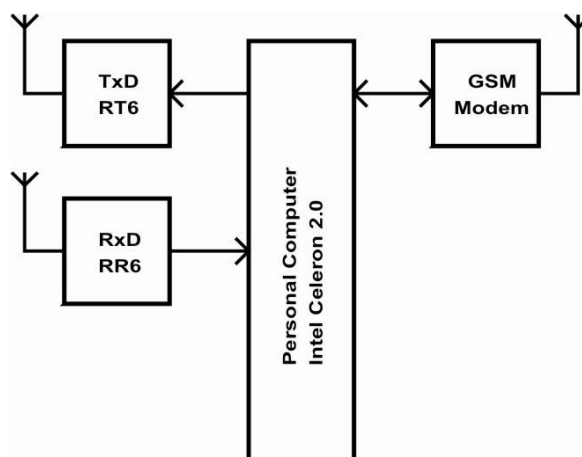


Рис. 3. Анализирующий обрабатывающий центр

**Работа системы и обсуждение:** каждый час (период времени опроса задается оператором) система производит запрос поочередно / последовательно на каждый модуль на получение информации о текущем состоянии акустического и радиочастотного каналов измерения; каждый измерительный модуль в соответствии с запросом проводит поочередно аналого/цифровое преобразование 1024 значений по каждому каналу (звуковому и радиочастотному) и осуществляет передачу измеренных значений в обрабатывающий центр; обрабатывающий центр принимает измеренные значения и осуществляет запись полученной информации в базу данных и его программное обеспечение осуществляет ViewLet (или Furie) преобразование полученной информации и строит амплитудно–частотную характеристику по акустическому и радиочастотному каналу. Для лучшего понимания потребности вейвлет – преобразовании вспомним возможности преобразование Фурье (ПФ), который является сегодня наиболее распространенным методом анализа сигналов, применяемым в алгоритмическом обеспечении решения различных научно – технических задач, в том числе электроэнергетических. ПФ дает частотную информацию, содержащуюся в сигнале. Однако в какой момент времени возникла та или иная частота, когда она закончилась – на эти вопросы ответ получить не удастся. Поэтому, ПФ непригодно для анализа нестационарных сигналов, за одним исключением; ПФ может использоваться для анализа нестационарных сигналов, если нас интересует лишь частотная информация, а время существования спектральных составляющих неважно. В противном случае надо искать более подходящий метод анализа. Вейвлет – преобразование и относится как раз к этому типу преобразований [3].

**Выводы.** Так как обрабатывающий центр имеет возможность сравнение полученных амплитудно-частотных характеристик с эталонными, хранящимися в базе данных и в случае существенных отличий дает предупреждающий сигнал оператору о несоответствии в результате чего имеется возможность по итогам визуального анализа сделать заключение о необходимости проведения регламентно–ремонтных работ.

### Литература

1. Киншт Н.В. Техническая диагностика и мониторинг мощных энергетических установок по полям их излучений / Н.В. Киншт и др. // Автометрия. – 2003. – № 6. – С. 86 – 97.
2. Калявин В.П. Надежность и диагностика элементов электроустановок: Учебное пособие / В.П. Калявин, Л.М. Рыбаков – Спб.: Элмор, 2009
3. Соленцов Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB / Н.К. Соленцов. - М.: ДМК Пресс, 2005

УДК.:625.734.4:656.142

## О ВЛИЯНИИ ОБУСТРОЙСТВА ПЕШЕХОДНОГО ПРОСТРАНСТВА НА УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ

*Торобеков Б.Т., к.т.н., доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: bekjan2003@mail.ru*

*Охотников В.И., преп. каф. "ОПиБД" КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: okhotnikov2@mail.ru*

Статья содержит исследования функциональных и пространственных особенностей пешеходного пространства, номенклатуру наиболее распространенных препятствий на тротуарах г. Бишкек, оценку их влияния на условия движения пешеходов, а также некоторые действия для улучшения состояния функционирования пешеходного пространства. Пользование транспортом, в частности автомобильным, является неотъемлемой частью повседневной жизни современного человека. В последнее время все чаще звучат призывы, что современным, в первую очередь крупным и крупнейшим городам, необходимо вернуть их прежнюю, первоначальную парадигму, в соответствии с которой город - это место, где живёт и работает человек, пешеход и велосипедист важнее автомобиля, хождение пешком - естественная и основная форма передвижения человека. Она изменилась с появлением автомобиля и популяризацией автомобильного транспорта, который, несомненно, является одной из основ современной экономики и которому подчинены большинство транспортных концепций

**Ключевые слова:** пешеходное пространство, пешеходный переход, жилая зона, удобство, пешеходные дорожки, пешеходная инфраструктура, препятствия

## EFFECT OF DEVELOPMENT OF PEDESTRIAN SPACE FOR PEDESTRIAN TRAFFIC CONDITIONS

*Torobekov B.T, Ph.D., associate professor, KSTU. I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044 Bishkek, Mira 66, e-mail: Bekjan2003@mail.ru*

*Okhotnikov V. I, dep. "OPiBD" KSTU. I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044 Bishkek, Mira 66, e-mail: Okhotnikov2@mail.ru*

The article contains a study of the functional and spatial characteristics of the pedestrian area, the range of the most common obstacles on sidewalks, Bishkek, to assess their impact on pedestrians traffic conditions, as well as some steps to improve the functioning of the pedestrian space. The use of transport, particularly by road, is an integral part of everyday life of modern man. Recently, increasing calls that date, primarily large and major cities, they must be returned to the former, the original paradigm, according to which the city - a place where the living and working people, pedestrians and cyclists are more important than the car, walking on foot - natural and basic form of human movement. It has changed with the advent of the car, and the popularization of road transport, which is undoubtedly one of the pillars of the modern economy, and which are subject to the majority of transport concepts

**Keywords:** pedestrian area, pedestrian crossing, living area, convenience, footpaths, pedestrian infrastructure, obstacles

Введение. Автомобили всё больше и больше заполняют города, вытесняют пешеходов и препятствуют их движению. Функциональная классификация территорий и разделение движения в пространстве служат компромиссом при разрешениях появившихся противоречий. Для пешеходов создаётся обособленная инфраструктура - пешеходные пространства (тротуары, пешеходные дорожки, пешеходные переходы, пешеходные мосты, жилые зоны, пешеходные зоны, пешеходные улицы, бестранспортные зоны, пешеходные площади, аллеи, колоннады, аркады и др.) [1,2]. Уровень их удобства определяется условиями движения по ним. Неудобства в движении пешеходов могут быть обусловлены значительным количеством препятствий на их пути, недостаточной шириной тротуара, его эксплуатационным состоянием, высокими объёмами движения и иное. Некоторые пешеходные пространства существуют лишь физически, не выполняя своего прямого предназначения. Подобные обстоятельства возникают из-за отсутствия контроля за функциональным состоянием и развитием пешеходных пространств. Это снижает интерес человека к их использованию и заставляют применять другой способ передвижения или выходить за пределы пешеходного пространства, что повышает риск возникновения ДТП.

К самой необходимой и распространённой пешеходной инфраструктуре относятся тротуары и пешеходные переходы. Ниже приведены результаты количественной характеристики пешеходных пространств и особенности пешеходной инфраструктуры г. Бишкек (рис.1). Обследование тротуаров в центральной части города выявило ряд особенностей и недостатков:

- тротуары перестают выполнять свои исключительные функции и становятся местами осуществления хозяйственной деятельности и местом реализации интересов хозяйствующих субъектов;
- отсутствие контроля за эксплуатационным состоянием тротуаров приводит к появлению широкой номенклатуры препятствий, которые мешают движению пешеходов и снижают их эффективную ширину;
- ширина тротуаров уменьшается парковочными карманами;
- покрытие тротуаров подвержено разрушениям и деформациям.

Комплекс этих и иных недостатков делает пешеходные пространства непривлекательными небезопасными.

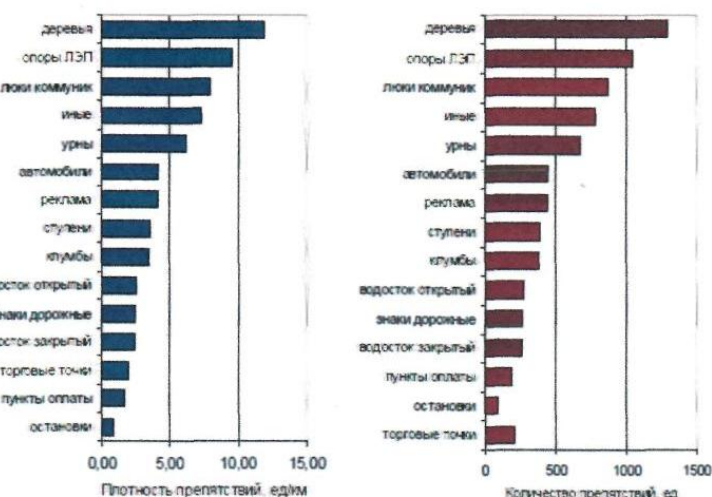


Рис. 1. Количественная характеристика и номенклатура препятствий в г. Бишкек

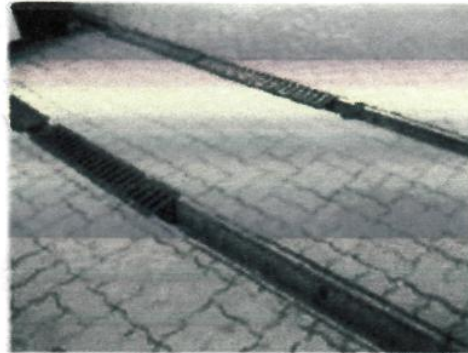
Основными препятствиями в пространстве тротуаров являются зеленые насаждения, люки, опоры ЛЭП и городского освещения. Препятствия в основном

располагаются в крайних зонах. В зоне расположенной рядом с линией застройки чаще всего встречаются ступени и урны. В зоне расположенной непосредственно рядом с дорогой чаще остальных встречаются зеленые насаждения, дорожные знаки, опоры ЛЭП и городского освещения. На территории пешеходного пространства располагаются такие препятствия, которые просто необходимо переместить в специально отведенные зоны. К ним относятся: торговые точки, пункты приема платежей, автомобили, стоящие на тротуарах и иные (рис.2).

а) Автомобили



б) Открытые водостоки



в) Лестницы

г) Торговые павильоны



д) Деревья

е) Разрытия

Рис.2. Варианты дислокации препятствий на тротуарах г. Бишкек

Реализация этих мер увеличит полезную ширину тротуара на 21 %. При этом необходимо помнить, что большие пешеходные пространства требуют размещения рекламы, витрин, пунктов обслуживания, павильонов, магазинов. Это связано с необходимостью обеспечения их аттрактивности и более эффективного использования. Доказано, что отсутствие привлекательных и безопасных пешеходных пространств заставляет человека использовать транспорт при передвижении по рабочим целям, даже при незначительной длине маршрута. Развитие пешеходных пространств Копенгагена, например, привело к тому, что за последующие после реализации проекта 2 года, горожане стали регулярно покидать свои дома в течение 10 месяцев вместо прежних двух - что, несомненно, является фактором повышения мобильности [3,4,5].

Охарактеризовать влияние препятствий на уровень удобства движения пешеходов по тротуарам можно с использованием критериев оценки условий движения (удельная интенсивность движения, скорость и плотность пешеходного потока), которые взаимосвязаны между собой.

Наблюдения показывают, что покрытия пешеходных пространств подвержены разрушениям и деформациям. Встречаются следующие виды деформаций и разрушений: износ, обламывание кромок, просадки, проломы, шелушение, трещины и др. Для сохранения пешеходных пространств и их привлекательности, для обеспечения безопасных и комфортных условий движения по ним следует реализовать комплекс мероприятий:

1. Тротуары должны иметь достаточную ширину и содержаться в надлежащем состоянии.
2. Упорядочить дислокацию объектов, необходимых для эффективного функционирования пешеходных пространств.
3. Все помехи для движения пешеходов должны быть устранены.
4. Для предотвращения случайного и намеренного проникновения автомобилей в пешеходное пространство необходимо управлять доступом к их территориям.
5. Адаптировать пешеходные пространства к движению людей с ограниченными физическими возможностями.
6. Обеспечить эстетическую привлекательность и аттрактивность пешеходных пространств.

Представленный фактический материал является результатом собственных наблюдений авторов. Оценка условий движения пешеходов выполнена натурным методом с использованием наблюдателей.

#### **Литература**

1. Пешеходные пространства городских центров / Велев П. и др. - М., 1983
2. Блинкин М. Город для жизни / М. Блинкин // Твоя дорога.- 2011- №4. С. 79.
3. Гейл Я. Очеловечивание городов / Я. Гейл // Твоя дорога. -2012. №3. - С. 22..
4. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн , М.Б. Афанасьев - М., 2001
5. Строительные нормы и правила 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.

УДК: 631.361.022

#### **ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ РАБОТЫ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА И ЕГО АНАЛИЗ**

*Байгазиев Мирбек Сагымбаевич, аспирант Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: mirbek-1985@inbox.ru*

В статье рассматриваются вопросы определения угловой скорости ударного разрушения и обмолачивания молотильных машин, коэффициент перетирания, который зависит от конструктивных особенностей барабана и подбарабанья, физико-механических свойств обмолачиваемого продукта и подачи хлебной массы.

**Ключевые слова:** молотильные устройство, обмолот, угловая скорость, молотилка, барабан, подбарабанник, сила сопротивления, физико-механические свойства, обмолот, шкив, хлебная масса, вал отбора мощности.

## BASIC EQUATIONS OF THE THRESHING DRUM WORK AND ANALYSIS

*Baigazov Mirbek Sagynbaevich, graduate student of the Kyrgyz state technical university named after I. Razzakova, Kyrgyzstan 720044, Bishkek, Mira 66, e-mail: mirbek-1985@inbox.ru*

The article deals with the determination of the angular velocity of impact and destruction obmolachivaniya threshing machines, grinding ratio, which depends on the design of the drum and concave features, physical and mechanical properties of the product are threshed and feed grain mass.

**Keywords:** threshing device, threshing, angular velocity, threshing drum, podbarabannik, resistance force, physical and mechanical properties, threshing, pulley, grain weight, PTO.

В молотильных устройствах самых действующих и главным механизмом является барабан и подбарабанник.

Рассмотрим работу молотильного барабана радиусом  $r$ , вращающегося с некоторой постоянной угловой скоростью  $\omega$  и равномерно загружаемого хлебной или хлебной массой  $m'$  (кг/с) [1]. В соответствии с теорией В.П. Горячкина энергия, приведенная к молотильному устройству, расходуется на преодоление сопротивлений двух основных категорий:

1. Сопротивление трению в подшипниках и передаточных механизмах, а также сопротивление воздуху;

2. Сопротивление, связанное с процессом обмолота, в результате которого изменяется состояние обрабатываемого материала.

Мощность  $N$ , затрачиваемая на вращение барабана, складывается из двух составляющих:

$$N = N_1^{xx} + N_{2x}^P, \quad (1)$$

где  $N_1^{xx}$  – мощность, затрачиваемая на первую категорию сопротивлений;

$N_{2x}^P$  – мощность, затрачиваемая на вторую категорию сопротивлений. Величина  $N_1$  включает в себя мощности, затрачиваемые на преодоление трения (принимается пропорциональной скорости вращения) и преодоление сопротивления воздуха (принимается пропорциональной кубу угловой скорости барабана):

$$N_1^{xx} = A\omega + B\omega^3, \quad (2)$$

где  $A$  – коэффициент, представляющий собой момент сил трения;

$B$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от плотности воздуха, формы и размеров вращающихся частей барабана [1,2].



Для определения  $N_2$  следует учитывать, что действие барабана на массу сопровождается ударами и протягиванием ее в рабочей щели. Удары по массе следуют через короткие промежутки времени ( $0,0045-0,0075$  с).

Полное окружное усилие  $P$  на отбойной молоток барабана складывается из силы  $P_1$ , потребной на удар, и силы  $P_2$ , потребной на преодоление сопротивления протягиванию массы сквозь рабочую щель, сопровождающегося перетиранием стеблей:

$$P = P_1 + P_2. \quad (3)$$

Воспользовавшись законом об изменении количества движения (импульса), определим силу и момент удара. Обозначим время удара через  $\Delta t$ . Тогда при равномерной подаче захваченная масса за время одного удара отбойным молотком будет:

$$\Delta m = m' \cdot \Delta t. \quad (4)$$

Так как солома обладает слабой упругостью, после удара она приобретает скорость  $V$  захватившего ее молотком, представляющую собой окружную скорость барабана [1,3]. Следовательно, количество движения, которое приобретает солома массой  $\Delta m$ , будет равно  $\Delta m \cdot V$ . По приращению количества движения определяется значение импульса силы из равенства

$$P_1 \Delta t = \Delta m (V - V_0),$$

Так как  $V_0 = 0$ , то сила удара

$$P_1 = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot V = m \cdot V, \quad (5)$$

Момент силы удара

$$M = P_1 \cdot r = m \cdot r^2 \cdot \omega, \quad (6)$$

Сила  $P_2$  по В.П. Горячкину пропорциональна полному окружному усилию  $P$ , т.е.

$$P_2 = f \cdot P, \quad (7)$$

где  $f$  – коэффициент перетирания.

Коэффициент перетирания зависит от конструктивных особенностей барабана и подбарабанья, физико-механических свойств обмолачиваемого продукта и подачи.

С учетом значений  $P_1$  и  $P_2$  зависимость (3) будет иметь вид:

$$P = \frac{m \cdot V}{1 - f}, \quad (8)$$

Умножив обе части этого равенства на  $V$ , получим выражение для мощности  $N_2$ :

$$N_2 = \frac{m \cdot V^2}{1 - f}. \quad (9)$$

Процесс работы молотильного устройства характеризуется тремя элементами:

1 – работоспособностью тракторный ( $BOM$ ) вал отбора мощности как источника энергии;

2 – работоспособностью барабана;

3 – сопротивлениями обрабатываемого материала.

Механическая энергия, передаваемая ( $BOM$ ) через шкив на барабан, поглощается ускорением движения последнего, которое в свою очередь поглощается сопротивлением хлебной массы, в связи с чем при равномерной подаче и установившемся режиме вместо возможного ускорения движения барабана происходит его равномерное движение.

Если расходуемая мощность ( $BOM$ ) равна полной мощности, потребной на привод барабана в период холостого хода, т.е. когда нет подачи хлебной массы, разность  $N - N_1$  уйдет на повышение скорости барабана:



$$N - N_1 = J \frac{d\omega}{dt} \cdot \omega \cdot N_2, \quad (10)$$

где  $\frac{d\omega}{dt}$  – сообщаемое барабану угловое ускорение,  $rad/c^2$ ;

$J$  – момент инерции барабана,  $kg \cdot m^2$ .

Основное уравнение молотильного барабана, связывающее между собой характеристики ( $BOM$ ) как двигателя  $N$ , барабана  $Y$  и хлебной массы  $m'$ , можно записать, учитывая, что  $N_1$  составляет 5% от  $N$ , и принимая во внимание равенство (9) и (10):

$$N = J \frac{d\omega}{dt} \cdot \omega = \frac{m \cdot V^2}{1-f}, \quad (11)$$

Анализируя основное уравнение молотильного барабана (11), можно выявить характерные зависимости по режиму его работы, производительности и затратам энергии на единицу обрабатываемого материала [2].

Мощность двигателя  $N$ , подведенная к барабану, без подачи хлебной массы будет расходоваться на ускорение его движения:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{N}{J \cdot \omega}, \quad (12)$$

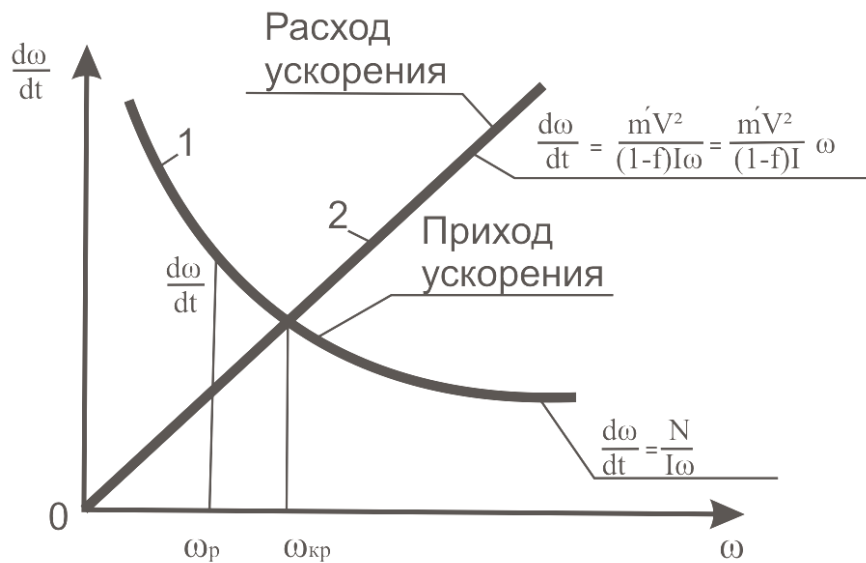


Рис. 1. Изменение углового ускорения барабана в зависимости от его угловой скорости

Возможное ускорение барабана будет тем больше, чем больше мощность ( $BOM$ ) как двигателя и меньше момент инерции и угловая скорость [4,5].

При постоянных  $N$  и  $J$  угловое ускорение барабана (приход ускорения) уменьшается с повышением его угловой скорости (кривая 1 рис. 1) [1].

При загрузке барабана хлебной массой уменьшение этого ускорения (расход ускорения) будет определяться зависимостью

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{m \cdot V^2}{(1-f) \cdot \omega} = \frac{m \cdot V^2}{(1-f)} \cdot \omega^{-1}, \quad (13)$$

Точка пересечения гиперболы 1 и прямой 2 определяет значение  $\omega_{кр}$ , при которой двигатель работает с полной нагрузкой. В этом случае любое увеличение подачи хлебной массы приведет к снижению угловой скорости барабана и ухудшению качества обмолота.

**Выводы:** Основные уравнения молотильного барабана рассчитаны для случая при работе от ВОМ (вал отбора мощности) трактора и получены основные кинематические уравнения; определено значение  $\omega_{кр}$  (из основного уравнения барабана):

$$\omega_{кр} = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{N(1-f)}{m}}, \quad (14)$$

#### Список литературы

1. Трубилин Е.И. Машины для уборки сельскохозяйственных культур (конструкции, теория и расчет): Учебное пособие / Трубилин Е.И., Абликков В.А. – 2 изд. перераб. и дополн. – КГАУ, Краснодар, 2010
2. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Т.2 М.: ГНТИ Машиностроительной литературы, 1961.
3. Бурмистрова М.Ф. Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений / Бурмистрова М.Ф. - М.: с.-х литературы, 1956.
4. Босой Е.С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Босой Е.С. - М.: Машиностроение, 1978.

УДК.:330.34:656.072:656.022.836(575.2)

### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И АНАЛИЗ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В МЕЖДУГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ КЫРГЫЗСТАНА

*Бопушев Ринат Токтосунович, преподаватель КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: rin.tok@mail.ru*

Проведен анализ перспективы развития автобусных перевозок, количество и качество перевозки пассажиров автобусами на междугородном сообщении, проверены количество мест для, комфортабельности, права пассажиров и водителей, изучены схема маршрута и расписание движения, рекомендации по использованию автобусов при перевозке пассажиров. Необходимо предусмотреть положения о перевозке пассажиров, усовершенствовать качество и увеличить количество автобусов более современного типа.

**Ключевые слова:** развития, перевозка, сообщения, комфорт, право, пассажир, движения

### PROSPECTS OF DEVELOPMENT AND THE ANALYSIS OF PASSENGER TRAFFIC IN THE LONG-DISTANCE MESSAGE OF KYRGYZSTAN

*Bopushev Rinat Toktosunovich, teacher, Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, KSTU named after I. Razzakov e-mail: rin.tok@mail.ru*

The analysis of prospect of development of bus transportations, quantity and quality of transportation of passengers by buses on the long-distance message is carried out, are checked quantity of places for, comfortableness, the right of passengers and the driver, are studied the scheme of a route and the schedule of movement, the recommendation about use of buses in transit passengers and for their development it is necessary to provide regulations on transportation of passengers, to improve qualities of transportation and to increase quantity of buses of more modern type.

**Keywords:** development, transportation, reports, comfort, right, passenger, motions

Автобусные перевозки являются комфортными, недорогими и быстрыми они особенно популярны в междугородном сообщении, они имеют целый ряд преимуществ перед другими видами перевозок, и по праву считаются самым привлекательным вариантом выбора для поездок внутри страны. [1]

Перспективы потребности страны в осуществлении основных видов перевозок должны быть обеспечены различными типами автобусов при высокой производительности, экономичной работе, комфортабельности и безопасности поездок. Для междугородных перевозок необходимы автобусы трех классов: малого; среднего и большого. Малые вместимостью 20-25 чел. с небольшими удобствами для маршрутов протяженностью 50-200 км. Средние – вместимостью 30-35 чел. с нормальным уровнем комфорта (регулируемые сидения, багажные отделения, гардероб в задней части салона, к которой примыкает моторный отсек). Большие автобусы желательно выпускать в двух исполнениях: нормального (40-45 чел.) и повышенного комфорта (32-35 чел.) с наибольшими удобствами для проезда пассажиров (бар, холодильник, туалет, кондиционер и т. д.). Все автобусы междугородного типа должны иметь шторы на окнах, эффективные системы вентиляции и отопления, достаточную освещенность в темное время суток.

таблица 1

Назначение (тип) автобусов	Вместимость (класс) автобусов, чел.				
	Особо малая	Малая	Средняя	Большая	Особо большая
Городские	–	–	60–70	90–95	110–125
Пригородные	–	–	60–65	78–85	–
Междугородные	–	20–25	30–35	40–45	–
Сельские:					
4 x 2	10	30–35	–	–	–
4 x 4	–	25–30	55–60	–	–
Маршрутные такси	15–18	–	–	–	–

Автобусные перевозки приобретают сейчас еще большее распространение, но в основном на современных трассах, которые обеспечивают комфортное движение автотранспорта на высоких скоростях. В частности, из Бишкека в Балыкчи (и обратно) можно добраться быстро, безопасно и комфортно, так как соответствующая инфраструктура уже создана, и отвечает новейшим европейским стандартам.

Перевозка пассажиров по междугородным и пригородным маршрутам на территории Кыргызстана осуществляется на основании договора предприятий с Министерством транспорта и коммуникации.

Целью данной работы является аналитический обзор проблем междугородные пассажирские перевозки в Кыргызстане, осуществляемых автобусами, и рекомендация возможных мероприятий и путей их решения.

Основными факторами, влияющими на осуществления перевозки пассажиров в междугородном сообщении: незначительный рост пассажирского автомобильного парка медленное развитие транспортной инфраструктуры, недостатки в организации дорожного движения. Формирование пассажиропотоков происходит под комплексным влиянием множества разнообразных факторов, степень воздействия которых неодинакова. Основным методом изучения тенденций развития пассажирского автотранспорта является прогнозирование.[4]

Прогнозирование в настоящее время рассматривается как обязательная часть процесса перспективного планирования. В прогнозировании основными этапами являются:

- анализ динамики прогнозируемого перевозочного процесса и выявление тенденций его развития;

- выявления важнейших закономерностей прогнозируемого процесса перевозки на основе характеристики этих тенденций;

Составление прогноза перевозок.

Как правило, прогнозы пассажирских перевозок основываются на «закономерностях» полученных в результате натурных обследований передвижений населения.

Конкуренция же рейсовыми автобусами различных предприятий может выражаться только в количестве отправок за день по каждому конкретному маршруту и в более «выгодном» времени отправления, т.е. в часы максимального пассажиропотока. Но если оценивать влияние времени отправления в целом для каждого предприятия, оно взаимокompенсруется за счет отправления различных маршрутов. Также необходимо помнить, что для всех предприятий устанавливается единый тариф на перевозку в междугородном сообщении, поэтому ценовая конкуренция между рейсовыми маршрутами практически исключена. [4]

В целях улучшения перевозки пассажиров автобусами междугородного и пригородного маршрута, приведение их к соответствующим нормативам по пассажиропотокам, состояния автобусов необходимо строго придерживаться хотя бы.

- Правила перевозки пассажиров автобусом. Они разработаны в соответствии с Постановлением Правительства КР.

**Выводы:** Основной целью любого предприятия в условиях рыночной экономики является сохранение и расширение своих позиций на рынке или его сегменте, рост или, по крайней мере, стабильное получение прибыли. Это возможно только при ориентации на максимизацию прибыли, главным средством достижения которой выступает обеспечение высокой конкурентоспособности работ и услуг предприятия, внедрение принципов маркетинга, гибкая тарифная политика. В первую очередь следует минимизировать убытки различного характера: уход персонала, износ оборудования и автомашин, устаревание складов и гаражей. В рыночной экономике предприятие обязано предлагать свои услуги не в убыток себе и потребителю. Потому оптимизация производства является необходимостью.

### Литература

1. Миротин Л.Б Пассажирские автомобильные перевозки. [Текст]: Учебное пособие / Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев– М.: Телеком, 2006
2. Режим доступа: <http://2364.kg.all.biz/>
3. Режим доступа: <http://knowledge.allbest.ru>
4. Режим доступа: <http://www.airport-tashkent.uz>

УДК.:005.414:656.614-026.91(100)

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВНУТРЕННИХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

*Калназаров Улукбек Аскарбекович, преподаватель, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: kalnazarov.85@mail.ru*

Приведен анализ состояния и развития внутренних и международных автомобильных перевозок и существующие международные транспортные коридоры грузопотоков по автомобильным дорогам, парка автотранспортных средств республики по срокам нахождения в эксплуатации и задачи развития автотранспортной отрасли.

**Ключевые слова:** парк автотранспортных средств республики, эффективность деятельности автомобильного транспорта, международные автомобильные перевозки, регулирование международных автотранспортных перевозок, единая государственная транспортная политика.

## PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF INTERNAL AND INTERNATIONAL ROAD TRANSPORT

*Kalnazarov Ulukbek Askarbekovich, teacher, KSTU. I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044 Bishkek, pr. Mira 66, e-mail: kalnazarov.85@mail.ru*

An analysis of state and development of domestic and international road transport, existing international transport corridors traffic on the road, the vehicle fleet of the Republic on the schedule of their operation and tasks of development of the road transport industry.

**Keywords:** vehicle fleet of the republic, the efficiency of road transport, international road transport, regulation of international road transport, unified state transport policy.

В Кыргызской Республике ведущая роль в перевозках пассажиров и грузов принадлежит автомобильному транспорту. Им перевозится более 97 % пассажиров и 95 % груза от общего объема грузов и пассажиров, перевозимых всеми видами транспорта.

На сегодняшний день автомобильный парк Кыргызской Республики составляет около 425 тыс. автомобилей, из них более 348,5 тыс. легковых, 52,4 тыс. грузовых автомобилей, и более 20,8 тыс. автобусов и микроавтобусов.

В настоящее время в автомобильной отрасли задействованы 50 юридических лиц по перевозке грузов, а также более 20300 частных лиц по перевозке грузов и 69 предприятий структурных подразделений Министерства транспорта и коммуникаций Кыргызской Республики, обеспечивающих автомобильный транспортный процесс. /2/

Ежегодно в автомобильной отрасли увеличивается автомобильный парк транспортных средств, а также объем перевозок грузов автомобильным транспортом /1/.

### Перевозки грузов всеми видами транспорта, млн.т

Вид транспорта	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	2010г.
Транспорт – всего, млн.т	27,4	3,3	34,3	36,3	36,9
Железнодорожный	1,9	2,3	1,8	1,0	1,0
Автомобильный	24,9	27,1	31,9	35,0	35,6
Трубопроводный	0,6	0,6	0,6	0,3	0,3
Внутренний водный, тыс.т	34,6	26,5	42,6	23,4	16,0
Воздушный, тыс.т	0,7	0,6	0,9	0,9	1,0

Так, в 2009 г. объем перевезенных грузов всеми видами транспорта по сравнению с 2008 г. увеличился на 4,5 %. Всего осуществлено грузовых перевозок на 36,3 млн. тонн, из

них автомобильным транспортом перевезено 35,0 млн. тонн грузов, по сравнению с 2008г. рост составил 108,4%, грузооборот составил 1259,2 млн. тонн/км или рост - 113%. /2/

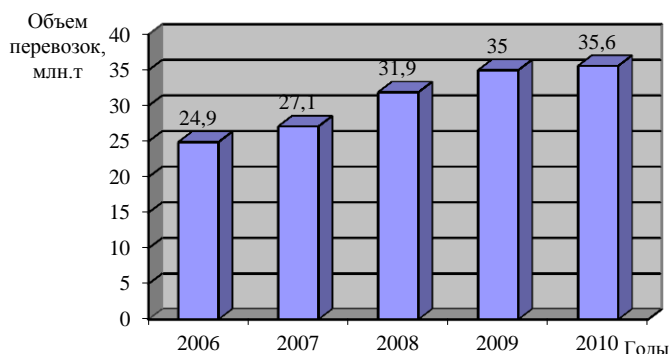


Рис. 1.1. Объем перевозок грузов автомобильным транспортом

Анализ парка автотранспортных средств республики по срокам нахождения в эксплуатации показывает на прогрессирующее старение подвижного состава, значительная часть автомобилей находится на пределе выработки ресурса и требует обновления. Так, за последние пять лет (2006-2010 гг.) доля грузовых автомобилей со сроком эксплуатации более 10 лет возросла с 28 % до 41 % и с 30 % до 48 % соответственно.

Эффективная деятельность автомобильного транспорта обеспечивается соответствующей инфраструктурой, к которой в первую очередь относится сеть автомобильных дорог. В нашей горной республике автомобильные дороги составляют основу всей транспортной системы государства и совершенно очевидно, что автотранспортные перевозки доминируют во всех отраслях экономики. Общая протяженность автомобильных дорог в республике составляет около 34000 км, включая 18810,0 км дорог общего пользования и 15190 км дорог городов, сел, сельскохозяйственных, промышленных и других предприятий. Международные дорожные коридоры, а также внутренняя сеть автомобильных дорог обеспечивает практически единственный способ доступа к региональным рынкам товаров, услуг, и играют существенную роль в обеспечении связи между основными экономическими центрами внутри страны. Сохранение и улучшение региональных дорожных коридоров является естественным приоритетом государства в дорожно-транспортном секторе и структурной экономики республики. В настоящее время необходимо реформирование системы государственного регулирования в дорожно-транспортном комплексе, как доминирующего сектора народного хозяйства.

На сегодня общественно-значимыми являются факторы ускорения и регулярности доставки грузов автомобильным транспортом. Поэтому производители ориентируются на перевозки по автомобильным дорогам не только на ближние, но и на дальние расстояния.

Анализ существующих грузопотоков по автомобильным дорогам республики позволяет выделить следующие международные транспортные коридоры: Бишкек - Нарын - Торугарт - граница с КНР; Бишкек - Алматы; Ош - Сары Таш - Иркештам - граница с КНР; Граница с Таджикистаном - Карамык - Сары-Таш - Иркештам - граница с КНР; Бишкек - Ош - Андижан; Бишкек - Чалдовар - граница с Казакстаном; Суусамыр - Талас - Тараз; Ош - Исфана - граница с Таджикистаном; Балыкчы - Чолпон - Ата - Тюп - Кеген - граница с Казакстаном.

Транзитом по автомобильным дорогам Кыргызстана осуществляются перевозки преимущественно между республиками Средней Азии и Российской Федерации.

Одной из стратегически важной транспортной артерией нашей республики является автомобильная дорога Бишкек-Ош, протяженностью около 678 км. Она связывает север и юг, и формирует единое экономическое и политическое пространство.

В международном плане также неизмеримо высока роль автодороги Бишкек-Ош. Она активно вовлечена в процесс международной транспортной интеграции, как в рамках пяти государств Центральной Азии, так и в рамках государств Организации Экономического Сотрудничества, которая объединяет десять государств южно-азиатского субконтинента.

Одним из перспективных международных договоров в области развития транзитных сообщений, можно отнести Соглашение о транзитных перевозках между Казахстаном, КНР, Кыргызстаном и Пакистаном подписанное 9 марта 1995 года в г. Исламабаде./3/

Кыргызстан поддерживал и поддерживает данное соглашение. Это соглашение играет важную роль для Кыргызстана, как для государства, не имеющего выхода к морю. Реализация соглашения даст возможность в использовании транзитного потенциала и развития торгово-экономического отношения с другими государствами, т. е. открывается южный коридор: Бишкек (Кыргызстан) - Кашгар (КНР) - Карачи (Пакистан) далее к морю в район Персидского залива.

Международные перевозки автомобильным транспортом республики начали развиваться с 1993 года. В целях развития международных автоперевозок и участия в них отечественных перевозчиков, заключены соглашения о международных автомобильных сообщениях с 18 государствами дальнего и ближнего зарубежья. Это 11 стран СНГ: Россия, Украина, Беларусь, Казахстан, Узбекистан, Туркменистан, Таджикистан, Азербайджан, Молдова, Грузия, Армения, а также Латвия, Турция, Иран, Пакистан, Китай, Германия и Польша.

Как показала практика независимого развития республики, необходимы научные исследования по автомобильным дорогам, которые должны были проводиться в нескольких направлениях: это оценка и дальнейшее развитие научно-технических разработок, совершенствование правовой и нормативно-технической базы отрасли, которая должна быть переработана и адаптирована к современным условиям. Развитие транспорта должно быть ориентировано на формирование государственно-территориального устройства, внутреннего и внешних рынков, а также на удовлетворение потребностей населения в транспортных перевозках.

В перевозках в основном задействованы мелкие предприятия и физические лица, которые занимаются только коммерческой эксплуатацией автотранспортных средств, не имеют в собственности производственно-технической базы и мест для их хранения. В перевозках задействован водительский состав и инженерно-технические работники с недостаточной квалификацией для обеспечения безопасности автомобильных транспортных процессов. Необходимо проводить обучение персонала, связанного с автомобильными перевозками, но существуют проблемы связанные с оснащением учебных центров современной оргтехникой.

Одним из основополагающих принципов разрешительной системы при регулировании международных автоперевозок является обеспечение паритета, и его применение способствует более равномерному участию перевозчиков в транспортировке грузов, как в двустороннем, так и в транзитном сообщении через территории государств-участников системы. В тоже время, на отечественном рынке автоперевозок усиливается присутствие иностранных перевозчиков, в результате чего остаются открытыми вопросы защиты отечественных перевозчиков, которые постепенно вытесняются даже с внутреннего рынка автоперевозок.

Из-за ненадлежащего транспортного контроля за автомобилями при въезде на территорию республики, которыми превышаются допустимые весовые и габаритные параметры, все большее распространение получает увеличение удельного веса предоставляемых услуг транспортными средствами иностранных перевозчиков, разрушающие автомобильные дороги, тем самым нанося вред дорожной отрасли, а также безопасности движения. Процесс автомобилизации продолжает наращивать темпы.

Одной из проблем для беспрепятственного проезда кыргызских автоперевозчиков по территории других государств является вопрос присоединения Кыргызской Республики к Европейскому Соглашению, касающегося работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (ЕСТР), подписанного в Женеве 1 июля 1970 года, направленного на развитие и улучшение международных автомобильных перевозок, повышение безопасности дорожного движения, регламентацию условий труда водителей и экипажей транспортных средств, и предназначенного для регистрации скорости движения транспортного средства и пройденного пути, а также регистрации режима труда и отдыха, других режимов занятости водителя. К этому Соглашению присоединилось 47 государств: все страны Евросоюза и страны СНГ (кроме Грузии, Кыргызстана и Таджикистана). С 16 июля 2010 года вступили в силу поправки к ЕСТР, касающиеся условий применения цифровых тахографов на новых грузовых автотранспортных средствах.

Отдельные механизмы по обеспечению безопасности автоперевозок и качества автомобильных транспортных услуг не подкреплены на законодательном уровне мерами воздействия на нарушителей. В нормативных правовых актах, кроме ответственности автомобильных перевозчиков, не отражена ответственность и применяемые санкции за неисполнение всех этих требований на исполнителей услуг, обеспечивающих транспортный процесс.

Одним из базовых приоритетов внутренней и внешней политики Кыргызстана в современных условиях является ускоренная интеграция ее транспортного комплекса в мировое логистическое пространство, создание благоприятных условий для свободного перемещения товаров, услуг, капитала и рабочей силы. Одним из ключевых звеньев развития кыргызской экономики становится совершенствование транспортной системы страны и реализация ее мощного транзитного потенциала для обеспечения евроазиатских связей.

Из этого следует, что развитие международных транспортных коридоров отвечает как внешним, так и внутренним экономическим интересам Кыргызской Республики.

Задачи развития автотранспортной отрасли может быть реализовано в рамках следующих направлений:

1. Формирование единой государственной транспортной политики с целью более качественного обеспечения населения автомобильными грузовыми перевозками;
2. Совершенствование и реформирование системы государственного регулирования автотранспортной отрасли;
3. Развитие международного сотрудничества автотранспортной отрасли, развитие двустороннего и многостороннего сотрудничества Кыргызской Республики, направленное на дальнейшую интеграцию национальной транспортной системы в мировую транспортную систему;
4. Развитие и совершенствование транспортной инфраструктуры. Совершенствование рынка автотранспортных услуг;
5. Обновление и пополнение парка грузовых автотранспортных средств;
6. Развитие эффективных транспортно - логистических технологий и перевозочных систем на базе многопрофильных терминальных и логистических комплексов;



7. Создание современной системы информационного обеспечения автотранспортной отрасли и внедрение системы телекоммуникационных и навигационных систем;
8. Подготовка кадров.

**Выводы:** Для решения поставленных задач необходимо проведение комплекса мероприятий, направленных на развитие и создание конкурентоспособной автотранспортной отрасли.

Необходима целенаправленная деятельность государства по координации действий республиканских и региональных органов власти в целях создания благоприятных условий для привлечения на транспортные коммуникации Кыргызстана транзитных грузопотоков.

#### Список литературы

1. Закиров А.З. Региональная экономика Кыргызстана / Закиров А.З. - Бишкек, 2012
2. Стратегия развития автомобильного транспорта Кыргызской Республики на период 2011-2015 гг. / Министерство транспорта и коммуникаций Кыргызской Республики Бишкек, 2011г
3. Обзор рынка транспортных перевозок. / Министерсва Финансов Кыргызской Республики ,2008 г.

УДК 621.3.017:621.316.1

### СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 0.38 КВ

*Султаналиева Гулиза Максатбековна, преподаватель КГТУ им. И. Раззакова  
Султаналиева Элиза Максатбековна, преподаватель КГТУ им. И. Раззакова  
Кыргызстан, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: energo\_fak@bk.ru*

Зачастую длительные несимметричные и неуравновешенные режимы сопровождаются значительными отклонениями и колебаниями напряжений, вызываемыми перетоками реактивной мощности, наличием токов и напряжений высших гармоник.

**Ключевые слова:** потери электроэнергии, схема электроснабжения, постоянный ток.

### POWER LOSS REDUCTION IN DISTRIBUTION NETWORKS 0.38 HF

*Sultanalieva Guliza Maksatbekovna, teacher KSTU named after I. Razzakov  
Sultanalieva Eliza Maksatbekovna, teacher KSTU named after I. Razzakov  
Kyrgyzstan, c. Bishkek, pr. Mir 66, e-mail: energo\_fak@bk.ru*

Lengthy and often unbalanced modes are accompanied by significant deviations and fluctuations in voltage caused by reactive power flows, the presence of current and voltage harmonics.

**Keywords:** loss of electricity, power supply circuit, a constant current.

**Введение.** Потери электроэнергии сегодня подсчитываются экономическим путем и не соотносятся с техническими причинами, порождающими эти потери. Повышение эффективности расходования энергоресурсов в основном связано с дальнейшим использованием энергосберегающей техники. В основе данного метода вновь лежит экономический подход, когда счетчик электроэнергии показывает меньшую величину. Причина увеличения потерь в линиях, во внутридомовых сетях и трансформаторах остается неизменной, и, следовательно, использование энергоэффективной техники не решает проблему сокращения потерь, наоборот, приводит к их росту и искажению показаний приборов учета электроэнергии и измерительных трансформаторов.

### Оценка влияния несимметрии нагрузок на величину потерь энергии.

Относительное превышение потерь энергии за рассматриваемый период времени  $T$  (за сутки) мы подсчитывали для случаев, когда:

а) нагрузки такие же, как при эксплуатации, отношения нагрузки наиболее загруженной фазы к нагрузке наименее загруженной фазы имеют различные значения, т.е.  $I_{\max} / I_{\min}$  не лимитировано;

б) наибольший возможный перекоп ограничен и равен

$K_{\text{доп.}}$ , когда  $K > K_{\text{доп.}}$ , находятся новые, частично выровненные значения фазных нагрузок, удовлетворяющие условию  $I_a + I_b + I_c = I_a + I_b + I_c$ , т.е.  $K = K_{\text{дт}} \cdot$

$$\frac{I_{\max} - \Delta I}{I_{\min} - \Delta I} = K_{\text{дт}} \quad (1);$$

по методу последовательных приближений, суть которого в следующем:

1. Находится выравнивающий ток  $\Delta I$  из (1)

$$\Delta I = \frac{I_{\max} - I_{\min} K_{\text{дт}}}{1 + I_{\text{дт}}} \quad (2);$$

2. Новые частично выровненные фазные токи в первом приближении будут

$$I_{\max} - \Delta I, \quad I_{\text{дт}}, \quad I_{\min} + \Delta I.$$

3. Путем сопоставления новых, частично выровненных значений фазных токов определяются  $I_{\max}$ ,  $I_{\text{промеж.}}$ ,  $I_{\min}$

Заметим, что  $I_{\max}$  и  $I_{\text{промеж.}}$  также, как  $I_{\text{промеж.}}$  и  $I_{\text{промеж.}}$ ,  $I_{\min}$  и  $I_{\min}$  могут не принадлежать соответственно одноименным фазам.

4. Проверяются  $I_{\max}$  и  $I_{\min}$  по условию  $K \leq K_{\text{доп.}}$  при удовлетворении которого процесс выравнивания прекращается, т.е. найденные фазные токи  $I_{\max}$ ,  $I_{\text{промеж.}}$ ,  $I_{\min}$  являются окончательными, частично выровненными значениями токов по требуемому условию.

Если же окажется, что  $I_{\max} : I_{\min} > K_{\text{доп.}}$  то расчет продолжается по выше приведенной последовательности, т.е. находятся

$$\Delta I' = \frac{I_{\max} - K_{\text{дт}} I_{\min}}{1 + \hat{E}_{\text{дт}}}$$

$$I_{\max} - \Delta I', \quad I_{\text{дт}}, \quad I_{\min} + \Delta I'$$

$$I_{\max}'' , I_{\text{дт}} , I_{\min}''$$

$$I_{\max}'' : I_{\min}''$$

до тех пор, пока не удовлетворится условие  $K = K_{\text{доп.}}$

В качестве примера рассмотрим значения относительного превышения потерь энергии, подсчитанные для ТП с 21 фидером в Чуйской области при условии, когда нет ограничения перекоосу фазных токов, перекоос ограничен с  $K_{доп} = 1,4$  и  $K_{доп} = 1,2$ . Почасовые нагрузки для одного Т1 в соответствующих вариантах приведены в табл. 1, а результаты расчета относительных превышений потерь энергии на элементах ТП № 253. Относительные превышения потерь энергии в меди трансформаторов и проводах фидеров из-за несимметрии нагрузок над потерями при идеальной симметрии нагрузок ТП № 253.

Таблица 1

Элемент сети с потерей	При существующем положении		При ограничении возможных несимметрий $K_{доп}$			
			1,4		1,2	
	$r_B / r=1$	$r_0 / r=2$	$r_0 / r=1$	$r_0 / r=2$	$r_0 / r=1$	$r_0 / r=2$
трансформатор	2.00	2.00	1.34	1.34	0.626	0.62
фидер № 1	99.00	158.40	5.15	8.20	1.32	2.12
фидер № 2	14.62	23.40	2.20	3.50	0.88	1.50
фидер № 3	16.00	25.20	5.00	7.40	3.40	4.25
фидер № 4	17.00	28.40	5.00	8.30	0.40	2.30
фидер № 5	1.35	2.10	0.06	0.09	0.06	0.09
фидер № 6	19.50	31.20	4.00	6.40	1.74	2.79
фидер № 7	6.60	10.50	2.88	4.56	1.44	2.28
фидер № 8	16.90	27.00	2.49	4.00	0.90	1.44

Примечание: Относительное превышение потерь энергии подсчитано по формуле

$$\Delta(\Delta Y) \% = \frac{\Delta Y_{\text{вв}} - \Delta Y_{\text{ид}}}{\Delta Y_{\text{ид}}} \cdot 100 \quad (3)$$

Также вся нормативная техническая документация по устройству электрических сетей, проектированию электроустановок, выбору оборудования и аппаратуры для защиты линий, учета электроэнергии, по расчетам потерь электроэнергии базируются на трехфазном, симметричном и линейном токе, фактически токи несинусоидальные и несимметричные.

Таким образом, на сегодняшний день имеется расхождение реальной ситуации в электрических сетях и электроустановках потребителей с одной стороны, и нормативно-технической документацией в электроэнергетике. Установкой счетчиков у потребителей эту проблему не решить.

Потери электроэнергии сегодня подсчитываются экономическим путем и не соотносятся с техническими причинами, порождающими эти потери.

Повышение эффективности расходование энергоресурсов в основном связано с дальнейшим использованием энергосберегающей техники. В основе данного метода вновь лежит экономический подход, когда счетчик электроэнергии показывает меньшую величину.

Причина увеличения потерь в линиях, во внутридомовых сетях и трансформаторах остается неизменной, и, следовательно, использование энергоэффективной техники не решает проблему сокращения потерь, - наоборот, приводит к их росту и искажению показаний приборов учета электроэнергии и измерительных трансформаторов.

Трехфазный ток по происхождению предназначен для промышленности и тяжелой индустрии, для передачи электроэнергии на дальние расстояния.

Применение постоянного тока для электроснабжения электроустановок зданий предлагается как один из альтернативных вариантов для электроснабжения сектора

экономики с однофазной нагрузкой с целью существенного снижения потерь электроэнергии по предварительным оценкам до 20%.

В основе данного предложения лежат следующие аксиомы:

1. Схема электроснабжения на постоянном токе симметрирует однофазную нагрузку в трехфазной сети и силовых трансформаторах в результате применения в ней двенадцатипульсного выпрямителя. Нарботка на отказ современной силовой электроники достаточно высокая имеется опыт эксплуатации данного оборудования в электрофицированном транспорте и специальных объектах.
2. Постоянный ток по самой своей природе не имеет гармонических токов и реактивной составляющей электроэнергии. Это также снижает потери электроэнергии при ее передаче по линиям электропередачи, в трансформаторах, в сетях потребителя, в целом до 20%.
3. Большинство техники, использующейся в быту и офисах, может работать на постоянном токе, так как в основе их лежит принцип выпрямления переменного тока преобразование его в частотных преобразователях по структурам техники для применения или выполнения разных функций, например, для регулирования скорости вращения двигателей, изменения звука, цвета и т.п. Кроме того, промышленностью выпускается оборудование, непосредственно работающее от постоянного тока.
4. Учет электроэнергии постоянного тока не имеет привнесенных погрешностей, в отличие от переменного тока с искаженной формой.
5. Постоянный ток практически не создает в окружающей среде переменное электромагнитное поле, влияющее на физиологию человека (т.е. в электроустановках с постоянным током электромагнитная обстановка чистая и безопасная).
6. В качестве источника постоянного тока для электроснабжения жилых домов, кроме основного источника, возможно использовать аккумуляторы и альтернативные источники электроэнергии. При этом нетрадиционные источники электроэнергии можно использовать напрямую без преобразования и синхронизации, что существенно упрощает и удешевляет их применение.

#### **Цели и задачи:**

- показать на примере применения постоянного тока в схеме электроснабжения электроустановки жилого дома и уличного освещения возможность существенного снижения потерь электроэнергии по сравнению с существующей схемой электроснабжения электроустановок зданий и уличного освещения на переменном токе.

- определить технические возможности применения постоянного тока в схеме электроснабжения электроустановок в зданиях относительно различных групп потребителей.

- определить экономический эффект от применения постоянного тока.

#### **Список литературы**

1. Гитгарц Д. А. Симметрирующие устройства для однофазных электротермических установок / Д. А. Гитгарц, Л.А. Мнухин – М.:1987
2. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий . - Киев, 1985.

УДК 621.181.662.9

## УСТРОЙСТВО И СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЛАЗМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЖИДКОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВ

*Самсалиев Анвар Амантаевич, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail.ru: kazas@mail.ru*

Цель статьи - разработка устройства и способа регулирования плазменного воздействия на жидкое состояние веществ, фракционное разделение многокомпонентной жидкой среды. Известные устройства и способы СВЧ – обработки жидких диэлектрических материалов ограничены температурой СВЧ нагрева, отсутствием управления процесса нагрева и возможны загрязнения материалов жидких сред контактирующих с оксидами металлов. При разработке конструкции решались задачи по увеличению диапазона температуры регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества или на материалы, транспортируемые мокрым способом, достижение равномерности плазменного воздействия на материалы, управляемости времени прохождения материала через зону плазмы, организация многоступенчатого разделения составляющих многокомпонентных сред.

**Ключевые слова:** СВЧ плазменные технологии, жидкие диэлектрические материалы, регулирование плазменного воздействия, многоступенчатое фракционное разделение.

## THE DEVICE AND METHOD OF CONTROLLING PLASMA EFFECTS ON THE LIQUID STATE OF SUBSTANCES

*Samsaliev Anvar Amantayevich, Ph. D., associate Professor, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mir Avenue 66, e-mail.ru: kazas@mail.ru*

The purpose of the article is development of a device and method for regulating the plasma effect on the liquid state of substances, the fractional separation of multicomponent liquid media. Known devices and methods microwave treatment of liquid dielectric materials is limited by the temperature of microwave heating, the lack of control of the heating process and the possible contamination of materials contacting the liquid media with metal oxides. During design addressed the challenges of increasing range of the temperature controlled plasma exposure of liquid substances or materials transported by the wet way, the achievement of uniformity of plasma effects on materials, handling time of passage of material through the plasma zone, the organization of multi-stage separation of components of multicomponent media.

**Keywords:** microwave plasma technology, liquid dielectric materials, regulation of plasma exposure, a multi-stage fractional separation.

В последнее время развивается новый раздел химии и физики, химической технологии – плазмохимия [5]. Технологии с использованием плазмы отличаются высоким уровнем энергии, вкладываемой в химическую систему. Это приводит к значительному увеличению скоростей химических превращений, уменьшению размеров реакторов, возможности переработки сырья, плохо поддающиеся переработке традиционными методами [3,4].

Одним из перспективных направлений исследований является изучение и разработка СВЧ плазматронов для регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества.

Известно устройство для СВЧ-обработки жидких диэлектрических материалов [1], содержащий вращающуюся рабочую камеру в виде цилиндра или усеченного конуса, на внутреннюю поверхность, которой сверху наливается обрабатываемая жидкость, удерживаемая на поверхности центробежной силой и постепенно стекающая в приемную воронку, а СВЧ мощность подается в камеру сверху через рупорный излучатель (рис.1.).

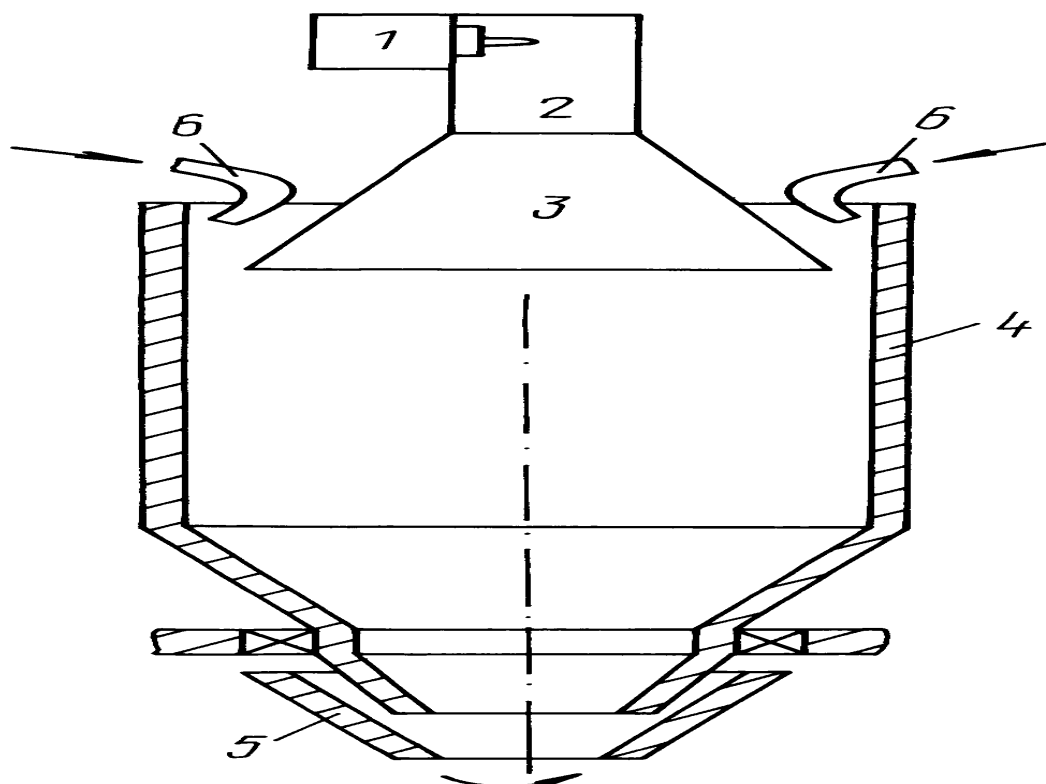


Рис. 1. Устройство СВЧ обработки жидких диэлектрических материалов

Известен также способ и устройство испарения жидких сред [2], содержащий рабочую камеру, волноводы для подвода сверхвысокочастотного излучения, размещенный в рабочей камере гранулированный материал, содержащий оксиды металлов в соотношении, мас. %:  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  - 48,50,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 24,85,  $\text{ZnO}$  - 26,00,  $\text{SiO}_2$  - 0,5,  $\text{Co}_2\text{O}_3$  - 0,15. Нагрев жидкой среды осуществляют совместно с неподвижным, не расходуемым веществом, преобразующим энергию электромагнитного поля в тепловую, в виде гранул либо в виде цельного материала, имеющего внутренние каналы для протекания по ним испаряемой среды. Вещество, преобразующее энергию электромагнитного поля в тепловую, может быть выполнено цилиндрической или сферической формы или в форме параллелепипеда. В качестве вещества, преобразующего энергию электромагнитного поля в тепловую, используют смесь оксидов металлов (рис.2.).

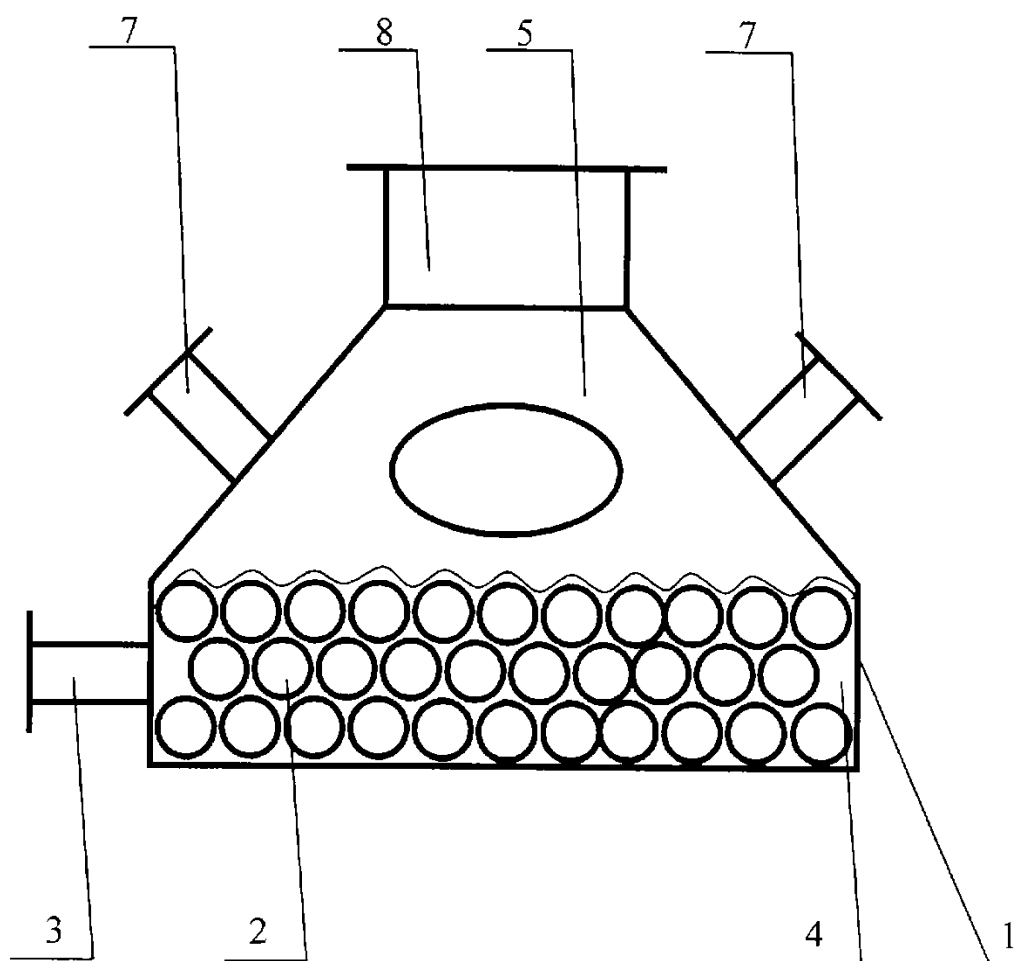


Рис.2. Устройство для испарения жидких сред

Недостатками устройств являются ограниченность температуры СВЧ нагрева, отсутствие управление процессом нагрева и возможность загрязнения жидких сред контактирующих с оксидами металлов.

Задачами исследований является увеличение диапазона температуры регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества или на материалы, транспортируемые мокрым способом, достижение равномерности плазменного воздействия на материалы, управляемости времени прохождения материала через зону плазмы, организация многоступенчатого разделения составляющих многокомпонентных сред.

Поставленные задачи достигаются тем, что способ и устройство регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества, содержащий волновод, по которому подается СВЧ мощность, прямоугольный резонатор со сквозными пазами по сторонам, через которые наклонно к горизонту проходит направляющая цилиндрическая керамическая трубка, разрядную камеру, выполненной в форме трапеции или усеченного конуса, удерживаемых вертикально цилиндрической трубкой, выполненной из диэлектрических термостойких материалов, расположенной перпендикулярно к оси магнетрона и выходящей цилиндрическим концом в нижнем отверстии, что для проведения регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества изменяется скорость вращения и наклон керамической трубки, вертикальное положение разрядной камеры, состав веществ располагаемых в разрядной камере и для фракционного разделения и обработки жидких многокомпонентных сред организуется взаимосвязанные

блоки таких устройств с регулировкой температуры воздействия в каждой стадии для перехода в состояние пара компонент жидкой среды.

Принципиальная схема способа и устройства регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества представлена на рис. 3.

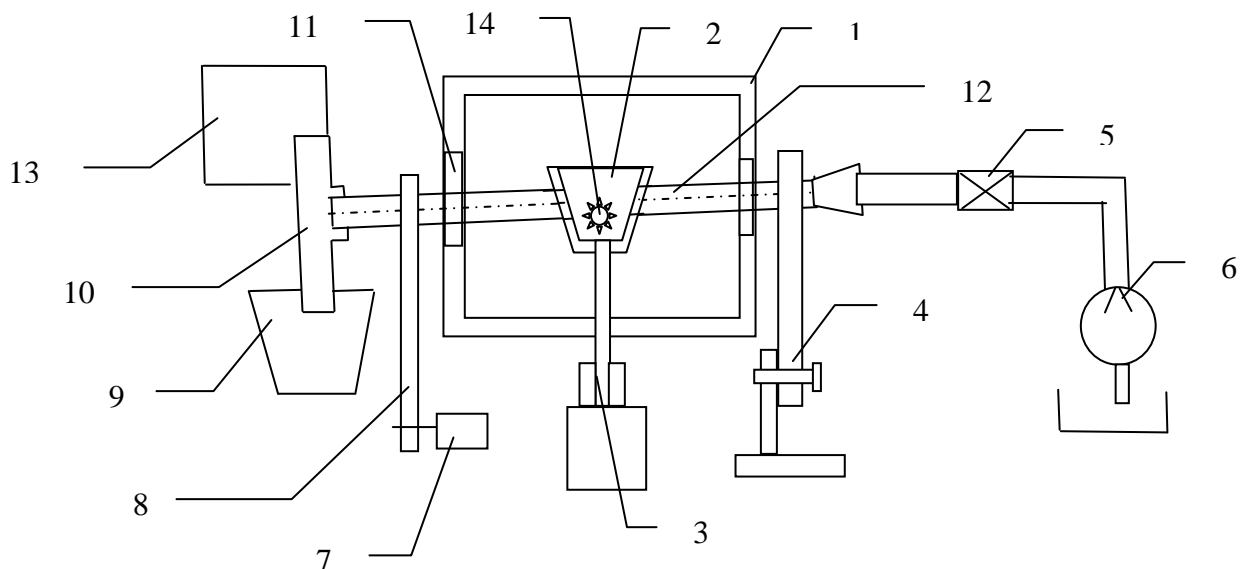


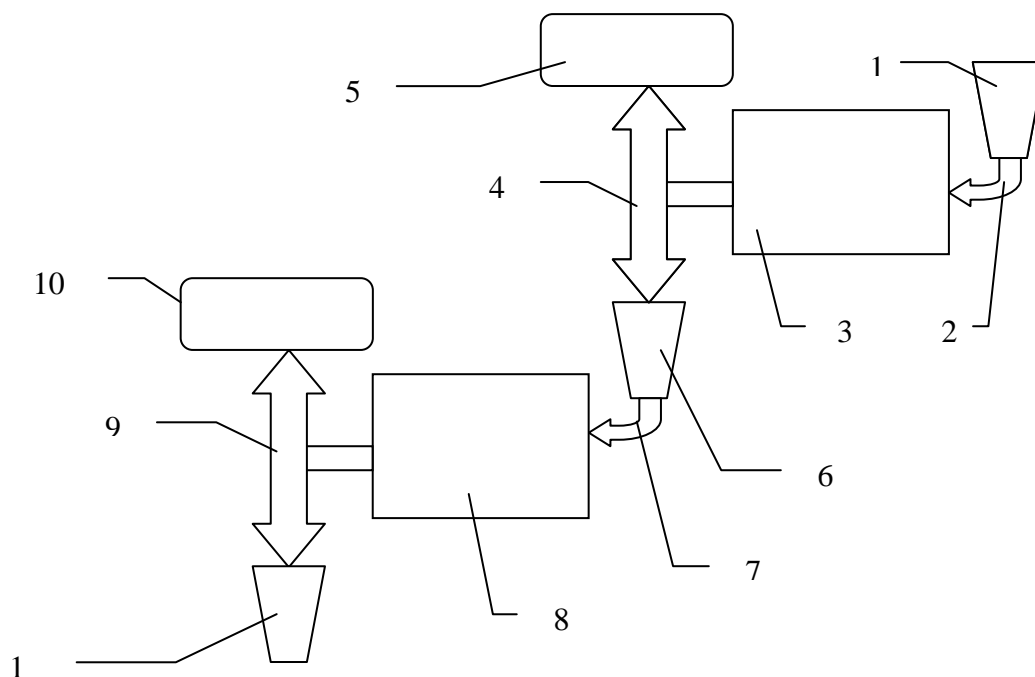
Рис.3. Схема устройства и способа регулирования плазменного воздействия на жидкие вещества.

Способ и устройство регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества представляет собой прямоугольный аппарат резонатора 1, имеющий технологические сквозные пазы 11, проходящий через них керамическую трубку 12, с конусом или трапецией 2, удерживающим плазму 14, регулятором воздействия плазмы 3 и наклона керамической трубки 4, дросселем 5 регулирования подачи материала в зону обжига, насоса 6 подачи материала, электрического двигателя 7 и привода 8 вращения керамической трубки, тройника 10 разделения воздушной части 13 паров и жидкой части или обожженного материала 9.

В СВЧ – установку, непрерывно подается мокрый или жидкий материал расход которой, поддерживается постоянным, а регулировка ее производится дросселем 5. Время и температура плазменного воздействия регулируется углом наклона и скоростью вращения керамической трубки. Таким образом, можно добиться определенной степени эффективности тепловой обработки материалов, получить пирокаталитическое разделение компонент жидких веществ.

Принципиальная схема решения задачи организация многоступенчатого разделения составляющих многокомпонентных сред представлена на рис.4.





Из бункера 1 исходные вещества подаются по трубопроводам 2 в предлагаемую конструкцию СВЧ – установки 3, описание, которого дано в пояснении к рис.3., проходит через соответствующее плазменное воздействие и выход ее разделяется на составляющие, посредством тройниковой системы 4, на летучие фракции, которые конденсируются в емкости 5 и жидкие фракции, которые собираются в бункере 6, для дальнейшей обработки в следующем плазматроне.

Схема перемещения и разделения многокомпонентных сред по каждому контуру обработки аналогичен вышеприведенному, отличается диапазоном температур и временем нахождения в СВЧ – установке, а значит и продуктами, полученными в парообразном или жидком виде.

Может найти применение в плазменной технологии машиностроения, химической, нефтехимической и металлургической промышленности, переработке органических и неорганических материалов.

Выводы: Преимущества предлагаемого способа и устройства регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества заключаются в увеличении диапазона температуры регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества, достижение равномерности воздействия плазмы на материал, управляемости времени прохождения материала в зоне плазмы, возможности фракционного разделения компонент жидких веществ по температуре парообразования, простоте схемы.

#### Список литературы

1. Патент 2200606 РФ, 20.03.2003.
2. Патент 2078404 РФ, 27.04.1997.
3. Плазмохимическая переработка угля / Жуков М.Ф. и др. - М.: Наука, 1990
4. Самсалиев А.А. Обжиг сульфидных материалов в плазматроне со свободно плавающим плазматроном / А.А. Самсалиев, С.С. Ларин, М.Б. Баткибекова // Известия КГТУ им. И. Раззакова 2010.- №21.- С. 67-71
5. Словецкий Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме / Д.И. Словецкий - М. : Наука, 1980

УДК 621.181.662.9

## УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ПЛАЗМЕННОГО ОБЖИГА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*Самсалиев Анвар Амантаевич, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail.ru: [kazas@mail.ru](mailto:kazas@mail.ru)*

Неметаллические тугоплавкие материалы находят в настоящее время широкое применение в промышленности. Одним из проблемных участков для их широкого внедрения является вопросы обжига или изменения оксидно-восстановленной форм неметаллов. В применяемых плазматронах с использованием воздушных потоков для стабилизации плазмы и транспортировании материалов через плазменную зону возможны электрические пробой, приводящие к эрозии обтекаемого тела, загрязнению плазмы, срыву разряда и снижению ресурса работы плазматрона. Отсутствует в существующих конструкциях СВЧ плазматронов возможность регулировки времени и температуры обжига материалов. Предлагается конструкция устройства для СВЧ плазменного обжига неметаллов с решением данных проблем.

**Ключевые слова:** обжиг, неметаллические тугоплавкие материалы, СВЧ плазматроны, стабилизация плазмы, транспортирование материалов, регулирование времени и температуры обжига.

## THE DEVICE AND METHOD OF PLASMA FIRING NONMETALLIC MATERIALS

*Samsaliev Anvar Amantayevich, Ph. D., associate Professor, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mir Avenue 66, e-mail.ru: [kazas@mail.ru](mailto:kazas@mail.ru)*

Non-metallic refractory materials are now widely used in industry. One of the problem areas for their widespread introduction is questions firing or change of oxide - reduced forms of metals. In the plasma torch using air flow to stabilize the plasma and transport of materials through the plasma zone there is possible electric breakdowns, leading to erosion of the streamlined body, contamination of the plasma disruption discharge and reduced service life of the plasmatron. In the existing structures of the microwave plasma torch is missing adjustable time and temperature firing of materials. The proposed design of the device for microwave plasma annealing of metals with a solution for these problems

**Keywords:** roasting, non-metallic refractory materials, microwave plasmatron, stabilize of the plasma, transport of materials, regulation of time and temperature of firing.

В последнее время низкотемпературная плазма нашла широкое применение в химической технологии, при получении чистых веществ в электронной и металлургической промышленности [5].

Для удержания и стабилизации плазмы в определенной области разрядной камеры и транспортирования обрабатываемых материалов через плазменную зону в настоящее время используются воздушные потоки.

Например, известен СВЧ плазматрон [1] содержащий магнетрон и цилиндрический резонатор с отверстиями в его торцевых стенках, в одно из которых вставлена антенна магнетрона, а второе снабжено соплом и является выводным для плазменного факела. В

средней части полости резонатора установлены две перегородки, изготовленные из диэлектрического материала, причем одна из них - газонепроницаемая, а в центре другой выполнено отверстие. В полость между торцевой стенкой резонатора и газонепроницаемой перегородкой введена антенна магнетрона, а сама полость заполнена электроизолирующим газом высокого давления. Две другие полости подсоединены к системе подачи плазмообразующего газа, причем в полость между второй торцевой стенкой резонатора и перегородкой с отверстием плазмообразующий газ подается тангенциально к образующей окружности резонатора. За счет установки в разрядной камере резонатора дополнительной перегородки с центральным отверстием, обеспечивающей возможность подачи плазмообразующего газа двумя независимыми потоками, повышаются стабильность и устойчивость плазменного факела, надежность и к.п.д. плазмотрона (рис. 1.).

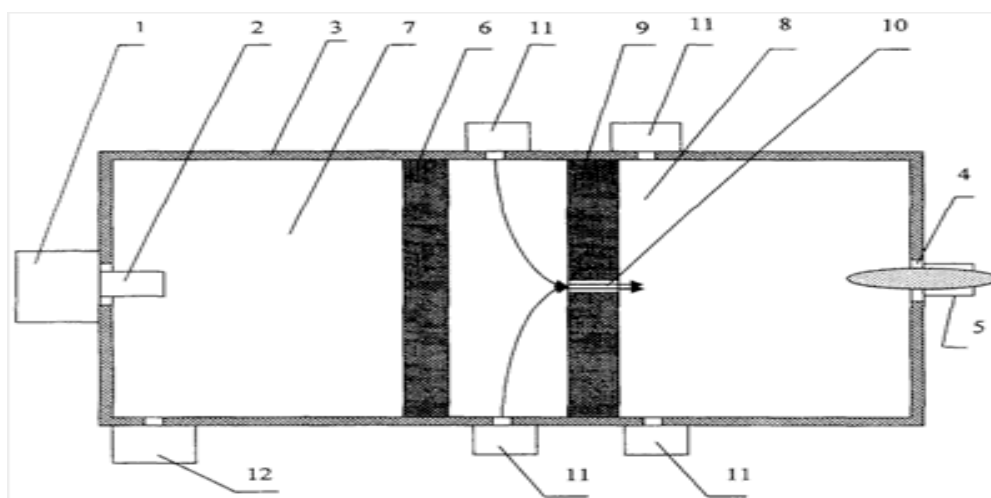


Рис.1. СВЧ плазматрон с цилиндрическим резонатором

В данном устройстве реализован тангенциальный способ стабилизации плазмы и подачи материала. Такой способ стабилизации разряда не требует наличия плохообтекаемого тела, но введение дисперсного материала в плазму вследствие действия центростремительных сил приводит к выбросу частиц на стенки разрядной камеры и, соответственно, прекращению подачи СВЧ мощности и срыву разряда.

В следующем, рассматриваемом СВЧ – плазмотроне циклонного типа [2] содержащий волновод с вводом энергии, цилиндрическую разрядную камеру, проходящую через волновод перпендикулярно его широкой стенке, завихритель, расположенный в нижней части разрядной камеры, узел подачи золя, выходное сопло, разделено узел подачи плазмообразующего газа и подачи порошкового материала. Выходное сопло встроено в завихритель и расположено в нижней части разрядной камеры. Устройство работает следующим образом. СВЧ мощность, подаваемая по волноводу 1 поддерживает СВЧ разряд атмосферного давления в разрядной камере 2, образованной цилиндрической кварцевой трубкой, узлом подачи порошка 6, завихрителем 3 и выхлопным соплом 5. Плазмообразующий газ подается через патрубки завихрителя 4 и выходит в выхлопное сопло 5, нагревшись в СВЧ плазме. Стабилизация СВЧ разряда достигается тангенциальной подачей плазмообразующего газа, который дополнительно выполняет роль охладителя стенок разрядной камеры и выходного сопла. Порошок подается через узел подачи 6, расположенный в верхней части разрядной камеры проходит нагреваясь через СВЧ плазму и выходит в выхлопное сопло 5 (рис.2.).

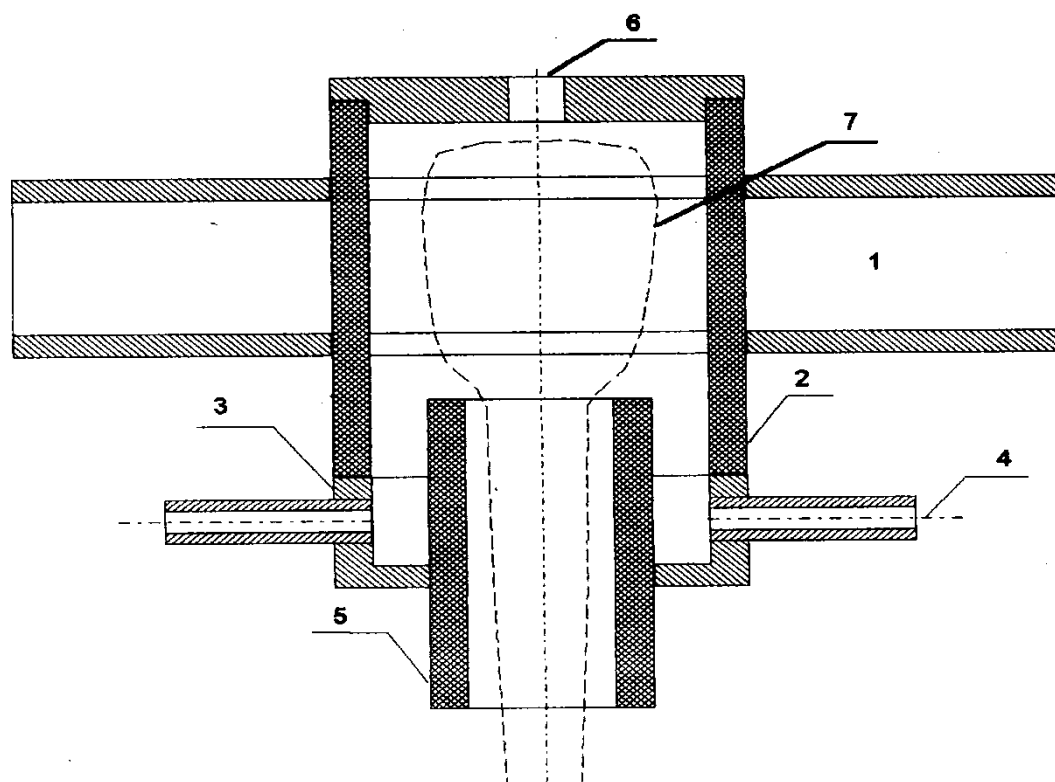


Рис.2. СВЧ плазматрон циклонного типа

Недостатками приведенных типов плазматронов является то, что при использовании воздушных потоков для стабилизации плазмы и транспортировании материалов через плазменную зону возможны электрические пробой, приводящие к эрозии обтекаемого тела, загрязнению плазмы, срыву разряда и снижению ресурса работы плазматрона. Отсутствует в обоих случаях возможность регулировки времени и температуры обжига материалов.

Задачей исследований является увеличение ресурса работы плазматрона, равномерности воздействия плазмы на обжигаемый материал, достижение управляемости времени и температуры прохождения материала в зоне плазмы.

Поставленная задача достигается тем, что СВЧ – плазматрон обжига материалов, содержащий волновод, по которому подается СВЧ мощность, прямоугольный резонатор со сквозными отверстиями по сторонам, разрядную камеру, состоящую из сборных двух усеченных конусов, удерживаемых цилиндрическими трубками, выполненных из диэлектрических термостойких материалов, расположенной перпендикулярно к оси магнетрона и выходящей цилиндрическим концом в отверстиях, причем для проведения обжига материала предварительно концентрат прессуется в стержень, который перемещается по направляющей керамической трубке, регулируя скорость подачи стержня достигается изменение температуры плазменного состояние веществ и в зависимости от состава смеси и времени воздействия происходит процесс окисления или восстановления [3,4].

Принципиальная схема СВЧ – плазматрона обжига материалов представлена на рис.3.

СВЧ плазматрон обжига материалов представляет собой прямоугольный резонатор 2, на которую подают СВЧ мощность от магнетрона 1, имеет сквозные отверстия 3 по сторонам, разрядную камеру, состоящего из нижнего 4 и верхнего 5 усеченного конуса,

которые удерживаются нижним 6 и верхним 7 цилиндрическими направляющими трубками.

Устройство и способ плазменного обжига неметаллических материалов работает следующим образом. При подаче питания на магнетрон возбуждается плазма в разрядной камере, в которую по верхней направляющей трубе подаются спрессованные стержневые обрабатываемые материалы. Регулируя скорость подачи стержня, достигается изменение температуры плазменного состояния веществ. Скорость подачи зависит от количественного и качественного состава концентрата и необходимой степени проведения окислительных или восстановительных реакций. После прохождения процесса обжига, обработанные материалы через нижнюю направляющую трубу выводятся из зоны обжига.

Выводы: Преимущества предлагаемого СВЧ – плазматрона обжига материалов заключаются в универсальности, как для проведения окислительных реакций, так и восстановительных реакций, простоте схемы (без промежуточных элементов удержания плазмы) и возможности регулирования времени и температуры воздействия плазмы на материалы.

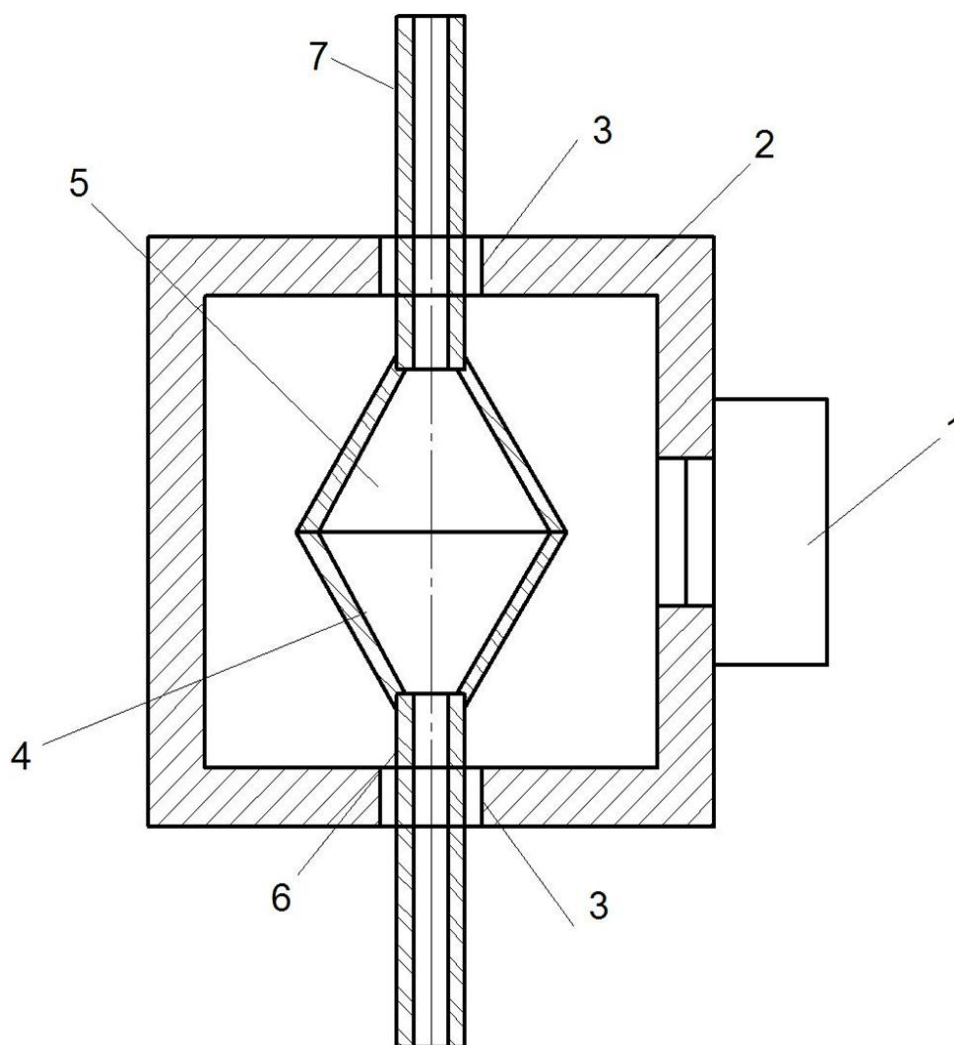


Рис.3. Предлагаемая конструкция СВЧ плазматрона.

### Список литературы

1. Буров В.Ф. Патент 2328095 РФ, 27.06.2008.
2. Дроков В.Г., Казмиров А.Д., Алхимов А.Б.. Патент 2082284 РФ, 20.06.1997.
3. Самсалиев А.А. Обжиг сульфидных материалов в плазматроне со свободно плавающим плазматродом / Самсалиев А.А., Ларин С.С., Баткибекова М.Б. // Известия КГТУ им. И. Раззакова.- 2010.-№-21. С. 67-71.
4. Самсалиев А.А. Плазменный обжиг известняковых материалов и клинкера / Самсалиев А.А., Бадачиев Т.М., Шаяхметов Р.М., Ларин С.С.
5. Словецкий Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме / Словецкий Д.И. - М.: Наука, 1980

УДК: 519.854:517.977.5:519.728.2

### ОБ ОДНОЙ ДИСКРЕТНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С МАЛЫМ ПЕРИОДОМ КВАНТОВАНИЯ

*Иманалиев Замирбек Кирешеевич, к.т.н., профессор, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: Imanaliev.51@mail.ru,  
Аширбаев Бейшембек Ыбышевич, к.ф.-м.н., доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: ashirbaev-58@mail.ru"*

Цель статьи – разработать алгоритм решения одной дискретной задачи оптимального управления с малым периодом квантования. При рассмотрении задач дискретного оптимального управления часто шаг дискретности (период квантования) оказывается малым либо число шагов велико (второй случай легко сводится к первому путем замены независимой переменной). Получение точного аналитического решения таких задач во многих случаях невозможно.

Подобная задача рассмотрена в работах [2 - 4]. В отличие от этих работ в данной работе предложенный алгоритм разработан на основе методов функционального анализа и момента [7] и данная задача является алгебраическим обобщением задачи рассмотренной в [6].

**Ключевые слова:** малый период квантования, квадратичный функционал, матрица простой структуры, норма вектора, оптимальное управление.

### ABOUT ONE DISCRETE PROBLEM OF OPTIMUM CONTROL WITH THE SMALL PERIOD OF QUANTIZATION

*Imanaliev Zamirbek Kiresheevich, Cand.Tech.Sci., professor, KG TU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: Imanaliev.51@mail.ru,  
Ashirbayev Beyshembek Ybyshevich, k.f. - m of N, the associate professor, KG TU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: ashirbaev-58@mail.ru"*

Article purpose – to develop algorithm of the solution of one discrete problem of optimum control with the small period of quantization. By consideration of problems of discrete optimum control often the discretization step (the quantization period) is small or the number of steps is big (the second case are easily reduced to the first by replacement of an independent variable). Obtaining the exact analytical solution of such tasks in many cases is impossible.

The similar task is considered in works [2 - 4]. Unlike these works in this work the offered algorithm is developed on the basis of methods of the functional analysis and the moment [7] and this task is algebraic generalization of the task considered in [6].

**Keywords:** small period of quantization, square functionality, matrix of simple structure, norm of a vector, optimum control.

Пусть уравнение движения имеет вид

$$x(t + \mu) = Ax(t) + Bu(t), \quad x(0) = x_0, \quad x(N) = x_N, \quad (1)$$

где  $x - n -$  мерный вектор фазовых координат,  $u - r -$  мерный вектор управления,  $t \in T_\mu = \{t: t = k\mu, k = 0, 1, \dots, N - 1\} \subset T = \{t: 0 \leq t \leq 1\}$ ,

$N = \frac{1}{\mu}$ ,  $\mu > 0$  – малый период квантования,  $A, B$  – постоянные матрицы размерностей  $n \times n$ ,  $n \times r$  соответственно,  $x_0, x_N$  – заданные векторы.

Качество процесса оценивается квадратичным функционалом

$$J = \sum_{k=0}^{N-1} u'(k\mu)Qu(k\mu), \quad (2)$$

где  $Q$  – симметричная, положительная матрица размерности  $r \times r$ .

Предположим, что

1. Матрица  $A$  является матрицей простой структуры [1] и она не имеет нулевого собственного значения  $\lambda_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ).

2. Все собственные значения  $\lambda_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) матрицы  $A$  удовлетворяют условию

$$|\lambda_i| < q_0 < 1. \quad (3)$$

Пусть далее  $x^N$  – произвольно выбранный вектор фазового пространства  $R^n$ . Функционал (2) оценивает затрачиваемую энергию в процессе управления [7].

Исследуемая задача состоит в отыскании управления  $u(t)$ , которое доставляет минимум функционалу (2) на траекториях системы (1).

Решение задачи (1), (2) можно представить в виде

$$x(k\mu) = A^k x_0 + \sum_{i=0}^{k-1} A^{k-i-1} Bu(i\mu), \quad (4)$$

где  $k = \frac{t}{\mu}$ .

По первому условию матрица  $A$  не имеет нулевого собственного значения и она не вырождена. Тогда собственные значения матрицы  $(A')^{-1}$  равны  $\lambda_1^{-1}, \lambda_2^{-1}, \dots, \lambda_n^{-1}$ , а соответствующие собственные векторы совпадают [1].

Так же, как и в [5] рассмотренном случае, решение будет получаться при помощи теоремы об ортогональном разложении элемента гильбертова пространства.

Из конечного условия (при  $k=N$ ) системы (1) следует, что искомое управление должно удовлетворять соотношению

$$\sum_{i=0}^{N-1} A^{N-i-1} Bu(i\mu) = \alpha_N, \quad (5)$$

где  $\alpha_N = x_N - A^N x_0$ .

Это условие можно записать в координатной форме

$$\sum_{i=0}^{N-1} H'_j(N, i)u(i\mu) = \alpha_{Nj}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (6)$$

где  $H_j(N, i)$  – вектор, компонентами которого являются элементы  $j$ -й строки матрицы  $A^{N-i-1}B$ ,  $\alpha_{Nj}$  –  $j$ -я компонента вектора  $\alpha_N$ .

Формируем новое пространство  $l^*$  векторов  $u = u(k\mu)$ , скалярное произведение и норма в котором определяются соотношениями:

$$(u, v) = \sum_{i=0}^{N-1} u'(i\mu)Qv(i\mu), \quad \|u\| = \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} u'(i\mu)Qu(i\mu) \right\}^{1/2},$$

где  $u \in l^*$ ,  $v \in l^*$ .

По условию задачи (1), (2) матрица  $Q$  положительна, то каждому  $H_j(N, i)$  соответствует единственный вектор  $v_j(N, i) \in l^*$  такой, что

$$Q \cdot v_j(N, i) = H_j(N, i), \quad j = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Тогда соотношения (6) можно записать в виде

$$(v_j(N, i), u(i\mu)) = \alpha_{Nj} \quad j = \overline{1, n}, \quad (8)$$

где  $v_j(N, i)$  определяется из уравнений (6).

Тем самым исследуемая задача об оптимальном управлении с малым периодом квантования может быть сформулирована следующим образом.

В пространстве  $l^*$  требуется найти элемент  $u^*(i\mu)$  такой, чтобы он удовлетворял условиям (8) и при этом функционал  $J = \|u\|^2$  достигал наименьшего значения.

Пусть  $\bar{l}^*$  – подпространства пространства  $l^*$ , т.е.  $\bar{l}^* \subset l^*$ , которое состоит из элементов

$$u(i\mu) = \sum_{j=1}^n C_j v_j(N, i),$$

где  $C_j$  ( $j = \overline{1, n}$ ) – произвольные постоянные.

Теперь предположим, что  $v_1, v_2, \dots, v_m$  ( $m \leq n$ ) – базис в  $\bar{l}^*$  и рассматриваемая задача при заданных  $\alpha_{Nj}$  имеет решение. Тогда оптимальное управление следует искать в форме

$$u^*(i\mu) = \sum_{j=1}^m C_j v_j(N, i), \quad (9)$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_m$  определяются из системы уравнений

$$\sum_{\sigma=1}^m [v_j, v_\sigma] C_\sigma = \alpha_{Nj} \quad j = \overline{1, m}. \quad (10)$$

Так как  $v_1, v_2, \dots, v_m$  – базис подпространства  $\bar{l}^*$ , определитель системы (10) отличен от нуля и управление (9) определяется однозначно.

Теперь, рассмотрим случай, когда  $m = n$ . Если обозначить через  $V(N, i)$  матрицу размерности  $r \times n$ , столбцами которой являются векторы  $v_j(N, i)$ , то уравнения (7) можно записать в матричной форме, т.е.

$$Q \cdot V(N, i) = B'(A')^{N-i-1}, \quad (11)$$

из (11) имеем

$$V(N, i) = Q^{-1} B'(A')^{N-i-1} \quad (12)$$

и выражение (9) записываем в виде

$$u^*(i\mu) = Q^{-1} B'(A')^{N-i-1} C, \quad (13)$$

где  $C$  – вектор с компонентами  $C_1, C_2, \dots, C_n$ .

Кроме этого, системе (10) можно придать вид

$$\sum_{i=0}^{N-1} V'(N, i) Q V(N, i) \cdot C = \alpha_N \quad (14)$$

или

$$W \cdot C = \alpha_N, \quad (15)$$

где  $W = \sum_{i=0}^{N-1} A^{N-i-1} B Q^{-1} B'(A')^{N-i-1}$ .

Из (15) будем иметь  $C = W^{-1} \alpha_N$ .

Тогда управление (13) записывается в виде

$$u^*(i\mu) = Q^{-1} B'(A')^{N-i-1} W^{-1} \alpha_N. \quad (16)$$

Управление (16) доставляет минимум функционалу (2) и минимальное значение функционала (2) будет равно

$$J_{min} = \alpha_N' W^{-1} \sum_{i=0}^{N-1} A^{N-i-1} B Q^{-1} B'(A')^{N-i-1} W^{-1} \alpha_N = \alpha_N' W^{-1} \alpha_N. \quad (17)$$

**Заключение.** В статье разработан алгоритм решения дискретной задачи оптимального управления с малым периодом квантования на основе методов функционального анализа и момента. Полученный алгоритм легко можно применить в случае, когда на управление и на квадратичного функционала даны ограничения.

Дальнейшее представление решения можно получить, пользуясь формулами приведенными в [6].



## Литература

1. Андреев Ю.Н. Управление конечномерными линейными объектами / Ю.Н. Андреев. - Москва: Наука, 1976.- 424 с.
2. Глизер В.Я. Асимптотика решения некоторых дискретных задач оптимального управления с малым шагом / В.Я. Глизер, М.Г. Дмитриев // Дифференциальные уравнения. 1979. Т.15.-№9. С. 116-122.
3. Глизер В.Я. Об одной разностной задаче оптимального управления с малым шагом / В.Я. Глизер // Дифференциальные уравнения. 1985. -Т.21. №8. С. 1440-1442.
4. Глизер В.Я. Асимптотика решения одной разностной с малым шагом задачи оптимального управления с подвижным правым концом траектории / Глизер В.Я. // Дифференциальные уравнения. 1988. Т.24. №8. С. 1457-1459.
5. Егоров А.И. Оптимальное управление линейными системами / А.И. Егоров. - Киев: Выща школа, 1988. - 278 с.
6. Иманалиев З.К. Решение дискретной задачи оптимального управления с малым шагом / Иманалиев З.К., Аширбаев Б.Ы., Алымбаева Ж.А. // Международный научно-информационный журнал «Наука и инновации». -2013 Вып. №1.- С. 35 – 41.
7. Красовский Н.Н. Теория управления движением / Н.Н. Красовский. – Москва: Наука, 1968. – 476 с.

УДК.: 621.951.45.

### ОСОБЕННОСТИ ИЗНОСА ЛЕНТОЧЕК И УГОЛКОВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

*Самсонов Владимир Алексеевич, к.т.н., профессор,*

*Рагрин Николай Алексеевич, к.т.н., доц.,*

*Стародубов Иван Иванович, к.т.н., доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [n\\_ragrin@mail.ru](mailto:n_ragrin@mail.ru)*

Рассмотрены отличительные особенности износа ленточек и уголков быстрорежущих спиральных сверл, присущие только этому виду инструмента

**Ключевые слова:** сверло, стойкость, скорость резания, износ, диаметр

### FEATURES OF WEAR OF RIBBONS AND CORNERS OF FAST-CUTTING SPIRAL DRILLS

*Samsonov Vladimir Alekseevich, Cand.Tech.Sci., professor, Ragrin Nikolay Alekseevich, Cand.Tech.Sci., associate professor, Starodubov Ivan Ivanovich, Cand.Tech.Sci., associate professor, KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: [n\\_ragrin@mail.ru](mailto:n_ragrin@mail.ru)*

The distinctive features of wear of ribbons and corners of fast-cutting spiral drills inherent only in this type of the tool are considered

**Keywords:** drill, firmness, cutting speed, wear, diameter

На машиностроительных заводах спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8% от общего количества используемого инструмента, при этом в общем объеме

централизованного производства режущего инструмента наибольший удельный вес занимают спиральные сверла (около 30%).

Еще авторами работы [1] особое внимание обращалось на износ ленточек, как наиболее опасный вид износа для стойкости сверл. Отмечено, что такой износ приводит к образованию на части поверхности сверла прямого конуса, вместо обратного, что нашло подтверждение в работах авторов [2,3]

Наряду с тем спиральное сверло имеет конструктивный элемент – уголок, особенности конструкции и условия работы которого, присущие только этому виду инструмента, отрицательно влияют на его износ и износ ленточек (рис.1).

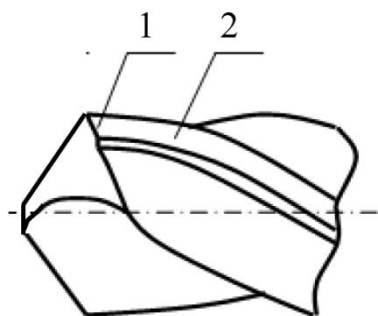


Рис.1. Рабочая часть спирального сверла, где 1 – уголок, 2 - ленточка

Уголок по аналогии с токарным резцом выполняет функцию вершины режущего лезвия. Но условия работы уголка спирального сверла значительно отличаются от условий работы вершины токарного резца. Вершина токарного резца является точкой пересечения трех линий: главной и вспомогательной режущих кромок, и линии пересечения главной и вспомогательной задних поверхностей. У спирального сверла третьей является линия пересечения задней поверхности с поверхностью ленточки. И здесь конструкцией спирального сверла заложено существенное отличие. У токарного резца третья линия является прямой линией и с поверхностью резания осуществляет точечный контакт непосредственно вершина резца. У спирального сверла линия пересечения задней поверхности с поверхностью ленточки является дугообразной линией, которая имеет нулевой угол с плоскостью резания и в процессе обработки находится в сплошном контакте с поверхностью резания. Это отличие существенно ухудшает условия работы уголка, и отрицательно влияет на его износ и износ ленточек сверл.

Вспомогательные задние углы на ленточках сверла равны нулю, в результате чего их вспомогательные задние поверхности находятся в сплошном контакте с поверхностью резания. Это в сочетании с большими передними углами на периферии режущих лезвий и максимальной скоростью резания приводит к увеличению температуры резания на уголках сверл и, как следствие, повышению интенсивности износа ленточек и уголков.

Для определения характера износа уголков и ленточек быстрорежущих спиральных сверл в широком диапазоне скоростей резания проведены лабораторные исследования со сверлами диаметром  $d = 10,2$  мм по ГОСТ 10903-77, изготовленными из стали Р6М5. Сверлились сквозные отверстия глубиной  $3d$  в стали 45 (HB190) при скоростях резания  $V = 6; 9; 12; 16; 21; 26; 30$  м/мин. и подаче  $S_0 = 0,23$  мм/об. Сверла эксплуатировались до полной потери работоспособности (функционального отказа) в виде поломки. Через каждые 50 – 100 отверстий контролировался износ ленточек  $K_L$  и уголков  $\Delta d$  сверл. Износ ленточек приводил к образованию прямой конусности на значительных участках рабочей части сверла и оценивался линейной величиной, измеряемой вдоль оси сверла, от уголков до точки перегиба – перехода прямой конусности в обратную. Износ уголков оценивался

уменьшением рабочего диаметра сверла. Исследования показали, что визуально определить величину изношенного участка ленточек не представляется возможным.

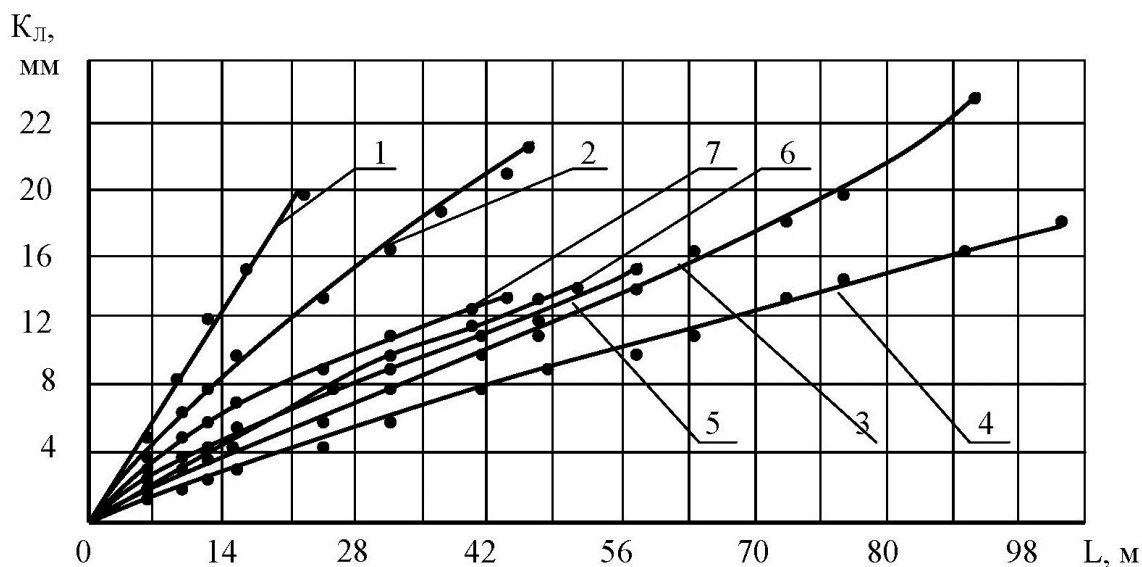


Рис.2. Кривые износа ленточек сверл

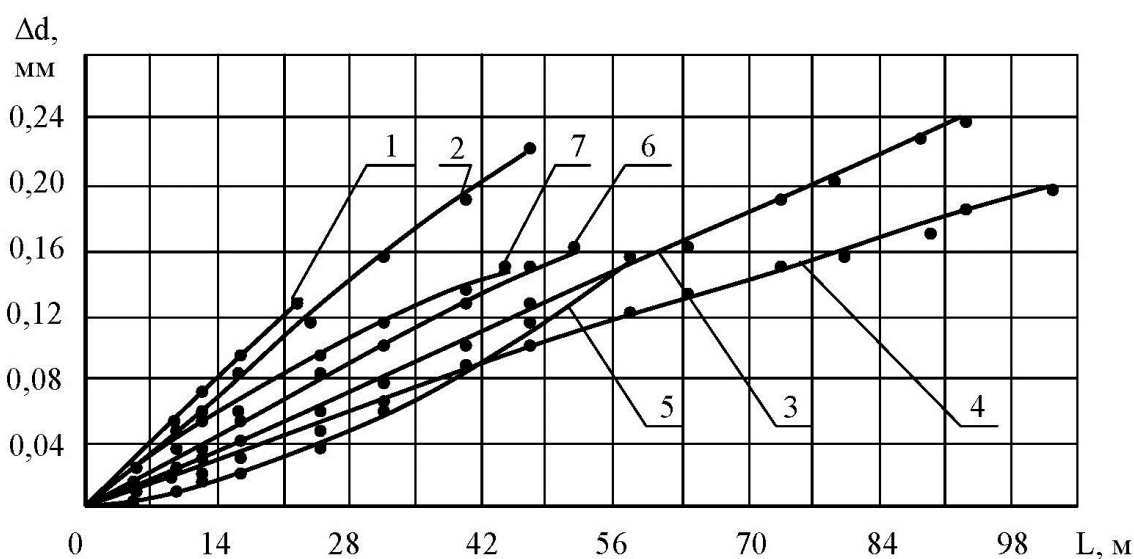


Рис.3. Кривые износа уголков

Кривые износа ленточек (рис.2) и уголков (рис.3) всех испытанных сверл близки к линейным, участки приработки, нормального и катастрофического износа на них не выражены. Как видно из представленного рисунка скорость резания влияет только на интенсивность износа ленточек и уголков сверл, что определяется углом наклона кривой износа к оси абсцисс. Вид кривых износа ленточек и уголков сверл и характер их износа позволяют предположить тесную взаимосвязь между ними, что нашло подтверждение в работе [4], на основании чего износ уголков сверл можно считать одним из проявлений износа ленточек.

Отсутствие участков приработки и катастрофического износа на кривых износа ленточек и уголков сверл являются их отличительной особенностью от износа задних

поверхностей. Участок приработки на кривой износа задних поверхностей является результатом наличия погрешностей заточки и больших контактных напряжений на первоначально малой ширине площадки износа. Ленточки не имеют погрешностей заточки, а в результате нулевых задних углов площадка контакта с поверхностью резания и с обработанной поверхностью у них постоянная по ширине, поэтому участок приработки на кривых их износа отсутствует. Катастрофический износ задних поверхностей наступает при превышении допустимой ширины площадки контакта изношенных участков с поверхностью резания, в результате чего резко увеличиваются силы и температура резания. У ленточек ширина площадки контакта постоянная и равна ширине самой ленточки, поэтому участки катастрофического износа на кривых износа ленточек и уголков сверл также отсутствуют.

Вид износа ленточек и уголков сверл представлен на рис.4. Износ уголка приводит к образованию уступа по линии соединения задней поверхности с поверхностью ленточки (рис.4, 2), что приводит к уменьшению рабочего диаметра сверла и способствует износу ленточек сверл. На ленточках, в результате износа образуется два участка с прямой конусностью. Первый с большим углом прямой конусности на участке вспомогательной задней поверхности (рис.4, 3) второй, с меньшим углом прямой конусности, но значительно большей величины на участке ленточки выполняющей направляющую функцию (рис.4, 4). Работоспособность сверл зависит от величины второго участка износа ленточек. Как видно из представленных рисунков (рис.4, а, б) вид износа ленточек и уголков сверл существенно не меняется с изменением скорости резания.

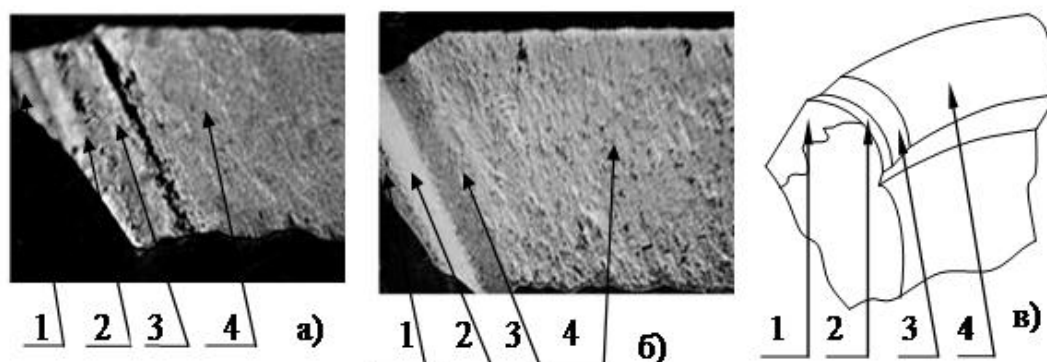


Рис.4. Вид износа ленточек и уголков при отказе сверл, где а) -  $V = 9$  м/мин, б) -  $V = 12$  м/мин, в) – вид верхней части зуба сверла, 1 – износ задней поверхности, 2 - износ уголка, 3 – износ вспомогательной задней поверхности, 4 – износ ленточки

Уголки и участки ленточек, выполняющие функцию вспомогательных задних поверхностей, из-за отсутствия задних углов находятся в сплошном контакте с поверхностью резания в процессе обработки. Поэтому они не подвержены воздействию частиц нароста, имеют ровную поверхность износа, борозды отсутствуют. Аналогичный вид имеют изношенные участки ленточек, выполняющие направляющую функцию (рис.4.4). В данном случае имеет место абразивный износ уголков и ленточек сверл. Т.е. фактически происходит истирание направляющей части ленточек о стенки обработанного отверстия без влияния температуры резания на их износ. Поэтому вид изношенных поверхностей направляющей части ленточек сверл и характер их износа не зависит от скорости резания.

**Выводы:** Конструктивные особенности, условия работы и износа уголка спирального сверла существенно отличаются от конструкции и условий работы и износа вершины токарного резца.

На кривых износа ленточек и уголков сверл отсутствуют участки приработки, нормального и катастрофического износа.

Износ уголков приводит к образованию уступа по линии соединения задней поверхности с поверхностью ленточки, в результате чего уменьшается рабочий диаметр сверла. Износ уголков можно считать одним из проявлений износа ленточек. Износ уголков способствует образованию прямой конусности на ленточках сверла.

На ленточках, в результате износа образуется два участка с прямой конусностью. Первый с большим углом прямой конусности на участке вспомогательной задней поверхности, второй, с меньшим углом прямой конусности, но значительно большей величины на участке ленточки выполняющем направляющую функцию. Работоспособность сверл зависит от величины второго участка износа ленточек.

Износ ленточек и уголков сверл происходит в результате абразивного воздействия обрабатываемого материала на уголок и первый участок с прямой конусностью и обработанного отверстия на второй участок прямой конусности направляющей части ленточек. Вид изношенных поверхностей направляющей части ленточек сверл и характер их износа не зависит от скорости резания.

### Литература

1. Грановский Г.И. Резание металлов/ Грановский Г.И. – М.: Машгиз, 1954
2. Древаль А.Е. Формирование отказов спиральных сверл в условиях автоматизированного производства / А.Е. Древаль, Н.А. Рагрин, В.А. Самсонов // Электронное научно-техническое издание МГТУ им. Баумана. – 2011.- №10.
3. Пути повышения наработки до функционального отказа быстрорежущих спиральных сверл на основе анализа кривых износа их режущих элементов// Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2012.- Вып.26. – С.14-17.
4. Рагрин Н.А. Критерий оптимального износа быстрорежущих спиральных сверл/ Н.А. Рагрин // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2010.- Вып.21. – С.43-45.

УДК.: 621.951.45.

### РАСЧЕТ СТОЙКОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

*Муслимов Аннас Поясович, д.т.н., проф., Рагрин Нинолай Алексеевич, к.т.н., доц., Стародубов Иван Иванович, к.т.н., доц., КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [n\\_ragrin@mail.ru](mailto:n_ragrin@mail.ru)*

В статье представлены методы определения стойкости быстрорежущих спиральных сверл в зависимости от типа производства и объема выпуска изделий

**Ключевые слова:** сверло, стойкость, скорость резания, износ, диаметр

### CALCULATION OF FIRMNESS OF FAST-CUTTING SPIRAL DRILLS

*Muslimov Annas Poyasovich, Dr.Sci.Tech., prof., Ragrin Ninolay Alekseevich, Cand.Tech.Sci., associate professor, Starodubov Ivan Ivanovich, Cand.Tech.Sci., associate professor, KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: [n\\_ragrin@mail.ru](mailto:n_ragrin@mail.ru)*

Methods of determination of firmness of fast-cutting spiral drills depending on type of production and volume of release of products are presented in article

**Keywords:** drill, firmness, cutting speed, wear, diameter

Более 60 % деталей машин и механизмов имеют отверстия. Сверление единственный вид обработки резанием, позволяющий получить отверстие в сплошном материале. В настоящее время, по сравнению с советским периодом, стоимость осевых металлорежущих инструментов возросла более чем в сто раз, что определяет большие затраты на обработку отверстий. В работах [1,2,3] рассмотрены пути снижения затрат на обработку сверлением, наиболее существенным из которых является выбор рациональных параметров режима резания, обеспечивающих максимальную стойкость спиральных сверл.

Указанное направление снижения затрат приемлемо для тех типов производств, когда разрабатывается технологический процесс, нормируются операции обработки заготовок, и существует плано-предупредительная замена инструмента. В автоматизированном производстве, где невозможен контроль рабочего за состоянием каждого инструмента, выбор рациональных параметров режима резания должен сочетаться с предотвращением поломок сверл в результате износа.

Параметры режима резания при сверлении, в отличие от других видов обработки, включают скорость резания и подачу. Глубина резания равна половине диаметра сверла. В работе [4] рассмотрен способ выбора рациональной подачи, обеспечивающей максимальную стойкость инструмента, и предложена зависимость для ее расчета

$$S_0 = Cd^{0.75}, \quad (1)$$

где  $C = 0,04$  для сверл диаметром 8-10 мм и  $C = 0,035$  для сверл диаметром больше 10 мм постоянный коэффициент. Для сталей HB 240-300, рассчитанные по формуле (1), подачи следует умножать на коэффициент 0,8, для сталей HB>300 - умножать на коэффициент 0,6.

Скорость резания необходимо выбирать, исходя из программы выпуска конкретных изделий.

При проектировании автоматической линии, агрегатного станка, станка-автомата, и разработке управляющей программы для станка с ЧПУ задается годовая программа выпуска изделий  $N$ . Исходя из чего, рассчитывается количество изделий изготавливаемых за одну смену

$$N_{см} = N/Ч_{см},$$

где  $Ч_{см}$  – число рабочих смен в году.

Число рабочих смен в году находится по формуле

$$Ч_{см} = C \cdot \Phi,$$

где  $C$  – число смен в сутки,  $\Phi$  – число рабочих дней в году

$$\Phi = 365 - (B + П),$$

где 365 - число дней в году;

$B$  - число выходных дней;

$П$  - число праздничных дней.

При наличии количества изделий, изготавливаемых за одну смену рассчитывается суммарная глубина отверстий одного диаметра, просверленных за одну смену

$$L_{см} = l_0 N_{см},$$

где  $l_0$  - глубина сверления.

Суммарное время на сверление отверстий рассчитывается следующим образом:

$$\Sigma T_{св} = [T_{см} - (\Sigma t_{пр} + \Sigma t_{по})] K_p,$$

где  $T_{см}$  - продолжительность одной смены в часах без обеденного перерыва,  $\Sigma t_{пр}$  – суммарное время на подачу заготовок в позицию обработки,  $\Sigma t_{по}$  – суммарное время на подвод, перебеги и отвод инструмента,  $K_p$  - коэффициент ( $K_p < 1$ ), учитывающий простой оборудования в течение рабочей смены в связи с текущим ремонтом и техническим

обслуживанием, для автоматических линий, агрегатных станков и станков автоматов  $K_p = 0,9$ .

При обработке деталей на станках с ЧПУ  $\Sigma T_{св}$  рассчитывается при разработке управляющей программы следующим образом:

$$\Sigma T_{св} = [T_{см} - (\Sigma t_{шт} + \Sigma t_{по})] K_p,$$

где  $\Sigma t_{шт}$  – суммарное штучное время на выполнение всех переходов обработки заготовок кроме сверления.

$K_p = 0,97$  – для станков с ЧПУ.

После расчета суммарного времени сверления отверстий определяется частота вращения шпинделя станка из равенства

$$L_{см}/S \cdot n = \Sigma T_{св},$$

где  $S$  – подача на оборот сверла,  $n$  – частота вращения шпинделя станка, тогда

$$n = \frac{L_{см}}{S \cdot \Sigma T_{св}}, \text{ об/мин.}$$

При наличии частоты вращения шпинделя можно вычислить скорость резания по известной формуле

$$V = \frac{\pi d n}{1000}, \text{ м/мин.}$$

Тогда зависимость для расчета скорости резания будет иметь вид:

$$V = \frac{\pi d L_{см}}{1000 \cdot S \cdot \Sigma T_{св}}, \text{ м/мин.} \quad (2)$$

Известно, что связь скорости резания со стойкостью может быть выражена немонотонной экстремальной кривой с одним или двумя перегибами. На рис.1 представлена стойкостная зависимость от скорости резания быстрорежущих спиральных сверл, диаметром  $d = 10,2$  мм в широком диапазоне ее варьирования [5]. Сверлились сквозные отверстия глубиной  $3d$  с подачей  $0,23$  мм/об в заготовках из стали 45 НВ190 сверлами из быстрорежущей стали Р6М5 с поливом СОЖ – 5% раствор эмульсола «Укринол 1». Сверла эксплуатировались до функционального отказа – поломки в результате износа.

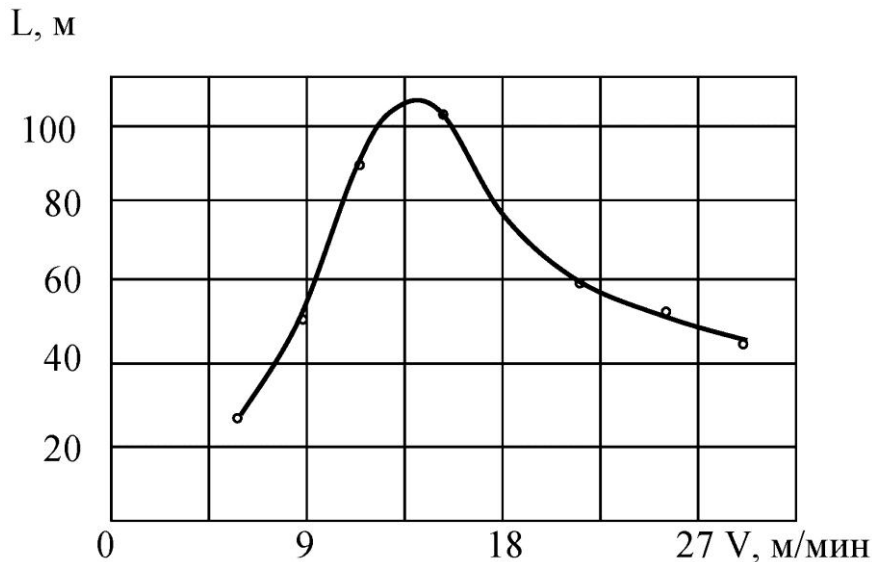


Рис.1. Зависимость наработки в суммарной длине просверленных отверстий от скорости резания

Очевидно, что практическое значение имеют скорости резания правой ветви графика рис.1. Аппроксимация этой ветви графика получить зависимость в виде:

$$L = 3517,83V^{-1,28} \quad (3)$$

В табл.1 представлены рассчитанные по данной зависимости значения стойкости и погрешности расчетов.

Таблица 1

Фактические и рассчитанные по формуле (3) значения стойкости

V, м/мин	16,0	21,0	26,0	30,0
Lфакт., м	102	58	51	45
Lрасч., м	101,16	71,42	54,34	45,24
погр., %	0,82	23,14	6,7	0,53

Из табл.1 видно, что зависимость (3) дает большую погрешность в расчете стойкости при скорости резания 21 м/мин, что является результатом наличия точки перегиба в графике. Скорость резания точки перегиба является, либо максимальной скоростью при аппроксимации верхней части правой ветви графика рис.1, или минимальной при аппроксимации ее нижней части. Поэтому эту часть графика рис.1 необходимо аппроксимировать двумя зависимостями

$$L = 31728,8V^{-2,074}, \quad (4)$$

$$L = 488,24V^{-0,7}. \quad (5)$$

В табл.2 представлены рассчитанные по данным зависимостям значения стойкости и погрешность расчетов.

Таблица 2

Фактические и рассчитанные по формулам (4) и (5) значения стойкости

V, м/мин	16,0	21,0	26,0	30,0
Lфакт., м	102	58	51	45
Lрасч., м по формуле (4)	100,95	57,43		
погр., %	1,0	0,98		
Lрасч., м по формуле (5)		57,95	49,91	45,15
погр., %		0,09%	2,14%	0,33%

Средняя погрешность расчетов по формуле (4) составила 0,99%.

Средняя погрешность расчетов по формуле (5) составила 0,85%.

Значительный интерес представляет область максимума стойкостной зависимости. Аппроксимировать области максимума степенной зависимостью не представляется возможным. Поэтому была использована формула, предложенная авторами работы [6], имеющая вид

$$T = aV^b e^{-cV}$$

Аппроксимация области максимума посредством данной зависимости позволила получить формулу наработки сверла

$$L = 3,08 \cdot 10^{-6} V^{10,38} e^{-0,7158V}. \quad (6)$$

В табл.3 представлены рассчитанные по данной зависимости значения стойкости и погрешность расчетов.

Таблица 3

Фактические и рассчитанные по формуле (6) значения стойкости

V, м/мин	12,0	14,0	16,0
Lфакт., м	93,0	107,0	102,0
Lрасч., м по формуле (6)	91,21	107,95	103,1
погр., %	0,85	0,89	1,08

Средняя погрешность расчетов по формуле (6) составила 0,94%.



Средняя погрешность расчетов по формулам (4), (5), (6) составила 0,93%.

Таким образом, получены три зависимости (4), (5), (6), посредством которых можно определить стойкость сверл при работе со скоростями резания рассчитанными по формуле (2). В том случае, если расчетная скорость резания будет меньшей скорости максимума стойкостной зависимости, ее необходимо увеличить до значения скорости максимума, равной 14,0 м/мин.

#### **Выводы:**

1. Скорость резания при сверлении необходимо выбирать, исходя из программы выпуска изделий по формуле (2).
2. Поддачи следует назначать по рекомендациям, изложенным выше.
3. Полученные зависимости для расчета стойкости сверл во всем диапазоне скоростей резания дают в среднем погрешность 0,93%.

#### **Литература**

1. Рагрин Н.А. Пути повышения работоспособности быстрорежущих спиральных сверл в условиях автоматизированного производства / Н.А. Рагрин // Известия КГТУ им. И. Раззакова.- 2011.- Вып.22.– С.26-29.
2. Рагрин Н.А. Повышение работоспособности быстрорежущих спиральных сверл / Н.А. Рагрин // Машиностроитель. – 2011. - №7. - С. 37-39.
3. Рагрин Н.А. Способы эксплуатации и восстановления работоспособности быстрорежущих спиральных сверл / Н.А. Рагрин // Машиностроитель. – 2011. - №10. - С.35-37.
4. Рагрин Н.А. Оптимальные подачи спиральных сверл в условиях автоматизированного производства/ Н.А. Рагрин //Техника и технология: новые перспективы развития: Материалы VI Международной научно-практической конференции.-2012. С. 81-84.
5. Рагрин Н.А. Физическая модель стойкостной зависимости / Н.А. Рагрин // Технология Машиностроения. – 2012. - № 11. - С. 11 – 17.
6. Грановский Г.И. Резание металлов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский– М.: Высшая школа, 1985. - 304 с.

УДК.: 621.951.45.

### **ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ НА НАЛИЧИЕ И ВЫСОТУ НАРОСТА ПРИ СВЕРЛЕНИИ БЫСТРОРЕЖУЩИМИ СПИРАЛЬНЫМИ СВЕРЛАМИ**

*Рагрин Николай Алебксеевич, к.т.н., доцент, Айнабекова Айнура, ст. преподаватель, Нарыжный Станислав Владимирович, инженер, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [n\\_ragrin@mail.ru](mailto:n_ragrin@mail.ru)*

Посредством экспериментальных исследований определены отличия характеристик нароста при обработке резцами и сверлами

**Ключевые слова:** сверло, стойкость, скорость резания, износ, диаметр

### **INFLUENCE OF SPEED OF CUTTING ON EXISTENCE AND HEIGHT OF THE OUTGROWTH WHEN DRILLING BY FAST-CUTTING SPIRAL DRILLS**

*Ragrin Nikolay Alekseevich, Cand.Tech.Sci., associate professor, Aynabekova Aynura, the senior lecturer, Naryzhny Stanislav Vladimirovich, the engineer, KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: [n\\_ragrin@mail.ru](mailto:n_ragrin@mail.ru)*

By means of pilot studies differences of characteristics of an outgrowth when processing are determined by cutters and drills

**Keywords:** drill, firmness, cutting speed, wear, diameter

Сверление - единственный способ получения отверстий резанием, поэтому сверла являются одним из наиболее часто применяемых режущих инструментов. На промышленных предприятиях спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8% от общего количества используемого инструмента. В общем объеме производства режущего инструмента наибольший удельный вес занимают спиральные сверла (около 30%), поэтому исследования, направленные на повышение стойкости спиральных сверл являются достаточно актуальными.

В настоящее время сверление является предварительным, черновым, переходом операции обработки отверстий, за которым, при необходимости, следуют зенкерование и развертывание, или растачивание. Такое использование спиральных сверл обусловлено их эксплуатацией в диапазоне скоростей резания активного наростообразования, а нарост, как известно, отрицательно влияет на качество обработки. В тоже время нарост оказывает существенное влияние на процесс резания. Он увеличивает передний угол резца, что облегчает процесс резания и защищает режущую кромку от истирающего действия со стороны стружки и со стороны поверхности резания, а также защищает ее от воздействия температуры резания, что благоприятно сказывается на стойкости инструмента [1]. Поэтому представляется целесообразным для повышения стойкости сверл в тех случаях, когда сверление не лимитирует производительность обработки, использовать скорости резания, при которых нарост имеет максимальную величину.

В работе [1] показано, что при точении максимальную высоту нарост имеет при скоростях резания 15–30 м/мин. В частности отмечено, что при наиболее распространенных условиях резания углеродистых конструкционных сталей нарост имеет максимальную высоту при такой скорости резания, когда температура в зоне резания близка к 300°C и исчезает при такой скорости резания, когда температура в зоне резания превышает 600°C. Однако процесс сверления, геометрия и конструкция спиральных сверл имеют свои особенности, присущие только этому виду инструмента [2], поэтому следует ожидать, что характеристики наростообразования при сверлении будут существенно отличаться от обработки резцами.

Для проверки этого предположения были поставлены и проведены экспериментальные исследования сотрудниками кафедры «Технология машиностроения» КГТУ им. И. Раззакова.

Экспериментальный стенд представлен на рис.1. Для соблюдения идентичности условий обработки токарными резцами и спиральными сверлами, сверла устанавливались в резцедержателе токарного станка модели 16К20, величина нароста измерялась непосредственно на станке с помощью специального приспособления рис. 2. Использовались токарные отогнуто-проходные резцы с пластинками твердого сплава марки Т15К6 и спиральные сверла диаметром 11 мм из стали Р6М5К5. Производилось продольное точение резцом и уголком сверла с глубиной резания 1мм. Обрабатываемый материал сталь 45 в состоянии поставки. Обработка велась без охлаждения смазочно-охлаждающей жидкостью.

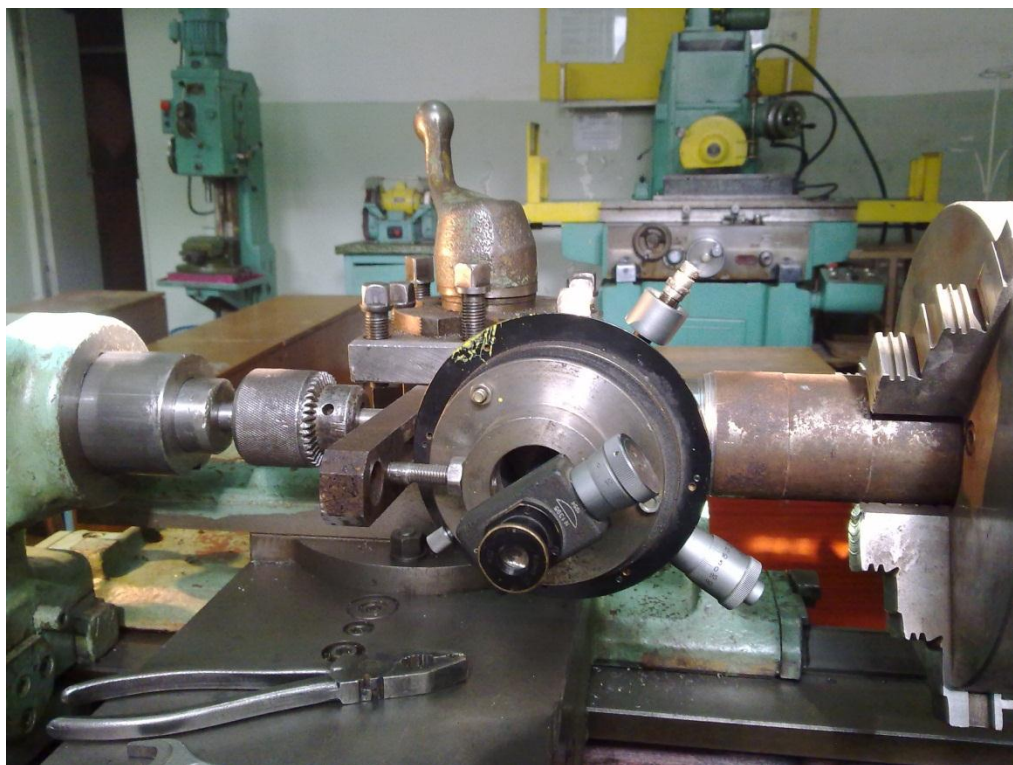


Рис. 1. Экспериментальный стенд



Рис. 2. Оптическое приспособление для измерения высоты нароста

На рис.3 представлены графики зависимостей высоты нароста от скорости резания, полученные в результате исследований.

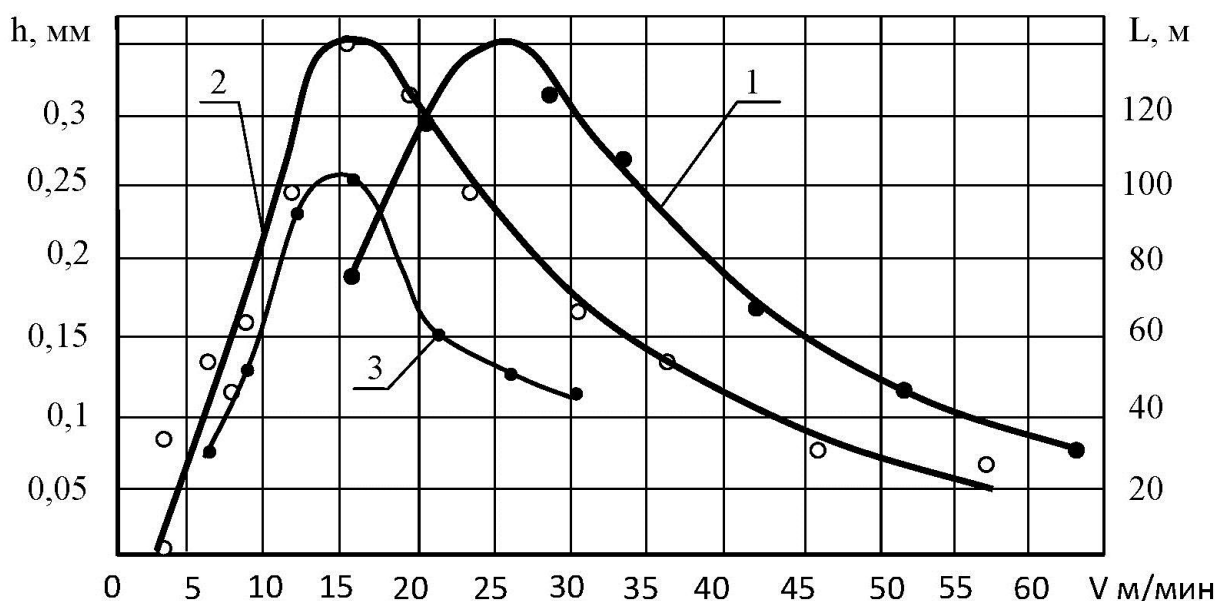


Рис.3. Графики зависимости высота нароста наработки от скорости резания, где 1 – зависимость нароста при точении токарным резцом, 2 – зависимость нароста при точении уголком сверла, 3 – зависимость наработки до отказа

Как видно из представленного рисунка диапазон скоростей резания максимального наростообразования соответствует общепринятому положению, однако при точении уголком сверла скорость резания максимального наростообразования ниже, чем при точении резцом, и равна 15 м/мин.

В работе [3] на основании лабораторных исследований, проводимых сотрудниками кафедры МТ2 МГТУ им. Н.Э. Баумана в результате которых получена зависимость наработки до функционального отказа быстрорежущих спиральных сверл от скорости резания. Эта зависимость помещена на рис.3, кривая 3. Как видно из представленного рисунка значение скорости резания экстремума обеих зависимостей совпадает.

#### Выводы:

Скорость резания, соответствующая максимальной высоте нароста при обработке спиральными сверлами ниже скорости резания при точении резцами и равна 15 м/мин. Эта скорость резания совпадает со скоростью резания экстремума графика стойкостной зависимости.

#### Литература

1. Рагрин Н.А. Обработка материалов и инструменты: Учебник. / Рагрин Н.А. - Бишкек: ИЦ «Текник», 2012
2. Рагрин Н.А. Особенности процесса резания и износа при сверлении быстрорежущими спиральными сверлами / Рагрин Н.А. // Машиностроитель. – 2012. - №10 С. 48-51
3. Древаль А.Е. Формирование отказов спиральных сверл в условиях автоматизированного производства. Электронное научно-техническое издание / А.Е. Древаль, Н.А. Рагрин, В.А. Самсонов // МГТУ им. Баумана. – Москва. №10.2011.

УДК.: 621.951.45.

## СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧЕК МАКСИМУМА И ПЕРЕГИБА СТОЙКОСТНОЙ ЗАВИСИМОСТИ

*Рагрин Николай Алексеевич, к.т.н., доц, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [n\\_ragrin@mail.ru](mailto:n_ragrin@mail.ru)*

Предложены методы определения координат точек максимума и перегиба зависимости стойкости быстрорежущих спиральных сверл от скорости резания

**Ключевые слова:** сверло, стойкость, скорость резания, износ, диаметр

## WAYS OF DEFINITION OF POINTS OF THE MAXIMUM AND EXCESS OF STOYKOSTNY DEPENDENCE

*Ragrin Nikolay Alekseevich, Cand.Tech.Sci., associate professor, KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: [n\\_ragrin@mail.ru](mailto:n_ragrin@mail.ru)*

Methods of determination of coordinates of points of a maximum and excess of dependence of firmness of fast-cutting spiral drills on cutting speed are offered

**Keywords:** drill, firmness, cutting speed, wear, diameter

На промышленных предприятиях спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8 % от общего количества используемого инструмента. В общем объеме производства режущего инструмента наибольший удельный вес занимают спиральные сверла (около 30%). Поэтому большое значение имеет определение стойкости сверл и соответствующей ей скорости резания.

Связь между скоростью резания и стойкостью может быть выражена немонотонной экстремальной кривой с одним или двумя перегибами [1]. На рис.1 представлена зависимость стойкости быстрорежущих спиральных сверл, диаметром 10,2 мм от скорости резания [2].

Известно, что математическая обработка результатов лабораторных исследований сводится к применению методов аппроксимации для вывода функциональных зависимостей двух переменных полученных посредством однофакторного эксперимента, например стойкости  $T$  и скорости резания  $V$ ,  $T = f(V)$ . Известные функциональные зависимости скорости резания и стойкости инструмента получены посредством аппроксимации нисходящей ветви графика этой зависимости для скоростей резания больших точки перегиба в пределах нормативного периода стойкости [3]. При этом точное определение точки перегиба имеет важное значение, т.к. она ограничивает область применения аппроксимированной зависимости, в данном случае минимальную скорость резания.



T, час

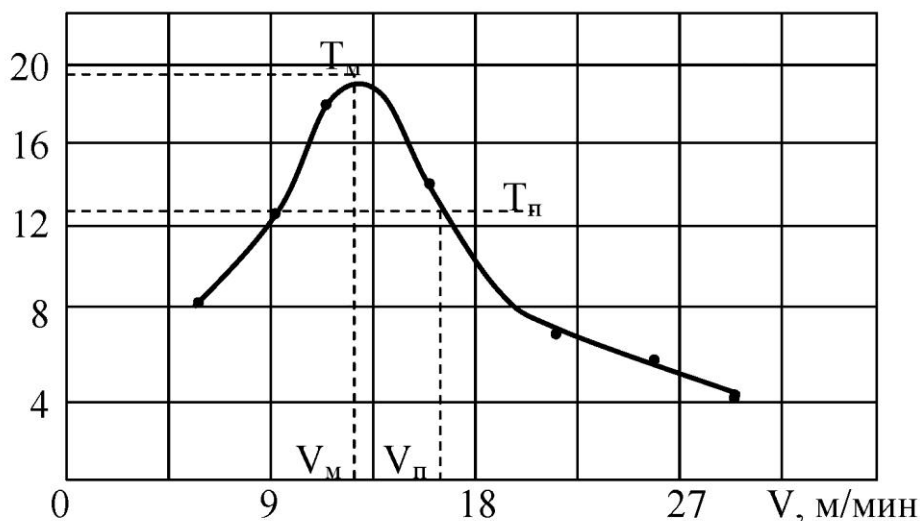


Рис. 1. График зависимости стойкости от скорости резания, где скорости резания, обозначенные точками, равны: 6; 9; 12; 16; 21; 26; 30 м/мин.

Правильное определение точки максимума также имеет немаловажное значение т.к. скорость точки максимума определяет максимальную стойкость инструментов, и именно эти скорости резания находят повсеместное применение в автоматизированном массовом производстве [4].

Известен [3] аналитический метод определения координат точек максимума и перегиба графика зависимости стойкости от скорости резания заключающийся в том, что предварительно проводится аппроксимация кривой зависимости  $T = f(V)$  посредством уравнения вида:

$$T = C_T V^b e^{-cV}. \tag{1}$$

Числовые значения скоростей точек максимума и перегиба  $V_M$  и  $V_P$  определяются по формулам  $V_M = -b/c$  и  $V_P = -(b + \sqrt{b})/c$ , где  $V_M$  – скорость резания точки максимума,  $V_P$  – скорость резания точки перегиба. Коэффициенты  $b$  и  $c$  определяются посредством последовательного решения системы из трех логарифмических уравнений для трех точек кривой стойкостной зависимости в области ее экстремума

$$b = \frac{(V_2 - V_1)(\ln T_3 - \ln T_1) + (V_1 - V_3)(\ln T_2 - \ln T_1)}{(\ln V_2 - \ln V_1)(V_1 - V_3) + (V_2 - V_1)(\ln V_3 - \ln V_1)},$$

$$c = \frac{b(\ln V_2 - \ln V_1) - (\ln T_2 - \ln T_1)}{(V_2 - V_1)}.$$

Коэффициент  $C_T$  находят из уравнения

$$C_T = \frac{T_{\text{факт}}}{V^b e^{-cV}}$$

подставляя в него значения стойкостей, использованные для вычисления коэффициентов  $b$  и  $c$ , и вычислив среднее их трех полученных значений. В результате определения коэффициентов получена следующая зависимость

$$T = e^{-8,86V^{7,6}} e^{-0,59V}. \tag{2}$$

В табл.1 представлены фактические и рассчитанные по формуле (2) значения стойкости, и погрешность расчетов.

Фактическая и рассчитанная стойкость			
Скорость резания $V$ м/мин	9	12	16
Фактическая стойкость $T_{\text{факт.}}$ , час	12	18	15
Рассчитанная стойкость $T_{\text{расч.}}$ , час	12,54	19,02	15,99
Погрешность расчетов, %	4,5	5,55	6,5

Как видно из представленной таблицы погрешность расчетов не превысила 6,5%, т.е. полученная зависимость с достаточной точностью описывает стойкостную зависимость.

Вычисленные с помощью представленных уравнений координаты точек максимума и перегиба соответственно равны  $V_M = 12,78$  м/мин,  $T_M = 19,37$  час,  $V_P = 17,5$  м/мин,  $T_P = 13,04$ . Вычисленные значения скоростей и стойкостей в точках максимума и перегиба помещены на рис.1. Как видно из представленного рисунка рассчитанные значения не совпадают с фактическими. Т.е. предложенный в работе [3] метод определения координат точек максимума и перегиба имеет два существенных недостатка: большая трудоемкость расчетов и низкая точность.

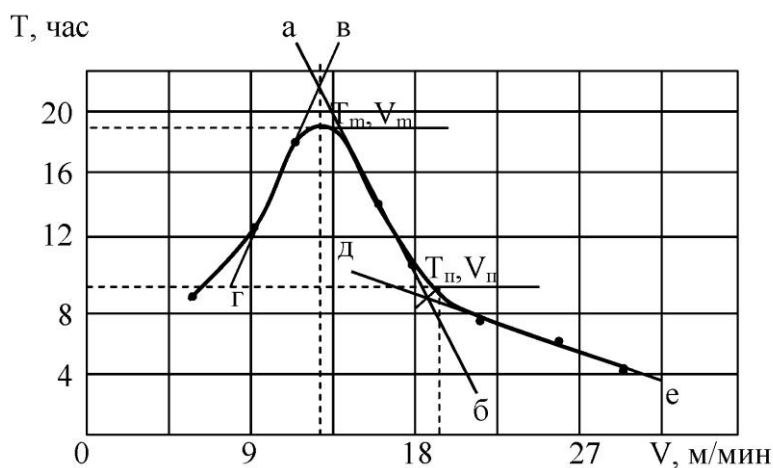


Рис. 2. Графический метод определения координат точек максимума и перегиба

Предлагается графический метод определения координат точек максимума и перегиба, представленный на рис. 2. Реализация метода заключается в построении двух касательных прямых к двум частям кривой графика зависимости двух переменных до их пересечения. Из точки пересечения опускается перпендикуляр на кривую графика, который определяет искомую точку. Для определения точки максимума касательные линии строятся к верхним частям левой и правой ветви графика – линии ав и вг рис. 2, для определения точки перегиба касательные линии строятся к верхней и нижней частям одной ветви графика, линии ба и де рис. 2.

Предлагаемый метод легок в исполнении и более точен по сравнению с аналитическим способом. Полученные посредством предлагаемого метода значения координат точек максимума и перегиба, соответственно равны:  $V_M = 12,94$  м/мин,  $T_M = 18,8$  час,  $V_P = 19,2$  м/мин,  $T_P = 9,0$  час.

Предложен графоаналитический метод определения скоростей точек максимума и перегиба. Реализация метода заключается в определении уравнений прямых линий представленных на рис. 2. Уравнение прямой гв имеет вид:

$$T = - 5,6 + 2V,$$

уравнение прямой ба выражено зависимостью:

$$T = 46,6 - 2V.$$

В точке пересечения линий гв и ба их значения равны

$$46,6 - 2V = - 5,6 + 2V,$$

из этого равенства определяется скорость точки максимума  $V_m = 13,05$  м/мин.

Уравнение прямой ед имеет вид:

$$T = 13,33 - 0,33V.$$

В точке пересечения прямых ед и ба их значения равны

$$13,33 - 0,33V = 46,6 - 2V,$$

из этого равенства определяется скорость резания точки перегиба  $V_n = 19,92$  м/мин

#### Выводы

Аналитический способ определения координат точек максимума и перегиба обладает двумя существенными недостатками: низкой точностью и большой трудоемкостью расчетов.

Графический способ отличается от аналитического простотой исполнения и высокой точностью.

Наиболее точным для определения скоростей резания точек максимума и перегиба представляется графоаналитический метод.

#### Литература

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
2. Рагрин Н.А. Физическая модель стойкостной зависимости. // Технология Машиностроения. – 2012. - № 11. - С. 11 – 17.
3. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. – М.: Высшая школа, 1985. - 304 с.
4. Древаль А.Е. Рагрин Н.А. Самсонов В.А. Формирование отказов спиральных сверл в условиях автоматизированного производства. Электронное научно-техническое издание// МГТУ им. Баумана. – Москва. №10. 2011.

УДК.: 621.951.45.

### АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ МАКСИМАЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

*Рагрин Николай Алексеевич, к.т.н., доцент, Айнабекова Айнура, ст. преподаватель, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [n\\_ragrin@mail.ru](mailto:n_ragrin@mail.ru)*

Рассмотрены способы определения абсциссы точки максимума на зависимости стойкости спиральных сверл от скорости резания

**Ключевые слова:** сверло, стойкость, скорость резания, износ, диаметр

### ANALYSIS OF WAYS OF DETERMINATION OF SPEED OF CUTTING, CORRESPONDING MAXIMUM FIRMNESS OF SPIRAL DRILLS

**Ragrin Nikolay Alekseevich**, Cand.Tech.Sci., associate professor, Aynabekova Aynura, the senior lecturer, KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: [n\\_ragrin@mail.ru](mailto:n_ragrin@mail.ru)



Ways of definition of an abscissa of a point of a maximum on dependence of firmness of spiral drills on cutting speed are considered

**Keywords:** drill, firmness, cutting speed, wear, diameter

На промышленных предприятиях спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8 % от общего количества используемого инструмента. В общем объеме производства режущего инструмента наибольший удельный вес занимают спиральные сверла (около 30%). Определение скорости резания, соответствующей максимальной стойкости спиральных сверл имеет немаловажное значение т.к. скорость резания точки максимума определяет максимальную стойкость инструментов, и именно эти скорости резания находят повсеместное применение в автоматизированном массовом производстве [1].

В работе [2] проведен анализ двух способов определения скорости резания, соответствующей максимальной стойкости спиральных сверл, для реализации которых требуется проведение экспериментов с целью получения функциональной зависимости стойкости сверл от скорости резания. Это связано с большой трудоемкостью и материалоемкостью экспериментальных исследований, т.к. стойкость сверл в области максимума стойкостной зависимости превышает 18 часов, как видно на рис.1.

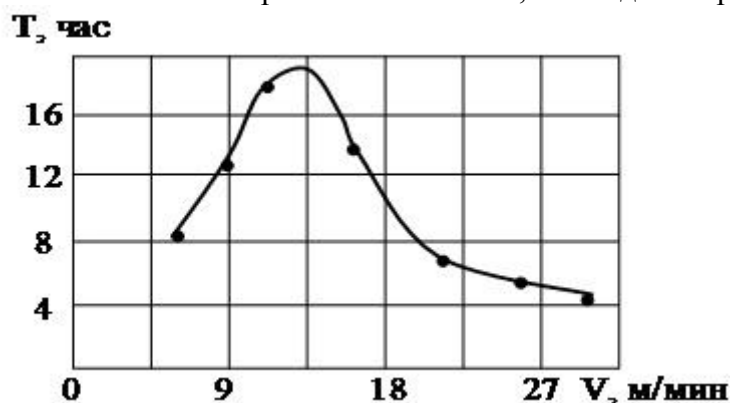


Рис. 1. Стойкостная зависимость

В работе [3] на основании динамометрических исследований показано, зависимости осевой силы и момента резания при работе сверл с определенной величиной износа принимают экстремальный характер с точкой минимума, совпадающей по оси абсцисс с точкой максимума стойкостной зависимости. Это иллюстрирует рис.2.

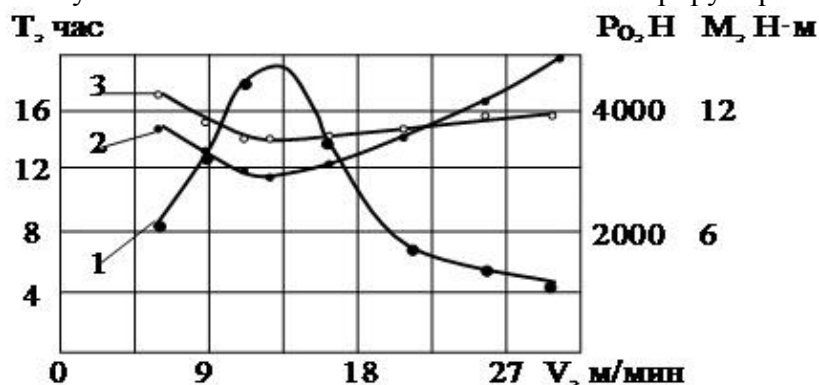


Рис. 2. Зависимости осевой силы и момента резания от скорости резания, где 1- стойкостная зависимость, 2 – зависимость осевой силы, 3- зависимость момента резания от скорости резания

На основании результатов этих исследований получено авторской свидетельство [4] на способ определения оптимальной скорости резания соответствующей максимальной стойкости режущего инструмента, согласно которому с целью снижения материалоемкости и уменьшения трудовых затрат определяют силы и моменты резания при обработке деталей изношенным инструментом на различных скоростях резания. Динамометрический способ определения скорости резания, соответствующей максимальной стойкости спиральных сверл значительно отличается по трудоемкости и материалоемкости от экспериментального способа получения функциональной стойкостной зависимости, однако для его реализации требуется специальная аппаратура и наличие сверл с определенной величиной износа всех контактных поверхностей рабочих элементов.

В работе [5] показано, что интенсивность износа ленточек сверл также имеет экстремальный характер с точкой минимума, совпадающей по оси абсцисс с точкой максимума стойкостной зависимости. Это иллюстрирует рис.3.

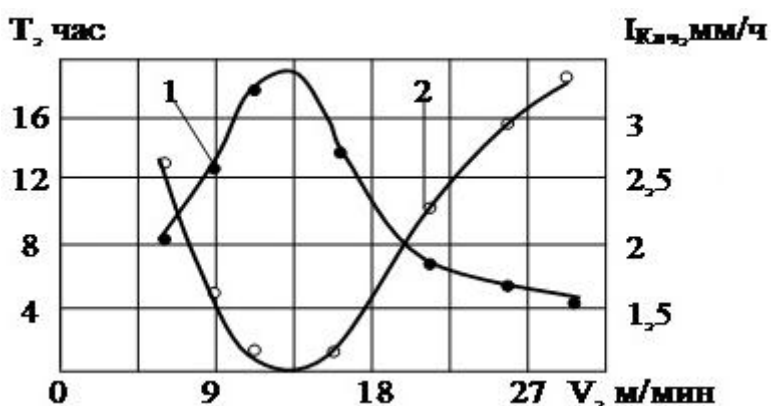


Рис.3. Зависимость интенсивности износа ленточек от скорости резания, где 1- стойкостная зависимость, 2- зависимость интенсивности износа ленточек сверл от скорости резания

Для реализации этого способа необходимо проводить стойкостные исследования для определения износа ленточек сверл при различных скоростях резания, однако, его трудоемкость и материалоемкость значительно меньше трудоемкости и материалоемкости экспериментального способа получения функциональной стойкостной зависимости.

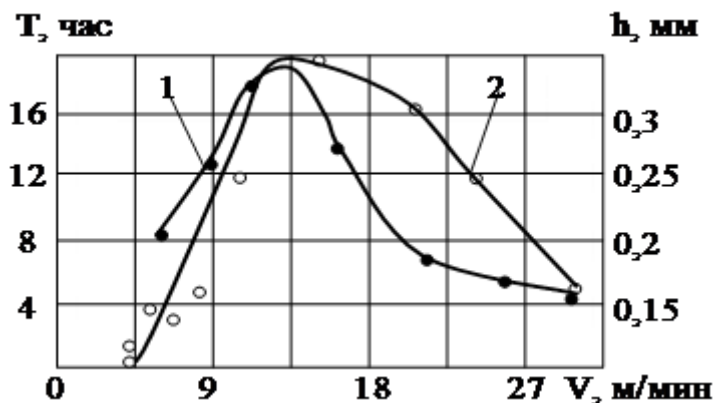


Рис.4. Зависимость высоты нароста от скорости резания, где 1- стойкостная зависимость, 2- зависимость высоты нароста на уголке сверла от скорости резания

В работе [6] приведены результаты исследований наростообразования на уголке сверла, показано, что скорость резания, соответствующая максимальной высоте нароста при обработке спиральными сверлами ниже скорости резания при точении резцами и эта скорость резания совпадает со скоростью резания максимума стойкостной зависимости. Результаты этих исследований иллюстрирует рис.4, на котором абсциссы точек максимума представленных графиков совпадают.

Трудоемкость и материалоемкость экспериментальных работ по определению зависимости высоты нароста на уголке от скорости резания меньше всех выше представленных способов и этот способ не требует наличия специальной аппаратуры.

**Выводы**

Способ определения скорости резания, соответствующей максимальной стойкости спиральных сверл посредством построения зависимости высоты нароста на уголке сверла от скорости резания отличается наименьшей трудоемкостью и материалоемкостью и не требует применения специальной аппаратуры.

### **Литература**

1. Древаль А.Е. Формирование отказов спиральных сверл в условиях автоматизированного производства. Электронное научно-техническое издание / А.Е. Древаль, Н.А. Рагрин, В.А Самсонов // МГТУ им. Баумана. – Москва. №10. 2011.
2. Рагрин Н.А. Способы определения точек максимума и перегиба стойкостной зависимости / Рагрин Н.А. //Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2013.-Вып 29.-С.206-209.
3. Рагрин Н.А. Влияние скорости резания и износа рабочих элементов быстрорежущих спиральных сверл на динамические характеристики процесса сверления / Н.А. Рагрин // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2008.-Вып.14. – С. 51-53.
4. А.с. 1194582 СССР, МКИЗ В23В01/00. Способ определения оптимальной скорости резания соответствующей максимальной стойкости режущего инструмента. / В.Н. Подураев, А.Е. Древаль, Н.А. Рагрин // Б.И. – 1985. - №44.
5. Рагрин Н.А. Физическая модель стойкостной зависимости/ Н.А. Рагрин // Технология Машиностроения. – 2012. № 11. - С. 11 – 17.
6. Рагрин Н.А. Влияние скорости резания на наличие и высоту нароста при сверлении быстрорежущими спиральными сверлами / Н.А. Рагрин, А.А Айнабекова, С.В. Нарыжный //Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2013.-Вып. 29.-С.168-160.

УДК.: 62-592.117:621.318.3

### **ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

**Бочкарев Игорь Викторович**, д.т.н., профессор, **Галбаев Жалалидин Токтобаевич**, д.т.н., профессор, 720044, г.Бишкек, пр.Мира,66, e-mail: [elmech@mail.ru](mailto:elmech@mail.ru); [jalal1603@mail.ru](mailto:jalal1603@mail.ru)

Цель статьи – описать конструктивную компоновку силовых электромагнитных устройств и рассмотреть вопросы оптимизации их электромагнитного привода.

Ключевые слова – электромагнитное устройство, магнитная система, фрикционные муфты, постоянный магнит, конденсатор, тормоз, полюс, управляющий электромагнит.

## QUESTIONS OF OPTIMIZATION EXECUTIVE POWER ELECTROMAGNETIC DEVICES FOR SYSTEMS MANAGERMENTS

*Bochkarev Igor Victorovich, Ph.D., Professor, Galbaev Jalalidin Toktobaevich, Ph.D., Professor, 720044, z.Bishkek, Pr.Mira, 66, e-mail: elmech@mail.ru; jalal1603@mail.ru*

Aim of the article - to describe structural arrangement of power an electromagnetic devices and consider the questions of optimization of them an electromagnetic drive.

**Keywords:** electromagnetic device, magnetic system, friction muffs, permanent magnet, condenser, brake, pole, managing electromagnetic.

Силовые исполнительные электромагнитные устройства (ЭМУ) являются весьма распространенным типом устройств, используемых в системах управления. Они отличаются простой и технологичной конструкцией, достаточно высокой нагрузочной способностью и хорошими параметрами быстродействия. Наиболее распространенными типами силовых ЭМУ являются фрикционные устройства, служащие для передачи вращающего момента от ведущего вала к ведомому валу (электромагнитные фрикционные муфты, муфтовые соединения регулируемого момента и скорости), а также устройства для быстрого торможения вращающихся валов и позиционирования исполнительных органов (электромагнитные фрикционные тормоза). Очевидно, что параметры и характеристики ЭМУ однозначно определяют технический уровень и эксплуатационные показатели систем управления.

Разнообразие конструктивных разновидностей ЭМУ обусловлено, главным образом, поиском оптимальных исполнений применительно к тем или иным специфическим условиям работы. Одним из путей улучшения эксплуатационных показателей ЭМУ является использование в их приводе постоянных магнитов (ПМ). Поэтому разработка и исследования электромагнитных устройств с постоянными магнитами (ЭМУ ПМ) является актуальной задачей.

В ЭМУ ПМ магнитное поле постоянного магнита используется для создания усилия между соответствующими конструктивными элементами, а обмотка управляющего электромагнита служит или для компенсации этого поля, или для изменения его направления. На рис. 1 изображена принципиальная компоновка основных активных частей однодисковой муфты или тормоза. Магнитная система состоит из магнитопровода, имеющего наружный 1 и внутренний 2 полюса и фланец 3, выполненные из магнитомягкой стали. Между полюсами размещена обмотка 4 и постоянный магнит 5. Дисковый якорь 6 закреплен на упругой мембране 7, которая посредством узла крепления 8 устанавливается на приводном валу. При отсутствии напряжения на обмотке 4 магнитный поток постоянного магнита 2 притягивает якорь 6 к полюсам 1 и 2 магнитопровода. Тем самым за счет сил трения между указанными элементами создается усилие сцепления. Это усилие может быть использовано или для передачи вращающего момента между ведущим и ведомым валами (если данная конструкция использована для муфты), или для

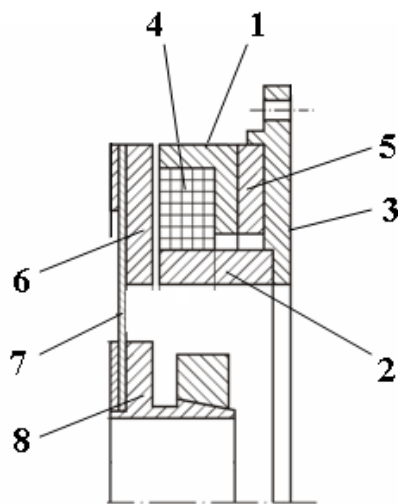


Рис.1. Принципиальная конструктивная компоновка однодисковой муфты или тормоза

торможения (если, например, магнитопровод закреплен неподвижно). При подключении обмотки 4 к источнику питания она создает магнитный поток, направленный встречно потоку постоянного магнита 2. Тем самым усилие притяжения якоря 6 к полюсам исчезает и он под действием усилия упругой мембраны 7 отходит от магнитопровода. За счет этого муфта (или тормоз) размыкается.

Рассмотрим вопросы оптимизации электромагнитного привода исполнительных ЭМУ ПМ, которые включают в себя оптимизацию управляющего электромагнита и схемы его управления (СУ). Как показал анализ научно-технической документации, в настоящее время наблюдается четкая тенденция объединения ЭМУ ПМ и приводного электродвигателя в единую электромеханическую систему. В этом случае диаметральный размеры магнитопровода управляющего электромагнита необходимо увязать с размерами того электродвигателя, для которого предназначено проектируемое ЭМУ ПМ: диаметр  $D_1$  следует вычислять по высоте оси вращения электродвигателя; диаметр  $D_4$  выбирается с учетом наружного диаметра подшипникового узла  $D_{ny}$  электродвигателя для обеспечения возможности крепления ЭМУ ПМ к подшипниковому щиту и установки на валу фрикционного диска (см. рис. 2).

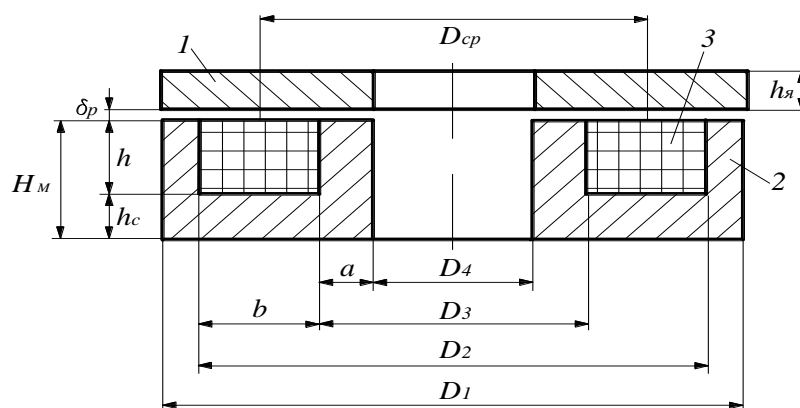


Рис.2. Эскиз магнитной системы управляющего электромагнита:

1 - якорь; 2 - магнитопровод; 3 - обмотка

Как показали проведенные исследования и результаты оптимизационного проектирования ЭМУ ПМ различных типов, для определения  $D_1$  можно воспользоваться следующей формулой:

$$D_1 = (1,6 \div 1,8) h_{ep}, \quad (1)$$

где  $h_{ep}$  – высота оси вращения электродвигателя.

При расчете управляющего электромагнита решается задача оптимизации его магнитопровода и обмотки. Так как диаметры  $D_1$  и  $D_4$  электромагнита определяются габаритными размерами электродвигателя, то оптимизация размеров магнитопровода допускается лишь путем варьирования величин  $h$ ,  $D_2$  и  $D_3$ . Но поскольку при проектировании необходимо обеспечить равенство площадей полюсов электромагнита, то диаметры  $D_2$  и  $D_3$  связаны между собой и оптимизация может производиться путем варьирования только  $h$  и одним из указанных диаметров, например,  $D_2$ . Кроме того, очевидно, что при изменении диаметров  $D_2$  и  $D_3$  изменяется ширина паза  $b$  под обмотку  $b = (D_2 - D_3) / 2$  и для обеспечения необходимой площади паза требуется одновременно изменять высоту паза  $h$ . Следовательно, взаимосвязанные изменения  $h$  и  $D_2$  позволяют иметь только один независимый комплексный геометрический параметр ( $D_2, h$ ).

Покажем, что заданное напряжение  $U$  и допустимая плотность тока  $j$ , выбранная по заданному классу нагревостойкости изоляции обмотки и условиям охлаждения, при

известном среднем диаметре обмотки  $D_{cp}$  однозначно определяют число витков обмотки  $W$ . На основании закона Ома имеем

$$R = U / i_y . \quad (2)$$

С другой стороны, примем во внимание, что

$$R = \rho \frac{l}{S_{np}} = \rho \frac{l_{cp} \cdot W}{S_{np}} , \quad (3)$$

где  $l_{cp} = \pi \cdot D_{cp}$  - средняя длина витка обмотки;  $S_{np}$  - сечение проводника.

Сечение проводника  $S_{np}$  выразим через установившийся ток  $i_y$  следующим образом:

$$S_{np} = i_y / j . \quad (4)$$

Подставим значение  $S_{np}$  по (4) в (3). Поскольку левые части уравнений (2) и (3) равны, то равны и правые части этих уравнений. Приравняв их и выполнив несложные преобразования, получим

$$W = U / (\rho \cdot j \cdot \pi \cdot D_{cp}) \quad (5)$$

При оптимизации обмотки в качестве независимого переменного целесообразно выбрать ее диаметр  $d_{np}$ , который может изменяться дискретно в соответствии со стандартной номенклатурой обмоточных проводов. Тогда число витков  $W$ , можно определить из формулы

$$d_{np} = \sqrt{4k_3 \cdot b \cdot h / (\pi \cdot W)} , \quad (6)$$

где  $k_3$  - коэффициент заполнения паза обмоткой.

При этом, если выбрана СУ с форсировкой размыкания, обеспечивающая определенную кратность форсировки  $k_\phi$ , то предварительное число витков обмотки  $W_\phi$  в этом случае следует уменьшить в  $k_\phi$  раз по сравнению с числом  $W$ , рассчитанным по (6). Это объясняется тем, что расчет проводится по допустимой плотности тока  $j$  для длительного установившегося режима работы, в то время как при наличии форсировки напряжение в этом режиме будет уменьшено по сравнению с начальным значением питающего напряжения в  $k_\phi$  раз. При оптимизации электромагнита число  $W$  является зависимой переменной величиной. Величина  $W_\phi$  требуется только для ориентировочного определения исходных размеров паза под обмотку. Тогда глубина паза под обмотку равна

$$h = \frac{W \cdot S_{пр.ст}}{b \cdot k_3} . \quad (7)$$

При оптимизации управляющего электромагнита расчет следует проводить при максимальном воздушном зазоре и наиболее неблагоприятном тепловом режиме работы с проверкой работоспособности при пониженном напряжении, а возможность технологических отклонений учесть изменением расчетной МДС обмотки.

Таким образом, при оптимизации управляющего электромагнита имеют место два независимых варьируемых параметра.

Наиболее сложная и многовариантная задача при поиске оптимального варианта ЭМУ ПМ заключается в определении оптимальной СУ. Строгое решение этой задачи весьма затруднительно в связи с огромным разнообразием возможных вариантов исполнения СУ, принципиально различающихся между собой способами формирования среднего напряжения  $U_{cp}(t)$  на обмотке [1]. Исключение субъективного подхода даже к выбору принципиальной структуры СУ без определения оптимальных номиналов ее элементов предполагает расчет и сравнение показателей и характеристик всех возможных в каждом конкретном случае различных модификаций СУ, число которых обычно значительно. При этом очевидно, что целенаправленный поиск осуществить практически

невозможно вследствие различных принципов действия этих СУ, а требуется их простой поочередный перебор. Такой подход к решению поставленной задачи приводит к необходимости огромного числа трудоемких расчетов. Следовательно, такой подход мало приемлем на практике. Кардинально уменьшить объем вычислений можно путем разделения задачи поиска на два этапа. На *первом этапе* совместно с управляющего электромагнитом оптимизируется только характеристика выходного сигнала СУ без рассмотрения самой СУ, так как при использовании различных СУ, реализующих один и тот же принцип формирования напряжения  $U_{cp}(t)$ , его формы качественно будут идентичны. Определив оптимальные количественные характеристики закона изменения  $U_{cp}(t)$  (форма кривой, длительность  $t_\phi$  и кратность  $k_\phi$  форсировки), на *втором этапе* поиска можно по ним построить различные СУ, реализующие принцип формирования требуемого закона  $U_{cp}(t)$ , и выбрать оптимальный вариант.

Если выбрана СУ без форсировки, то поиск оптимального варианта ЭМУ ПМ заключается в переборе только двух значений выпрямленного напряжения - при одно- и двухполупериодной схемах выпрямления. При этом следует принять во внимание замечания, приведенные в [2].

Если выбрана СУ с форсировкой, то необходимо задать несколько вариантов значений  $t_\phi$  и  $k_\phi$  для выбранной формы сигнала  $U_{cp}(t)$  и для каждого из них произвести оптимизацию ЭМУ ПМ. Значение амплитуды напряжения  $U_m$ , частоты  $f$  и начальной фазы  $\psi_n$  определяются питающей сетью и при оптимизации являются фиксированными исходными параметрами. При этом, как показали проведенные исследования ЭМУ ПМ с различными СУ, одним из самых неблагоприятных случаев с точки зрения быстродействия размыкания является режим включения при  $\psi_n = 120^\circ$  (см. [2]). Поэтому при поиске оптимального варианта значением  $\psi_n$  целесообразно не варьировать, а задать равным  $120^\circ$  как заведомо известный худший момент подключения питающего напряжения. В некоторых случаях удобнее варьировать не характеристиками напряжения  $U_{cp}(t)$ , а непосредственно параметрами элементов СУ. В частности, если выбрана любая адаптивная СУ с предвключенным конденсатором, то оптимизацию целесообразно производить путем дискретного варьирования емкости этого конденсатора. Таким образом, третьим независимым варьируемым параметром является или закон изменения  $U_{cp} = f(t)$  на выходе СУ, или емкость конденсатора при оптимизации адаптивной СУ.

Поисковый оптимизационный расчет ЭМУ ПМ и заключается в переборе в определенной последовательности сочетаний этих трех независимых переменных, проверке ограничителей и расчете критерия оптимальности для каждого сочетания, и выборе из рассчитанных вариантов оптимального. В качестве ограничителей при этом обычно принимаются требуемые по исходному заданию параметры быстродействия  $t_p$  и  $t_z$ , а также допустимый перегрев обмотки в длительном режиме.

Для ЭМУ ПМ общепромышленных электродвигателей в качестве критерия оптимальности целесообразно выбрать технико-экономический критерий  $k_{on}$ :

$$k_{on} = C_{CV} + C_M + C_c + P \cdot t_{раб} \cdot C_э, \quad (8)$$

где  $C_{CV}$  - стоимость СУ;  $C_M$  - стоимость меди;  $C_c$  - стоимость стали;  $P$  - потребляемая электромагнитом мощность в установившемся режиме;  $t_{раб}$  - число часов работы ЭМУ ПМ за весь срок его службы;  $C_э$  - стоимость электроэнергии.

В подавляющем большинстве случаев поиск оптимального варианта ЭМУ ПМ осуществляется в локальной области, ограниченной требованиями к габаритным размерам электродвигателя, так как диаметральный размеры магнитопровода управляющего электромагнита и фрикционного узла ограничены диаметрными размерами электродвигателя.

При выборе метода поиска оптимального варианта, обеспечивающего изменение независимых переменных в направлении улучшения значения функции цели, принимают

во внимание, что решается технико-экономическая задача, связанная нелинейными зависимостями с переменными параметрами, поэтому целесообразно применять численные методы. Среди них единственным, в сущности, методом, обеспечивающим равномерный обзор всей совокупности независимых переменных и отыскание глобального оптимума, является метод обхода узловых точек  $n$ -мерного пространства [3], где  $n$  - число независимых переменных. Он заключается в том, что область изменения по каждой из независимых переменных разбивается на определенное число шагов и, таким образом, все пространство независимых переменных разграничивается  $n$ -мерной решеткой. Расчет проводится для всех узловых точек этой решетки путем изменения независимых переменных с выбранным шагом. Если  $n = 3$ , то при поиске оптимального варианта ЭМУ ПМ осуществляется обход узловых точек трехмерного пространства, т.е. проводится расчет для всех вершин трехмерной решетки в пространстве независимых переменных. Оптимизация ЭМУ ПМ может осуществляться и другими методами, например, методами направленного поиска [4].

Выводы. 1. Использование постоянных магнитов в приводе силовых исполнительных электромагнитных устройств является одним из путей улучшения их технико-эксплуатационных показателей.

2. Рассмотрены вопросы оптимизации электромагнитного привода ЭМУ ПМ, которые включают в себя оптимизацию управляющего электромагнита и схемы его управления. Показано, что при оптимизации управляющего электромагнита имеют место два независимых варьируемых параметра - комплексный геометрический параметр ( $D_2, h$ ) и число витков обмотки.

3. Задачу поиска оптимального варианта СУ предложено разделить на два этапа. На первом этапе совместно с управляющего электромагнитом оптимизируется только характеристика выходного сигнала СУ  $U_{cp}(t)$ , а на втором этапе поиска производится выбор оптимального варианта, реализующего формирование требуемого закона  $U_{cp}(t)$ .

### Литература

1. Бочкарев И.В. Электромагнитные механизмы с постоянными магнитами и схемы их управления для систем автоматики / И.В.Бочкарев, Ж.Т. Галбаев. – Б.: Изд-во «Илим», 2008. – 274 с.

2. Бочкарев И.В. Выбор топологии схемы управления электромагнитными механизмами со встроенным выпрямителем / И.В. Бочкарев, Ж.Т.Галбаев // Проблемы автоматики и управления НАН КР. – Б.: Илим, 2010. – С.143-148.

3. Лопухина Е.М. Проектирование асинхронных микродвигателей с применением ЭВМ / Е.М. Лопухина, Г.А. Семенчуков. – М.: Высшая школа, 1980. – 359 с.

4. Аветисян Д.А. Основы автоматизированного проектирования электромеханических преобразователей / Д.А. Аветисян. М.: Высшая школа, 1982. – 271 с.

УДК.:681.518.5.001.63:621.315.1

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ОБРЫВА ПРОВОДА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-35 кВ

*Асанова Салима Муратовна, к.т.н., Кыргызский государственный технический университет им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [a\\_sm07@mail.ru](mailto:a_sm07@mail.ru)*



*Асанов Мурат Сатаркулович, к.т.н, доцент, Кыргызский национальный университет им. Ж.Баласагына, Кыргызстан, 720033, г. Бишкек, ул.Фрунзе, 547.*

*Сатаркулов Калмурза Асанович, к.т.н., доцент, Токмокский технический институт, Кыргызстан, Чуйская область, г. Токмок, ул. Гагарина, 65*

Цель статьи - в данной работе предлагается способ проектирования системы дистанционной диагностики обрыва провода воздушных линий в сложных распределительных электрических сетях среднего напряжения с использованием многофункционального провода.

**Ключевые слова:** распределительные электрические цепи, воздушные линии, диагностика, обрыв провода, многофункциональный провод.

### DESIGNING OF REMOTE DIAGNOSTICS' SYSTEM OF BROKEN AIR LINES OF DISTRIBUTIVE ELECTRIC NETWORKS OF 6-35 kV

*Asanova Salima Muratovna, Ph. D., Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek, Mir Avenue, 66, e-mail: [a\\_sm07@mail.ru](mailto:a_sm07@mail.ru)*

*Asanov Murat Satarkulovich, Ph. D., associate Professor, Kyrgyz National University named after Zh.Balasagyn, Kyrgyz Republic, 720033, Bishkek, str. Frunze – 54.*

*Satarkulov Kalmurza Asanovich, Ph. D., associate Professor, Tokmok Technical Institute, Kyrgyzstan, Chui region, Tokmokcity, Gagarin str., 65.*

The purpose of article - is to provide the method for the designing of remote diagnostics' system of broken air lines in complicated distributive electric networks of medium voltage using a multi functional wire.

**Keywords:** distributive electric chains, air lines, diagnostics, broken wire, a multi functional wire.

Как известно, воздушные линии, имеют достаточно большую протяженность и являются наименее надежными элементами энергосистемы, так как в процессе эксплуатации активно подвергаются воздействию внешней среды, причем некоторые из них могут проходить по труднодоступным районам. В таких сетях, по статистике, годовое количество повреждений исчисляются сотнями, а в питающихся от них абонентских сетях – тысячами. В случае обрыва провода определение места повреждения и, соответственно, процесс его устранения иногда затягивается на много дней и требует значительных трудозатрат. Главным требованием при этом является скорейшее восстановление питания отключившихся токоприемников при минимизации затрат труда, времени и средств на осуществление поиска.

Анализ информации показал, что на сегодняшнее время проблема оперативной диагностики состояния провода воздушных линий до конца не решена [1-2]. Традиционно, обнаружение места повреждения в таких линиях выполняется топографическим способом, путем обхода трассы, с использованием переносных приборов, и визуального осмотра. Поэтому весьма важным является разработка способов именно дистанционной и оперативной диагностики обрыва провода воздушных линий.

**Постановка задачи.** В предлагаемом способе предполагается, что электрическая сеть выполнена с использованием многофункционального провода (МП), где одна из токопроводящих жил изолирована от остальных [3], как показано на рис.1.

Распределительная электрическая сеть, образованная путем соединения силовых составляющих МП участков сети, и электрическая цепь, образованная на основе информационных составляющих МП, образуют распределительную электрическую систему. Исходной информацией для проектирования системы диагностики, распознающей обрывы проводов на участках ВЛ, является структура РЭС. Предполагается, что анализируемая РЭС состоит из множества  $n$ -проводных участков, соединенных соответствующими узлами, и имеет разомкнутую структуру. Состояние каждого участка сети  $(i_1, i_2)$ , соединяющего узлы  $i_1$  и  $i_2$ , характеризуется переменной  $x_{i_1, i_2} \in \{0, I_{i_1, i_2}\}$ , где  $x_{i_1, i_2} = 0$  – обрыв;  $x_{i_1, i_2} = I_{i_1, i_2}$  – нет обрыва;  $I_{i_1, i_2}$  – ток участка сети. Задачей проектирования является разработка таких схем соединения информационных проводов участков сети и соединения информационных проводов в узлах питания к источнику постоянного напряжения  $U_0$ , при которых значение тока  $I_0$  однозначно отражало бы обрыв провода на соответствующем участке.

**Схема решения задачи** проектирования включает следующие этапы:

- 1) путем задания соответствующих схем соединения информационных проводов участков сети, строится схема электрической цепи постоянного тока, структура которой позволила бы организовать распределение токов по информационным проводам участков, различных по значениям, на величины не меньшие, чем  $\Delta I$ ;
- 2) производится расчет желаемого распределения токов по информационным проводам участков цепи постоянного тока, полученного на первом этапе;
- 3) производится расчет параметров цепи для получения желаемого распределения токов по информационным проводам участков сети;
- 4) моделирование электрической цепи постоянного тока с учетом обрывов участков сети, с целью получения таблицы соответствия значений тока узла питания  $I_0$  и обрывов проводов на участках данной сети.

Описание данного способа сопровождается примером РЭС, схема которой представлена в виде ориентированного графа, показанного на рис. 2.

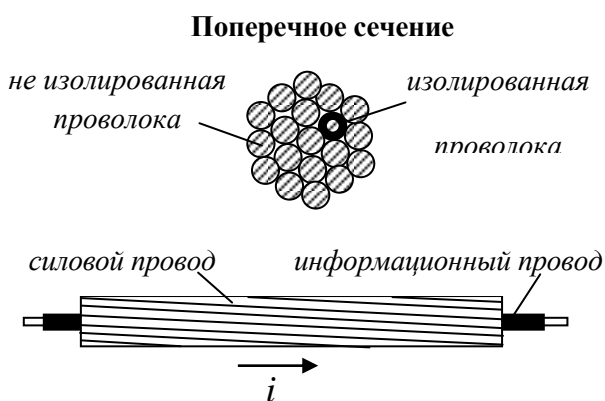


Рис. 1. Токпроводящая жила многофункционального провода

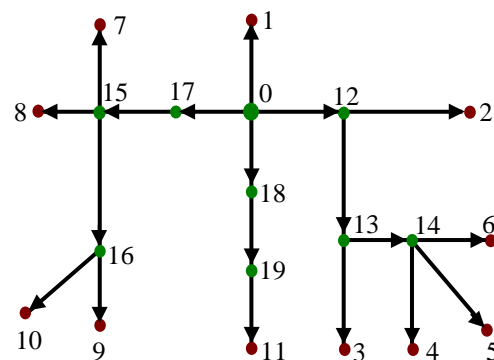


Рис. 2. Граф распределительной сети

*1-ый этап проектирования. Шаг 1.*

Каждая ветвь схемы распределительной сети разбивается на один или несколько последовательно соединенных участков. Концы информационных проводов в узлах сети выводятся наружу из силовых проводов. Полученная, в результате такого разбиения, схема сети представляется в виде ориентированного графа  $(L, \Gamma)$ , где  $L$  - множество

узлов сети (вершин графа);  $\Gamma$  - отображение множества  $L$  в  $L$ , показывающее, как между собой связаны узлы (вершины) из множества  $L$ , т.е.

$$\Gamma: L \rightarrow L, \quad \Gamma(i) \subseteq L, \quad \forall i \in L \setminus L_0, \quad \Gamma(i) = \emptyset, \quad \forall i \in L_0, \quad (1)$$

$$\Gamma \subseteq L \times L, \quad \Gamma_i = \{i\} \times \Gamma(i), \quad \forall i \in L \setminus L_0, \quad \Gamma_i = \emptyset, \quad \forall i \in L_0, \quad (2)$$

$$\Gamma = \bigcup_{i \in L \setminus L_0} \Gamma_i, \quad (3)$$

где  $\Gamma(i)$  - множество конечных вершин дуг (ориентированных ветвей), у которых начальной вершиной является  $i \in L$ ;  $\Gamma_i$  - множество дуг  $(i, j)$ , у которых начальной вершиной является  $i$ ;  $L_0 \subset L$  - множество конечных вершин графа сети  $(L, \Gamma)$ .

*Шаг 2.* Для получения структуры электрической цепи постоянного тока, позволяющей организовать распределение различных по значениям токов по информационным проводам, в конечных узлах  $i_2 \in L \setminus \{0\}$  ориентированных участков  $(i_1, i_2) \in \Gamma$  сети устанавливаются настраиваемые сопротивления  $R_{i_1, i_2}, i_2 \in L \setminus \{0\}$  между фазами  $a = 1$  и  $a = 2$  информационных проводов, а узел питания  $0$  присоединяется через миллиамперметр к источнику постоянного напряжения  $U_0$ .

*Шаг 3.* Производится расчет внутренних сопротивлений  $R_{i_1, i_2}$  информационных проводов всех участков сети.

*2-й этап проектирования.* На данном этапе, при расчете желаемого распределения токов по информационным проводам участков, исходный граф РЭС (рис.2) и соответствующая ей эквивалентная электрическая схема соединения информационных проводов распределительной системы (см. шаг 3) представляются как многоуровневые иерархические схемы (рис.3 и 4), которые эквивалентны по структуре соединения вершин к исходному графу (рис. 2).

*Шаг 4.* Производится расчет желаемого распределения токов, протекающих по информационным проводам множества конечных участков  $\{(i_1, i_2) \in \Gamma \mid i_2 \in L_0\}$  сети и различающихся по значениям не менее, чем на  $\Delta I$ . Сущность алгоритма расчета включает следующие процедуры:

а)  $s = 0; k = 1; I(k) = 0; L(k) = L_0$  - заданное множество конечных вершин (узлов) графа сети, являющееся множеством вершин  $s = 0$ -го уровня многоуровневой иерархической схемы (рис.3 и 4);  $\{l(i) \mid i \in L_0\}$  - заданное множество, где  $l(i)$  является длиной пути от узла питания (вершины  $0$ ) до конечной вершины  $i \in L_0$ .

б) выбрать такую вершину  $i_2$  из  $L(k)$ , которой соответствует максимальная длина пути  $l(i_2)$  от узла питания (вершины  $0$ ).

в) удалить  $i_2$  из множества  $L(k): L(k+1) = L(k) \setminus \{i_2\}$ .

г) вычислить значение тока  $I_{i_1, i_2}$  участка  $(i_1, i_2) \in \Gamma$ , где  $i_1 = \Gamma^{-1}(i_2)$  - обратное отображение:

$$I_{i_1, i_2} = I_{i_2} = I(k) + \Delta I; \quad I(k+1) = I_{i_1, i_2}; \quad K_{i_2} = 1, \quad \text{т.к. } I_{i_2} > 0, \quad (4)$$

здесь  $I_{i_1, i_2} = I_{i_2}$ , поскольку конечные участки  $(i_1, i_2)$  и настраиваемые сопротивления  $R_{i_2}$  соединены последовательно.

д) если  $L(k+1) = \emptyset$  (или  $k = |L_0|$ ), то перейти к пункту (е) данного шага, иначе  $k = k + 1$ , и перейти к пункту (б) данного шага.

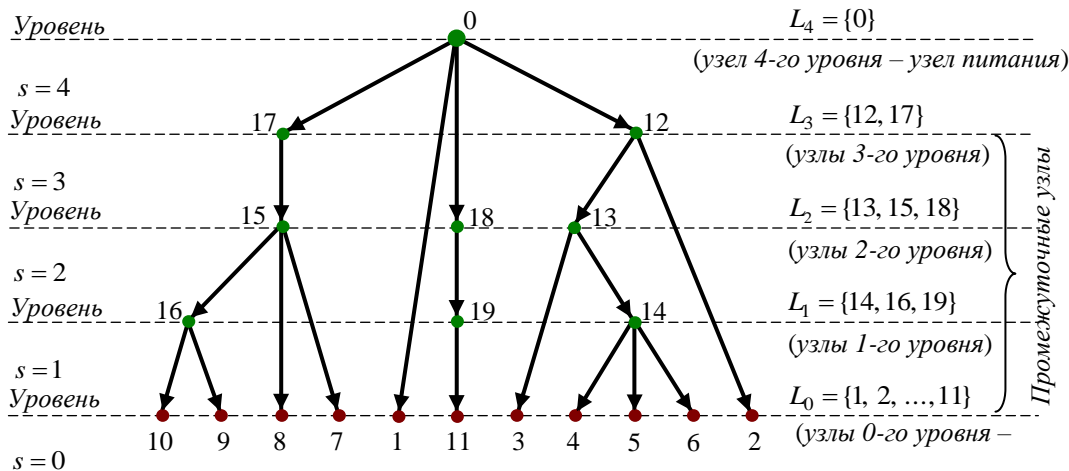


Рис. 3. Многоуровневая иерархическая схема графа РЭС

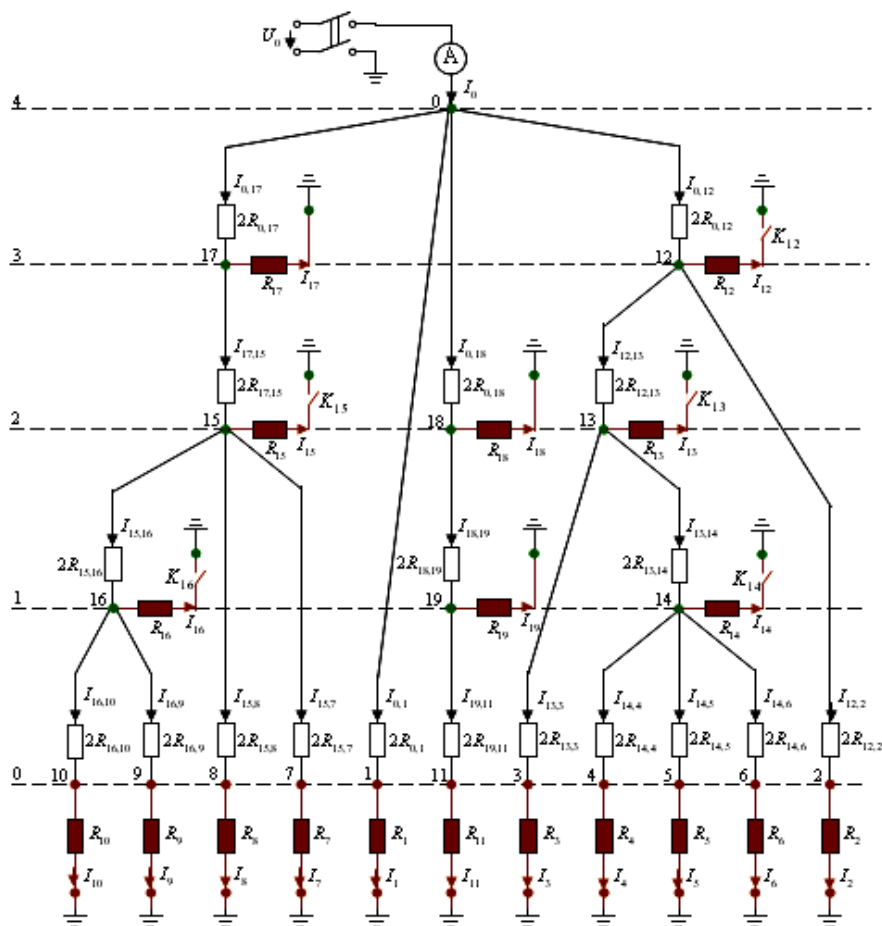


Рис. 4. Эквивалентная схема соединения информационных проводов распределительной системы

е) формировать множество вершин (узлов)  $L_1$   $I$ -го уровня многоуровневой иерархической схемы (рис.3 и 4):

$$L_1 = \{i \in L \setminus L_0 \mid \Gamma(i) \subseteq L_0\}. \quad (5)$$

ж) вычислить значения токов  $I'_i, i_1 \in L_1$ :

$$I'_i = \sum_{i_2 \in \Gamma(i)} I_{i_1, i_2}, \forall i_1 \in L_1 \quad (6)$$

и формировать множество  $\{I'_i \mid i \in L_1\}$ . Здесь:  $I(k)$  - искусственная переменная для хранения тока  $I_{i_1, i_2}$  (см.(5)) текущей ветви  $(i_1, i_2)$ , вычисленного по формуле (4) на текущем такте  $k$  (при  $k=1, I(1)=0$ );  $I'_i$  - суммарный ток, вытекающий из узла  $i_1$ ; процедура (б) совместно с (в) производит упорядоченный отбор  $i_2$  из множества  $L_0$  в порядке убывания  $I(i_2)$ ;  $\Gamma(i)$  - отображение (см. (1)-(3)).

*Шаг 5.* На основе полученных на шаге 4 множества узлов (вершин)  $L_1$  (5)  $s=1$ -го уровня многоуровневой иерархической схемы и соответствующих этим узлам токов  $I'_i, i \in L_1$  (6), производится расчет желаемого распределения токов, протекающих по информационным проводам множества промежуточных участков  $\{(i_1, i_2) \in \Gamma \mid i_2 \notin L_0\}$  сети и различающихся по значениям не менее, чем на  $\Delta I$ . Сущность алгоритма расчета включает следующие процедуры:

а)  $s=1; k = |L_0| + 1; I(k) = I_{i_1, i_2}$  - ток, вычисленный на шаге 4 по формулам (4), (2) на последнем такте  $k = |L_0|$ ;  $L(k) = L_1$  - множество узлов (вершин)  $s=1$ -го уровня, сформированное на шаге 4 по формуле (5) при  $k = |L_0|$ ;  $\{I'_i \mid i \in L_1\}$  - множество токов, вычисленных на шаге 4 по формуле (6).

б) выбрать такую вершину  $i_2$  из  $L(k)$ , которой соответствует минимальный ток  $I'_{i_2}$  из  $\{I'_i \mid i \in L(k)\}$ , т.е.  $i_2 \in L(k) : [I'_{i_2} = \min\{I'_i \mid i \in L(k)\}]$ .

в) удалить  $i_2$  из множества  $L(k) : L(k+1) = L(k) \setminus \{i_2\}$ .

г) вычислить значение тока  $I_{i_1, i_2}$  участка  $(i_1, i_2) \in \Gamma$ , где  $i_1 = \Gamma^{-1}(i_2)$  - обратное

отображение: 
$$I_{i_1, i_2} = \begin{cases} I(k) + \Delta I, & \text{при } I'_{i_2} \leq I(k), \\ I'_{i_2}, & \text{при } I'_{i_2} > I(k), \end{cases} \quad I(k+1) = I_{i_1, i_2}.$$

д) вычислить значение тока  $I_{i_2}$ , протекающего через настраиваемое сопротивление  $R_{i_2}$ , используя первый закон Кирхгофа, и определить состояние

условного ключа  $K_{i_2}$  (рис. 3 и 4): 
$$I_{i_2} = I_{i_1, i_2} - I'_{i_2}, \quad K_{i_2} = \begin{cases} 0, & \text{при } I_{i_2} = 0, \\ 1, & \text{при } I_{i_2} > 0. \end{cases}$$

е) если  $L(k+1) = \emptyset$  (или  $k = \sum_{j=0}^s |L_j|$ ), то перейти к пункту (ж) данного шага, иначе  $k = k+1$ , и перейти к пункту (б) данного шага.

ж) формировать множество вершин (узлов)  $L_{s+1}$  ( $s+1$ -го уровня):

$$L_{s+1} = \{i \in (L \setminus (\bigcup_{j=0}^s L_j)) \mid \Gamma(i) \subseteq \bigcup_{j=0}^s L_j\}.$$

з) вычислить значения токов  $I'_i, i_1 \in L_{s+1}$

$$I'_i = \sum_{i_2 \in \Gamma(i_1)} I_{i_1, i_2}, \quad \forall i_1 \in L_{s+1}; \quad (7)$$

и формировать множество  $\{I'_i \mid i \in L_{s+1}\}$ .

и) если  $L_{s+1} = \{0\}$ , то перейти к шагу 6, иначе  $L(k+1) = L_{s+1}, s = s+1, k = k+1$ , и перейти к пункту (б) данного шага.

*3-й этап проектирования.* На данном этапе, при расчете настраиваемых сопротивлений для получения желаемого распределения токов по информационным проводам сети, исходный граф РЭС (рис. 2) и соответствующая ей эквивалентная схема соединения информационных проводов распределительной системы (см. шаг 3) представляются как многоуровневые иерархические схемы, которые эквивалентны по структуре соединения вершин из  $L$  к исходному графу.

*Шаг 6.* Производится расчет настраиваемых сопротивлений  $\{R_i \mid i \in L \setminus \{0\}\}$  для реализации желаемого распределения токов по информационным проводам участков сети, рассчитанных на предыдущих шагах 4 и 5. Сущность алгоритма расчета включает следующие процедуры:

а)  $s = 0, k = 1, L(k) = L'_0 = \{0\}; L'(k) = \emptyset; \{I_{i_1, i_2} \mid (i_1, i_2) \in \Gamma\}$  - токи информационных проводов участков,  $\{I_i \mid i \in L \setminus \{0\}\}$  - токи настраиваемых сопротивлений,  $\{K_i \mid i \in L \setminus \{0\}\}$  - состояние условных ключей, рассчитанное на предыдущих шагах 4 и 5;  $U_0$  - постоянное напряжение узла 0 (узла питания).

б) выбрать любую вершину  $i_1$  из  $L(k)$ .

в) удалить  $i_1$  из множества  $L(k): L(k+1) = L(k) \setminus \{i_1\}$ .

г) вычислить значения напряжений  $U_{i_2}, \forall i_2 \in \Gamma(i_1)$  и значения настраиваемых сопротивлений  $R_{i_2}$  для всех таких узлов  $i_2 \in \Gamma(i_1)$ , для которых  $K_{i_2} = 1$ , т.е.:

$$U_{i_2} = U_{i_1} - 2 \cdot R_{i_1, i_2} \cdot I_{i_1, i_2}, \quad \forall i_2 \in \Gamma(i_1), \quad R_{i_2} = \frac{U_{i_2}}{I_{i_2}}, \quad \forall i_2 \in \Gamma(i_1): [K_{i_2} = 1].$$

д) формирование множества вершин (узлов)  $\Gamma(L'_s)$ , соответствующего  $(s+1)$ -му уровню:  $L'(k+1) = L'(k) \cup \Gamma(i_1)$ .

е) если  $L(k+1) = \emptyset$ , то перейти к пункту (ж) данного шага, иначе  $k = k+1$ , и перейти к пункту (б) данного шага.

ж) формировать множество вершин (узлов)  $L'_{s+1}$   $(s+1)$ -го уровня:  $L'_{s+1} = \Gamma(L'_s) \setminus L_0$ , где  $\Gamma(L'_s) = L'(k+1)$ , при  $L(k+1) = \emptyset$  (см. (д), (е)).

з) если  $L'_{s+1} = \emptyset$ , то перейти к шагу 7, иначе  $L(k+1) = L'_{s+1}, L'(k+1) = \emptyset, s = s+1, k = k+1$ , и перейти к пункту (б).

*4-й этап проектирования. Шаг 7.* Производится моделирование электрической цепи постоянного тока, полученной на шаге 6 (рис. 4), с целью получения таблицы соответствия значений тока узла питания  $I_0 = I'_0$  (7) и обрывов проводов участков сети. Для этого эквивалентная электрическая схема соединения информационных проводов распределительной системы, полученная на шаге 6, преобразуется к виду, где каждому участку  $(i_1, i_2) \in \Gamma$  сопоставляется ключ  $K_{i_1, i_2} \in \{0, 1\}$ , моделирующий состояние  $x_{i_1, i_2} \in \{0, I_{i_1, i_2}\}$  рассматриваемого участка. При  $K_{i_1, i_2} = 0, x_{i_1, i_2} = 0$  - обрыв участка  $(i_1, i_2)$ , а при  $K_{i_1, i_2} = 1, x_{i_1, i_2} = I_{i_1, i_2}$  - нет обрыва на участке  $(i_1, i_2)$ .

Результаты экспериментального моделирования в программе Electronics Workbench при обрыве провода на участках РЭС приведены в таблице (обрыв провода имитируется с помощью коммутационных аппаратов), из которой видно, что при значении суммарного тока 930 мА – обрыва в сети нет, при значении тока 734 мА – обрыв на участке (17,15), и т.д.

Таблица - Соответствие значений тока  $I_0$  и обрыва провода на участках сети

	Обрыв на участке ( $i_1, i_2$ )									
	Обрыва нет	(16,10)	(16, 9)	(15, 8)	(15, 7)	(14, 4)	(14, 5)	(14, 6)	(13, 3)	(19,11)
$I_0$ , мА	930	922	913	903	894	886	876	867	857	844
	Обрыв на участке ( $i_1, i_2$ )									
	(12, 2)	(0, 1)	(15,16)	(18,19)	(13,14)	(0, 18)	(17,15)	(12,13)	(0, 17)	(0, 12)
$I_0$ , мА	835	822	815	803	758	742	734	675	662	572

**Заключение.** Таким образом, разработан действенный способ диагностики обрыва провода воздушных линий, использование которого позволит обслуживающему персоналу, находясь на подстанции, оперативно и дистанционно обнаруживать поврежденный участок, с тем, чтобы ремонтная бригада была направлена точно к месту повреждения.

#### Список литературы

1. Минулин Р.Г. Локационная диагностика линии электропередач / Р.Г. Минулин, Ю.Я. Петрушенко, И.Ш. Фардиев - Материалы IX Симпозиума «Электротехника 2030» -. 2007. – С. 33-38.
2. Сарин Л.И. Определение места замыкания на землю на воздушных линиях 6 – 35 кВ. / Л.И. Сарин, А.И. Шалин, М.В. Ильиных // Труды IV всероссийской НТК. – Новосибирск, 2006. С. 189–196.
3. Патент КГ № 1187. 2009 г.

УДК.: 004.73:681.518.001.63:621.315.1

### ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ ПЕТРИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ОБРЫВА ПРОВОДА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ РЭС 6-35 кВ

*Асанова Салима Муратовна, к.т.н., Кыргызский Государственный Технический университет им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [a\\_sm07@mail.ru](mailto:a_sm07@mail.ru)*

Цель статьи - разработка самоорганизующихся, многокомпонентных, структурно-подобных вычислительных алгоритмов для проектирования системы дистанционной диагностики обрыва провода воздушных линий в распределительных электрических сетях среднего напряжения с использованием многофункционального провода.

**Ключевые слова:** воздушные линии, диагностика, обрыв провода, сети Петри, самоорганизующийся многокомпонентный алгоритм.

## COMPUTER PETRI NETWORKS FOR DESIGNING OF REMOTE DIAGNOSTICS' SYSTEM OF BROKEN AIR LINES OF DISTRIBUTIVE ELECTRIC NETWORKS OF 6-35 kV

*Asanova Salima Muratovna, Ph. D., Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek, Mir Avenue, 66, e-mail: [a\\_sm07@mail.ru](mailto:a_sm07@mail.ru)*

The purpose of article - the development of self-organizing, multi-component, structurally similar computing algorithms for designing remote diagnostics' system of broken air lines in distributive electric networks of medium voltage using a multi functional wire.

**Keywords:** air lines, diagnostics, broken wire, Petri networks, self-organizing multi component algorithm.

В работе [1] разработан эффективный способ проектирования системы дистанционной диагностики обрыва провода на участках воздушной линии РЭС 6-35 кВ, в котором предполагается, что электрическая сеть выполнена с использованием многофункционального провода, где одна из токопроводящих жил изолирована от остальных. Описанные в работе [1] алгоритмы расчета желаемого распределения токов по информационным проводам участков сети и расчета настраиваемых сопротивлений имеют классическую структуру организации вычислительных процессов, где с трудом проглядывается структура самой проектируемой системы, что приводит к определенным трудностям при их понимании, реализации на ЭВМ и анализе полученных результатов. Указанные трудности многократно повышаются при увеличении размерности и усложнении структуры проектируемой системы. Удобным средством для построения структурноподобных вычислительных алгоритмов является аппарат вычислительных сетей Петри (ВСП) [2]. Ниже описывается ВСП, реализующая структурноподобный вычислительный алгоритм проектирования системы дистанционного и оперативного обнаружения обрыва провода ВЛ.

**Постановка задачи и схема ее решения** описана в работе [1]. С целью использования аппарата ВСП при проектировании данной системы, представим процедуры анализа топологии сети, расчета желаемого распределения токов по информационным проводам участков сети и расчета настраиваемых сопротивлений цепи для получения желаемого распределения токов, как управляемый дискретный динамический процесс движения информационных маркеров на графах сети и их соответствующего преобразования. ВСП<sub>пр</sub>, реализующая процесс проектирования, состоит из ВСП<sub>I</sub> и ВСП<sub>II</sub>, взаимосвязанных через соответствующие позиции, где ВСП<sub>I</sub> предназначена для реализации вычислительного алгоритма анализа топологии и расчета желаемого распределения токов по информационным проводам путем управляемого движения и преобразования информационных маркеров, начиная с конечных узлов (вершин) в направлении узла питания (начальной вершины) графа сети, а ВСП<sub>II</sub> – алгоритма расчета настраиваемых сопротивлений цепи для получения желаемого распределения токов путем движения и преобразования информационных маркеров, начиная от узла питания, в направлении конечных узлов.

Функциональная схема ВСП имеет двухуровневую структуру и является объединением схем вычислительных блоков нижнего ВСП<sub>Гр</sub> и верхнего ВСП<sub>Упр</sub> уровней:

$$ВСП_I = ВСП_{Гр} \cup ВСП_{Упр} \quad (1)$$

При функционировании ВСП<sub>Гр</sub> формируется многоуровневая иерархическая схема графа цепи информационных проводов (см. рис. 1) путем разбиения множества узлов



исходного графа на уровни иерархии и, по мере такого разбиения, производится, под управлением ВСП<sub>упр</sub>, расчет желаемого распределения токов по информационным проводам. ВСП<sub>Гр</sub> является объединением схем (графов) вычислительных блоков и модулей, показанных на рис. 2:

$$\text{ВСП}_{\text{Гр}} = \left( \bigcup_{i_2 \in L_0} \text{ВСП}_{i_2}^0 \right) \cup \left( \bigcup_{i_2 \in (L \setminus L_0) \setminus \{0\}} \text{ВСП}_{i_2}^s \right) \cup \left( \bigcup_{i_1 \in L \setminus L_0} \text{ВСП}_{\Gamma(i_1)} \right), \quad (1')$$

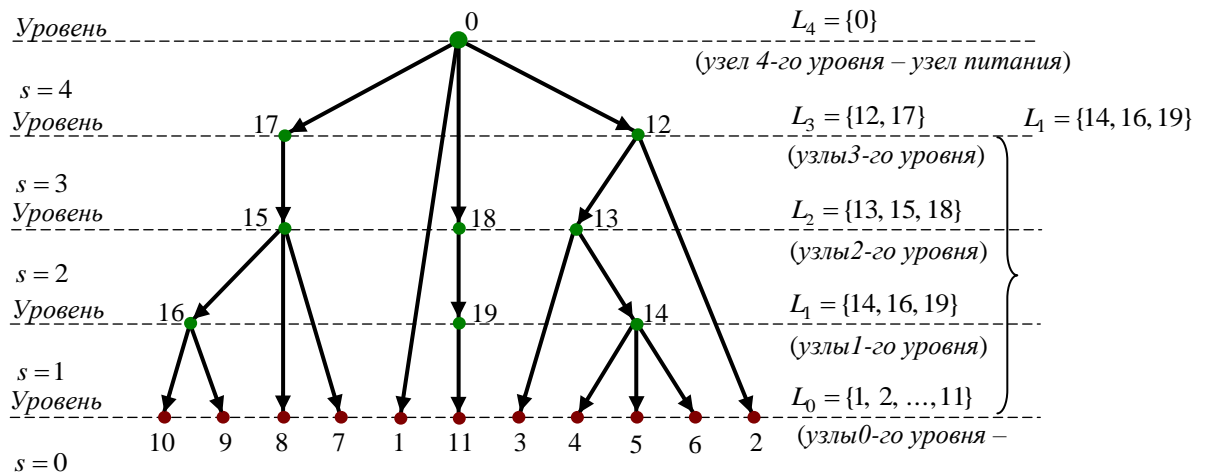


Рис. 1. Многоуровневая иерархическая схема графа РЭС

где  $\text{ВСП}_{i_2}^0, \forall i_2 \in L_0$  - вычислительный блок конечного узла  $i_2 \in L_0$ , предназначенный для вычисления токов  $I_{i_1, i_2}, I_{i_2}$  и состояния условного ключа  $K_{i_2}$ ; каждый блок  $\text{ВСП}_{i_2}^0$  состоит из одного вычислительного модуля (ВМ)  $V(t_{i_2}^0)$  перехода  $t_{i_2}^0$  (рис. 2, а,б,в);  $\text{ВСП}_{i_2}^s, \forall i_2 \in (L \setminus L_0) \setminus \{0\}$  - вычислительный блок промежуточного узла  $i_2 \in (L \setminus L_0) \setminus \{0\}$ , предназначенный для вычисления токов  $I_{i_1, i_2}, I_{i_2}$  и состояния условного ключа  $K_{i_2}$ ; каждый блок  $\text{ВСП}_{i_2}^s$  состоит из трех взаимосвязанных ВМ  $V(t_{i_2}^1), V(t_{i_2}^2), V(t_{i_2}^3)$  переходов соответственно  $t_{i_2}^1, t_{i_2}^2, t_{i_2}^3$  (рис.2, г,д,е);  $\text{ВСП}_{\Gamma(i_1)}, \forall i_1 \in L \setminus L_0$  - вычислительный блок, предназначенный для вычисления суммарного тока  $I'_{i_1}$ , вытекающего из узла  $i_1$  по множеству ориентированных ветвей, начальными вершинами которых является  $i_1$ , а конечными - вершины из множества  $\Gamma(i_1)$ , и участвующий в разбиении множества узлов (вершин) исходного графа сети на уровни иерархии; каждый блок  $\text{ВСП}_{\Gamma(i_1)}$  состоит из одного ВМ  $V(t_{\Gamma(i_1)})$  перехода  $t_{\Gamma(i_1)}$  (рис.2, ж,з,и).

Функциональная схема ВСП<sub>упр</sub> в виде взаимосвязанных ВМ  $V(t_0^y), \dots, V(t_5^y)$ , переходов, соответственно,  $t_0^y, \dots, t_5^y$ , показана на рис. 3. В схеме ВСП<sub>Г</sub> предусмотрены позиции  $\{q_{l(i)} | i \in L_0\}, q_{\Delta}, s_0, q_U$ , для хранения исходных данных решаемой задачи. При наличии в них исходных данных (информационных маркеров), их состояние:

$$\mu(q_{l(i)}) = l(i), \forall i \in L_0; \mu(q_{\Delta}) = \Delta I; \mu(s_0) = q_{l_0}; \mu(q_U) = U_0. \quad (2)$$

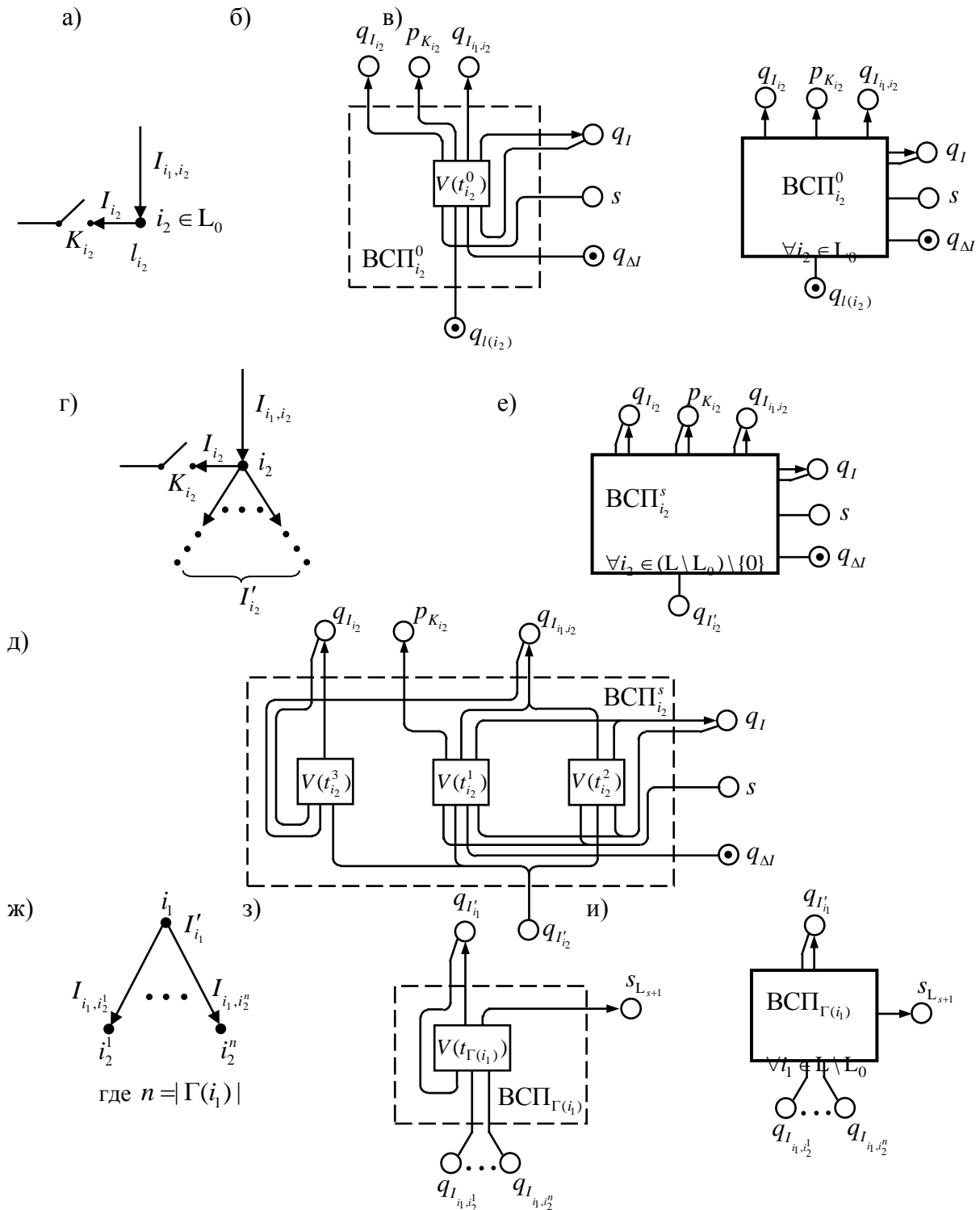


Рис. 2. ВСП узлов (вершин) графа электрической цепи информационных проводов

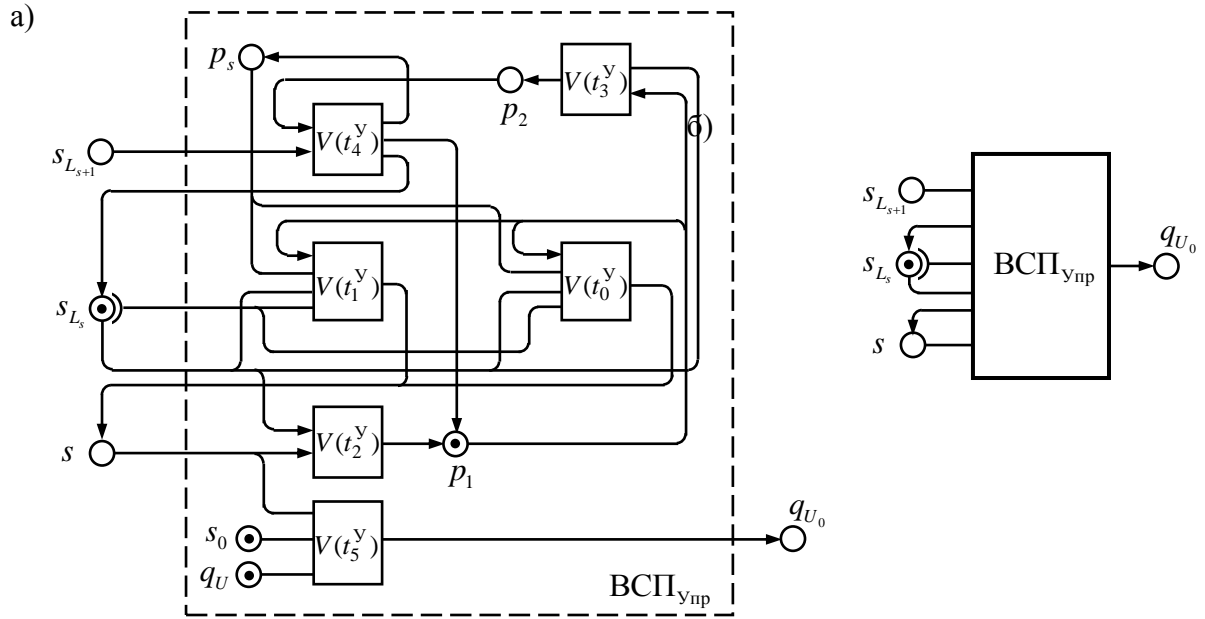


Рис. 3. ВСП для управления последовательностью срабатывания ВСП узлов (вершин) графа электрической цепи информационных проводов

Состояние процесса функционирования ВСП<sub>И</sub> характеризуется состоянием позиций

$$q_{I_{i_1, i_2}}, \forall (i_1, i_2) \in \Gamma, q_{I_i}, p_{K_i}, \forall i \in L \setminus \{0\},$$

$$q_{I_i}, \forall i \in L \setminus L_0, q_I, s_{L_{s+1}}, s_{L_s}, s, p_1, p_2, p_s. \tag{3}$$

При наличии в них информационных маркеров, их состояние:

$$\mu(q_{I_{i_1, i_2}}) = I_{i_1, i_2}, \forall (i_1, i_2) \in \Gamma; \tag{4}$$

$$\mu(q_{I_i}) = I_i, \mu(p_{K_i}) = K_i = 1, \forall i \in L \setminus \{0\}; \tag{5}$$

$$\mu(q_{I'_i}) = I'_i, \forall i \in L \setminus L_0; \mu(q_I) = I; \tag{6}$$

$$\mu(s_{L_{s+1}}) \subseteq \{q_{I'_i} | i \in L_{s+1}\}; \tag{7}$$

$$\mu(s_{L_s}) \subseteq \begin{cases} \{q_{I_{(i)}} | i \in L_0\}, & \text{при рассмотрении } s = 0 - z o \\ & \text{уровня иерархии,} \\ \{q_{I'_i} | i \in L_s\}, & \text{при рассмотрении } s > 0 - z o \\ & \text{уровня иерархии;} \end{cases} \tag{8}$$

$$\mu(s) \in \mu(s_{L_s}), \mu(p_1) = \mu(p_2) = 1, \mu(p_s) = 1, 2, 3, \dots \tag{9}$$

Здесь: позиции  $q_I, s, q_{\Delta I}$  являются общими для вычислительных блоков ВСП<sub>И</sub><sup>0</sup>,  $\forall i \in L_0$  и ВСП<sub>И</sub><sup>s</sup>,  $\forall i \in (L \setminus L_0) \setminus \{0\}$  (рис. 2, а-е), а позиция  $s_{L_{s+1}}$  - общим для вычислительных блоков ВСП<sub>Г(i)}</sub>,  $\forall i \in L \setminus L_0$  (рис. 2, ж-и); через позиции  $s_{L_{s+1}}, s$  и указателя &  $s_{L_s}$  осуществляется обмен информацией между вычислительными блоками нижнего ВСП<sub>Гр</sub> и верхнего ВСП<sub>Упр</sub> уровнями.

По завершении функционирования ВСП<sub>И</sub> вычислительный блок верхнего уровня ВСП<sub>Упр</sub> преобразует состояние позиции  $q_{U_0}$  из  $\mu(q_{U_0}) = 0$  в  $\mu(q_{U_0}) = U_0$ , в результате чего запускается ВСП<sub>И</sub>.

Вычислительный алгоритм, реализуемый при функционировании ВСП<sub>I</sub>. Позиции, необходимые для хранения информационных маркеров при функционировании ВСП<sub>I</sub>, определены в (3)-(8). Исходными данными для функционирования ВСП<sub>I</sub> являются состояния позиций из (2). Начальное состояние позиций  $s_{L_s}, p_1$  из набора (3):  $\mu(s_{L_s}) = \{q_{l(i)} | i \in L_0\}$ ;  $\mu(p_1) = 1$ . Остальные же позиции из данного набора (3) пустые, т.е. в них маркеры отсутствуют. Маркированные позиции на рис. 2 и 3 изображены как кружочки с фишками. Вычислительный алгоритм, заложенный в ВСП<sub>I</sub>(1), включает вычислительные процедуры, реализуемые при функционировании ВСП<sub>упр</sub> и ВСП<sub>Гр</sub>, взаимосвязанных через позиции  $s_{L_{s+1}}, s$  и указатель  $\& s_{L_s}$ .

1. Процедуры, реализуемые при функционировании ВСП<sub>упр</sub> (рис. 2):

а) при  $(\mu(p_s) = 0) \& (\mu(p_1) = 1) \& (\mu(s_{L_s}) \neq "")$ , переход  $t_0^y$  - активный. Срабатывает  $V(t_0^y)$ , в результате чего  $\mu(s) = q_{l(i)} \in \mu(s_{L_s})$  такое, что

$$\mu(q_{l(i)}) = \max \mu(\& s_{L_s}) = \max_{x \in \mu(s_{L_s})} \mu(x), \quad \mu(p_1) = 0; \quad (10)$$

б) при  $(\mu(p_s) > 0) \& (\mu(p_1) = 1) \& (\mu(s_{L_s}) \neq "")$ , переход  $t_1^y$  - активный. Срабатывает  $V(t_1^y)$ , в результате чего  $\mu(s) = q_{l_i} \in \mu(s_{L_s})$  такое, что

$$\mu(q_{l_i}) = \min \mu(\& s_{L_s}) = \min_{x \in \mu(s_{L_s})} \mu(x), \quad \mu(p_1) = 0; \quad (11)$$

в) при  $\mu(s) \neq ""$ , переход  $t_2^y$  - активный. Срабатывает  $V(t_2^y)$ , в результате чего  $\mu'(s_{L_s}) = \mu(s_{L_s}) \setminus \mu(s)$ ,  $\mu(s) = ""$ ,  $\mu(p_1) = 1$ ;

г) при  $(\mu(p_1) = 1) \& (\mu(s_{L_s}) = "")$ , переход  $t_3^y$  - активный. Срабатывает  $V(t_3^y)$ , в результате чего  $\mu(p_2) = 1$ ,  $\mu(p_1) = 0$ ;

д) при  $(\mu(p_2) = 1) \& (\mu(s_{L_{s+1}}) \neq "")$ , переход  $t_4^y$  - активный. Срабатывает  $V(t_4^y)$ , в результате чего

$$\mu(s_{L_s}) = \mu(s_{L_{s+1}}), \quad \mu(s_{L_{s+1}}) = "", \quad \mu(p_1) = 1, \quad \mu(p_2) = 0; \quad (12)$$

е) при  $\mu(s) = \mu(s_0)$ , переход  $t_5^y$  - активный. Срабатывает  $V(t_5^y)$ , в результате чего

$$\mu(q_{U_0}) = \mu(q_U). \quad (13)$$

ВСП<sub>упр</sub>, управляя состоянием  $\mu(s)$  позиции  $s$  (10), (11) на основе топологической информации  $\mu(s_{L_{s+1}})$  (12), (14), поступающей в позицию  $s_{L_{s+1}}$  от ВСП<sub>Гр</sub>, управляет вычислительным процессом, протекающим при функционировании ВСП<sub>Гр</sub>.

2. Процедуры, реализуемые при функционировании ВСП<sub>Гр</sub> (11), состоящей из вычислительных блоков ВСП<sub>i<sub>2</sub></sub><sup>0</sup>,  $\forall i_2 \in L_0$ , ВСП<sub>i<sub>2</sub></sub><sup>s</sup>,  $\forall i_2 \in (L \setminus L_0) \setminus \{0\}$  и ВСП<sub>Г(i<sub>1</sub>)</sub>,  $\forall i_1 \in L \setminus L_0$  (рис.2):

а) при  $\mu(s) = (q_{l(i_2)})$ , переход  $t_{i_2}^0$  - активный. Срабатывает  $V(t_{i_2}^0)$ , в результате чего (рис. 2, а,б,в)

$$\mu(q_{l_{i_1,i_2}}) = \mu(q_{l_{i_2}}) = \mu(q_I) + \mu(q_M), \quad \mu'(q_I) = \mu(q_I) + \mu(q_M), \quad \mu(p_{K_{i_2}}) = 1; \quad (14)$$

б) при  $\mu(s) = (q_{l_{i_2}})$  начинает функционировать ВСП<sub>i<sub>2</sub></sub><sup>s</sup>, состоящая из вычислительных модулей  $V(t_{i_2}^1), V(t_{i_2}^2), V(t_{i_2}^3)$  (рис. 2, г,д,е), т.е.

- при  $(\mu(s) = (q_{l_{i_2}})) \& (\mu(q_{l_{i_2}}) \leq \mu(q_I))$ , переход  $t_{i_2}^1$  - активный. Срабатывает  $V(t_{i_2}^1)$ , в результате чего  $\mu(q_{l_{i_1,i_2}}) = \mu(q_I) + \mu(q_M)$ ,  $\mu'(q_I) = \mu(q_I) + \mu(q_M)$ ,  $\mu(p_{K_{i_2}}) = 1$ ;

- при  $(\mu(s) = | (q_{I'_{i_2}}) \& (\mu(q_{I'_{i_2}}) > \mu(q_{I_1}))$ , переход  $t_{i_2}^2$  - активный. Срабатывает  $V(t_{i_2}^2)$ , в результате чего  $\mu(q_{I_{i_1,i_2}}) = \mu(q_{I'_{i_2}})$ ,  $\mu(q_{I_1}) = \mu(q_{I'_{i_2}})$ ;

- при  $(\mu(q_{I_{i_1,i_2}}) > 0) \& (\mu(q_{I_{i_2}}) = 0)$ , переход  $t_{i_2}^3$  - активный. Срабатывает  $V(t_{i_2}^3)$ , в результате чего  $\mu(q_{I_{i_2}}) = \mu(q_{I_{i_1,i_2}}) - \mu(q_{I'_{i_2}})$ ;

в) при  $(\mu(q_{I_{i_1,i_2}}) > 0, \forall i_2 \in \Gamma(i_1)) \& (\mu(q_{I'_{i_1}}) = 0)$ , переход  $t_{\Gamma(i_1)}$  - активный. Срабатывает  $V(t_{\Gamma(i_1)})$ , в результате чего (рис. 2, ж,з,и)

$$\mu(q_{I'_{i_1}}) = \sum_{i_2 \in \Gamma(i_1)} \mu(q_{I_{i_1,i_2}}), \tag{15}$$

$$\mu'(s_{L^{s+1}}) = \mu(s_{L^{s+1}}) \circ | (q_{I'_{i_1}}). \tag{16}$$

По окончании работы ВСП<sub>I</sub> начинает функционировать ВСП<sub>II</sub>. Условием начала ее функционирования является наличие информационного маркера в позиции  $q_{U_0}$ , т.е. информации о напряжении в узле питания  $\mu(q_{U_0}) = \mu(q_U) = U_0$  (13), (2). ВСП<sub>II</sub> является объединением схем (графов) вычислительных блоков и модулей, показанных на рис. 2:

$$\text{ВСП}_{II} = \bigcup_{(i_1, i_2) \in \Gamma} \text{ВСП}_{i_1, i_2}, \tag{17}$$

где ВСП <sub>$i_1, i_2$</sub> ,  $\forall (i_1, i_2) \in \Gamma$  - вычислительный блок ориентированной ветви  $(i_1, i_2) \in \Gamma$ , предназначенный для вычисления напряжения  $U_{i_2}$  и настраиваемого сопротивления  $R_{i_2}$ ; каждый блок ВСП <sub>$i_1, i_2$</sub>  состоит из трех взаимосвязанных вычислительных модулей  $V(t_{i_2}^4)$ ,  $V(t_{i_2}^5)$ ,  $V(t_{i_2}^6)$  переходов, соответственно,  $t_{i_2}^4$ ,  $t_{i_2}^5$ ,  $t_{i_2}^6$  (рис. 4).

В схеме ВСП<sub>II</sub> предусмотрены позиции  $\{q_{R_{i_1, i_2}} | (i_1, i_2) \in \Gamma\}$  для хранения исходных данных:

$$\mu(q_{R_{i_1, i_2}}) = R_{i_1, i_2}, \forall (i_1, i_2) \in \Gamma. \tag{18}$$

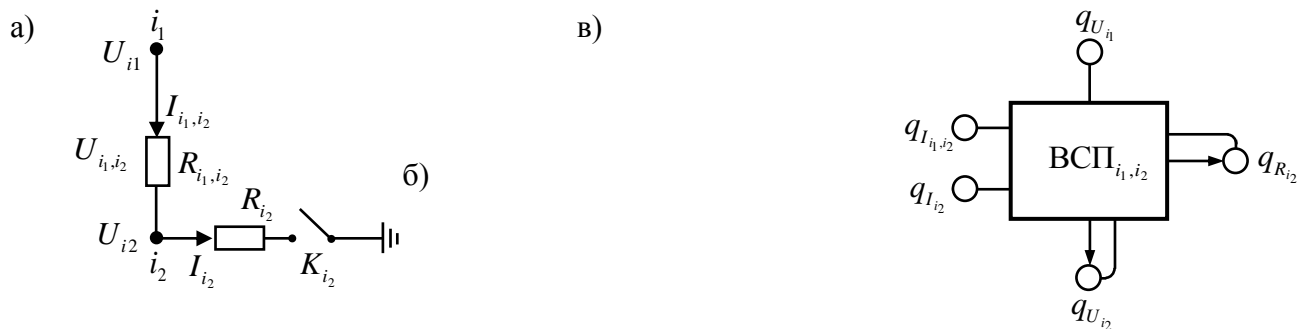
Позиции  $\{q_{I_{i_1, i_2}} | (i_1, i_2) \in \Gamma\}$ ,  $\{q_{I_i} | i \in L \setminus \{0\}\}$ ,  $q_{U_0}$  предназначены для хранения выходной информации ВСП<sub>I</sub> (15), (16), являющейся одновременно входной для ВСП<sub>II</sub>:

$$\mu(q_{I_{i_1, i_2}}) = I_{i_1, i_2}, \forall (i_1, i_2) \in \Gamma; \mu(q_{I_i}) = I_i, \forall i \in L \setminus \{0\}; \mu(q_{U_0}) = U_0. \tag{19}$$

Состояние процесса функционирования ВСП<sub>II</sub> характеризуется состоянием позиций  $\{q_{U_{i_1, i_2}} | (i_1, i_2) \in \Gamma\}$ ,  $\{q_{U_i} | i \in L \setminus \{0\}\}$ ,  $\{q_{R_i} | i \in L \setminus \{0\}\}$ .

При наличии в них информационных маркеров, их состояние:

$$\mu(q_{U_{i_1, i_2}}) = U_{i_1, i_2}, \forall (i_1, i_2) \in \Gamma; \mu(q_{U_i}) = U_i, \forall i \in L \setminus \{0\}; \mu(q_{R_i}) = R_i, \forall i \in L \setminus \{0\}. \tag{20}$$



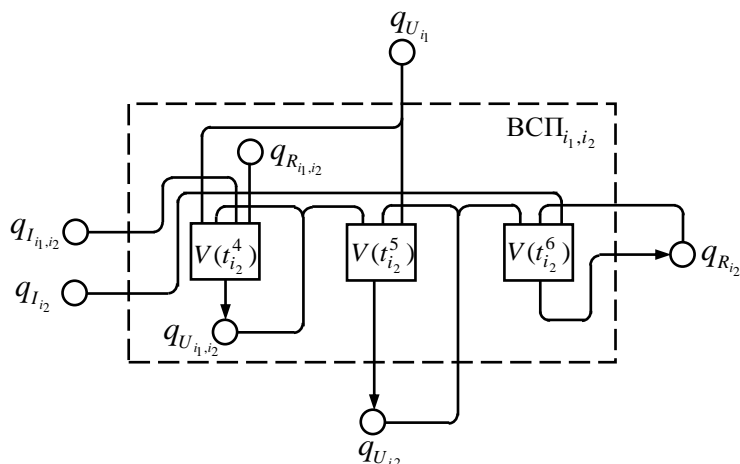


Рис. 4. ВСП ветвей (дуг) графа электрической сети информационных проводов

Вычислительный алгоритм, реализуемый при функционировании ВСП<sub>П</sub>. Позиции, необходимые для хранения информационных маркеров при функционировании ВСП<sub>П</sub>, определены в (20), а в (19) – определена входная информация, поступившая от ВСП. Исходными данными для функционирования ВСП являются состояния позиций из (18). Начальные состояния позиций из (20) – пустые, т.е. в них отсутствуют маркеры.

Вычислительный алгоритм, заложенный в ВСП<sub>П</sub> (17), включает следующие вычислительные процедуры: при  $(\mu(q_{U_{i_1}}) > 0) \& (\mu(q_{U_{i_1,i_2}}) = 0)$ , переход  $t_{i_2}^4$  - активный. Срабатывает  $V(t_{i_2}^4)$ , в результате чего  $\mu(q_{U_{i_1,i_2}}) = \mu(q_{R_{i_1,i_2}}) * \mu(q_{I_{i_1,i_2}})$ ; при  $(\mu(q_{U_{i_1,i_2}}) > 0) \& (\mu(q_{U_{i_2}}) = 0)$ , переход  $t_{i_2}^5$  - активный. Срабатывает  $V(t_{i_2}^5)$ , в результате чего  $\mu(q_{U_{i_2}}) = \mu(q_{U_{i_1}}) - \mu(q_{U_{i_1,i_2}})$ ; при  $(\mu(q_{U_{i_2}}) > 0) \& (\mu(q_{I_{i_2}}) > 0) \& (\mu(q_{R_{i_2}}) = 0)$ , переход  $t_{i_2}^6$  - активный. Срабатывает  $V(t_{i_2}^6)$ , в результате чего  $\mu(q_{R_{i_2}}) = \mu(q_{U_{i_2}}) / \mu(q_{I_{i_2}})$ .

**Заключение.** Таким образом, вычислительные сети Петри использованы для построения самоорганизующихся, многокомпонентных, вычислительных алгоритмов анализа топологии и проектирования системы дистанционной диагностики обрыва провода ВЛРЭС 6-35 кВ.

### Список литературы

1. Асанова С.М. Проектирование системы дистанционной диагностики обрыва провода воздушных линий распределительных электрических сетей 6-35 кВ./ Асанова С.М., Асанов М.С., Сатаркулов К.А. Настоящий сборник.
2. Асанова С.М. Моделирующие возможности вычислительных сетей Петри и их использование в решении задач электроэнергетики / Асанова С.М. // Проблемы управления и автоматики: докл. II межд. конф. Кн. 2. НАН КР – Бишкек: ИАИТ, 2007. – С. 223–227.

УДК 621.91.01:621.919

### ВЫБОР РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ

**Самсонов Владимир Алексеевич**, к.т.н, профессор КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, E-mail: aebrat@mail.ru

*Даниленко Борис Дмитриевич, к.т.н, доцент МГТУ им. М.Э.Баумана. г. Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5, [donilenko@bmstu.ru](mailto:donilenko@bmstu.ru)*

Цель статьи - разработка методики назначения рационального режима резания при протягивании отверстий различного профиля специальными протяжками.

The technique of purpose of a rational mode of cutting is presented at drawing of openings of a various profile. Special stretch.

Как показывает анализ, выбор режима резания при протягивании не всегда отвечает требованиям точности и качества обработанных поверхностей деталей. В связи с этим предложены расчетные зависимости режимов обработки, учитывающие конкретные условия операции протягивания.

**Ключевые слова:** режим резания, скорость резания, подача на зуб, схемы резания, точность обработки, шероховатость поверхности.

### THE CHOICE OF THE MODE OF CUTTING AT DRAWING

*Samsonov Vladimir Alekseevich, к.т.н, professor of KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave.66, E-mail: [aebrat@mail.ru](mailto:aebrat@mail.ru).*

*Danilenko Boris Dmitriyevich, к.т.н, associate professor of MGTU of M. E. Bauman. Moscow, B-5, The 2nd Bauman, 5, [donilenko@bmstu.ru](mailto:donilenko@bmstu.ru)*

Article purpose - development of a technique of purpose of the rational mode of cutting at drawing of openings of various profile special broaches.

The technique of purpose of a rational mode of cutting is presented at drawing of openings of a various profile. Special stretch.

As shows the analysis, the choice of the mode of cutting at drawing not always meets the requirements of accuracy and quality of the processed surfaces of details. In this regard the settlement dependences of the modes of processing considering specific conditions of operation of drawing are offered.

**Keywords:** the cutting mode, cutting speed, giving on tooth, schemes of cutting, the processing accuracy, a surface roughness.

Режим резания при протягивании характеризуется двумя основными параметрами : величиной подачи на зуб  $a_z$  и - скоростью резания  $V$ .

Выбор этих параметров зависит от следующих факторов:

-требуемой шероховатости обработанной поверхности и точности обработки; - свойств обрабатываемого материала; -принятой схемы резания; -допустимого тягового усилия протяжного станка и его мощности; -прочности протяжки; -заданной производительности.

Некоторые из перечисленных факторов в значительной мере зависят от подачи на зуб  $a_z$ , которая заложена в конструкции протяжки. Наиболее распространённые типы протяжек стандартизованы и оптимальные величины подачи на зуб  $a_z$  известны. Рекомендуемые значения  $a_z$  мм для некоторых типов протяжек одинарного резания приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тип протяжки	Обрабатываемый материал			
	Сталь	Чугун	Алюминиевые сплавы	Медные сплавы
Круглые	0,03-0,05	0,03-0,10	0,03-0,05	0,05-0,12
Шпоночные	0,08-0,15	0,08-0,20	0,05-0,08	0,08-0,20
Шлицевые	0,05-0,08	0,06-0,10	0,04-0,10	0,06-0,12

Во всех случаях считается, что  $az_{\min} = 0,02$  мм,  $az_{\max} = 0,3$  мм.

Строго говоря, для имеющегося оборудования и режущего инструмента при назначении режима протягивания определяется только скорость резания  $V$  [1].

Таким образом, установление режима протягивания чаще всего выполняется по двум вариантам:

1. Для имеющейся протяжки определяется рекомендуемая скорость резания, анализируются возможности процесса протягивания на этой скорости с учётом имеющихся ограничений, а после анализа результатов пробных рабочих ходов устанавливается окончательный режим протягивания.

2. При технологической подготовке производства при использовании специальных протяжек для имеющегося оборудования определяется предельно допустимая величина скорости резания, рассчитывается величина  $a_z$  и формируются требования к конструкции инструмента. После изготовления протяжки определяется режим резания по варианту 1.

Предельно допустимая скорость протягивания может быть определена по формуле

$$V = V_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3 K_4 \text{ м/мин} \quad (1)$$

где  $U_{\text{табл}}$  - табличные значения скорости резания (приведены в таблице 2)

Таблица 2

Тип протяжки	Квалитет точности	Шероховатость поверхности $R_a, R_z$ мкм	$V^n$ м/мин при обработке				
			Стали	Чугуна		Медных сплавов	Алюминиевых сплавов
				НВС200	НВ>200		
Круглые, шпоночные, наружные простого профиля	>5	$R_a < 1,25$	7,0	7,5	6,0	7,5	6,0
	7-8	$R_a = 2,5$	10,0	11	8,5	11	8,5
	9	$R_z < 20$	12	13	10	13	10
	>9	$R_z < 40$	14	15	12	15	12
Шлицевые, наружные и внутренние сложного профиля	6	$R_a > 1,25$	6,0	6,5	5	6,5	5
	7	$R_a > 2,5$	8,5	9	7	9	7
	>8	$R_z > 20$	10	11	8,5	11	8,5

$K_1$  - поправочный коэффициент, характеризующий твёрдость обрабатываемой стали

$$K_1 = \frac{1382000}{\text{НВ}^{2,6}}$$

Для обработки чугуна и цветных металлов  $K_1 = 1,0$ ;

$K_2$  - поправочный коэффициент, характеризующий схему резания; для генераторной схемы резания  $K_2 = 1,0$ ; для профильной  $K_2 = 0,8$ ;



$K_3$ -поправочный коэффициент, характеризующий требуемую шероховатость обработанной поверхности, приведён в таблице 3.

Таблица 3.

$R_3$ , мкм	Менее 5,0 до 2,5	Менее 2,5 до 1,25	Менее 1,25
$K_3$	1,2	1,0	0,7

$K_4$ - поправочный коэффициент, характеризующий марку обрабатываемой стали, приведён в таблице 4.

Таблица 4.

Обрабатываемый материал	$K_4$
Углеродистые стали	1,0
Хромистые, хромоникелевые, хромованадиевые стали	0,8
Прочие среднелегированные стали	0,7
Высоколегированные стали, быстрорежущие стали	0,5
Чугун, цветные металлы	1,0

Рекомендуемая подача на зуб  $a_z$  вычисляется по формуле

$$a_z = 0,12 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8, \text{ мм} \quad (2)$$

где  $K_5$ -поправочный коэффициент, учитывающий принятую скорость резания

$K_6$ - поправочный коэффициент, характеризующий форму режущего лезвия протяжки: для прямолинейной формы

$K_6 = 1,0$ ; для сложной криволинейной формы  $K_6 = 0,8$ .

$K_7$ -поправочный коэффициент характеризующий схему резания; для генераторной схемы резания  $K_7 = 1,0$ ; для профильной схемы-  $K_7 = 0,8$

$K_8$  - поправочный коэффициент, характеризующий требуемую шероховатость обработанной поверхности: при  $Ra < 2,5$   $K_8 = 1,0$ ; при  $Ra > 2,5$   $K_8 = 1,3$ .

Для материалов с особыми свойствами (см. таблицу 5) рекомендуется следующая методика выбора режима протягивания. Толщина срезаемого слоя  $a_z$  может быть вычислена по формуле

$$a_z = 0,14 / V^{0,4} \cdot K_M \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_7, \text{ мм} \quad (3)$$

где  $V$ - периметр резания, мм. Значения коэффициентов  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_7$  приведены выше. Значения коэффициента  $K_M$  приведены в таблице 5.

Таблица 5.

Обрабатываемый материал	
Теплоустойчивые, коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные деформируемые стали, высокопрочные стали	1,0
Жаропрочные и жаростойкие деформируемые стали на никелевой основе, жаропрочные литейные сплавы на никелевой основе, сплавы на титановой основе	0,9

Скорость резания определится по формуле

$$V = (0,7 / a_z^{0,65} \cdot V^{0,23}) \cdot K_3 \cdot K_7 \cdot K_{II}, \text{ м/мин} \quad (4)$$

Значения  $K_3$  и  $K_7$  приведены выше.

В том случае, если для труднообрабатываемых материалов используются протяжки, оснащённые твёрдым сплавом, следует использовать поправочный коэффициент  $K_{II}=1,3$ .

В любом случае окончательный вариант режима протягивания устанавливается только после анализа результатов пробных рабочих ходов, и этот окончательный режим может значительно отличаться от вычисленных стартовых параметров режима резания.

Вывод. Предложенная методика позволяет назначить рациональные режимы резания при протягивании спецпро- тяжками на имеющемся оборудовании.

### Литература

1. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: в 2-х т. /А.Д. Локтев и др. -М.: Маши- ностроение, 1991.

УДК 677.022.54

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗРАБОТКИ СНЕГА БУЛЬДОЗЕРОМ С ВЫДВИГАЕМЫМ ОТВАЛОМ

*Башиков И.Т., соискатель, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мура 66, e-mail: bashikov\_inom@mail.ru*

В работе приводятся данные о стенде для экспериментального исследования процесса взаимодействия выдвигаемого отвала бульдозера с снежной массой. Изложена методика проведения экспериментальных исследований снега для различных положений отвала бульдозера. Определена погрешность измерений проводимых в процессе исследований как сумма погрешности измерительных средств и погрешности обработки результатов. Установлено, что разработанный стенд, смонтированный на тензометрической тележке с возможностью изменения угла установки отвала в плане, выноса отвала в сторону, и выдвиганием отвала вперед, позволяет комплексное исследование рабочего органа бульдозера с выдвигаемым отвалом. Определено необходимое количество наблюдений с учетом наличия допустимых погрешностей приборов и измерений.

Целью работы является создание конструкции стенда обеспечивающую стабильную скорость передвижения рабочего органа и высокую точность измерений.

**Ключевые слова:** бульдозер, рабочий орган, датчик, тензорезистор, осциллограф, блоки питания, измерение, погрешность

### METHODS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF DEVELOPMENT OF SNOW BY BULLDOZER WITH RETRACTABLE BLADE

*Bashikov I.T., postgraduate, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov e-mail: bashikov\_inom@mail.ru*

The paper presents data about the stand for experimental research of process of interaction put forward by the dozer blade from the snow mass. The technique of experimental research of snow for various positions of the dozer blade. Determined the accuracy of measurements carried out in the research process as the sum of the error measuring means and the processing errors of the results. It is established that the developed stand, mounted on a strain gauge cart with option of changing the installation angle of the blade in plan, the removal of the

blade to the side, and the forward extension of the blade, allows a comprehensive study of the working body of the bulldozer with a retractable blade. Calculate the number of required observations, subject to the availability of permissible errors of the instrument and measurements.

**The purpose** of this work is the creation of the design of the stand provides a stable speed of movement of the working body and high accuracy of measurements.

**Keywords:** bulldozer, working element, sensor, tensoresistor, oscilloscope, power supplies, measurement, inaccuracy

Для экспериментального изучения процессов взаимодействия рабочего оборудования с выдвижным отвалом со средой (грунтом, снегом) с участием автора создан специальный стенд [6]. Стенд представляет собой набор физических моделей рабочих органов, смонтированные на тензометрической тележке посредством дополнительной рамы с возможностью изменения угла установки отвала в плане, выноса отвала в сторону, и выдвижением отвала вперед, а поступательное движение осуществляется перемещением тензометрической тележки с помощью канатных приводов.

Стенд для изучения процессов копания рабочей среды (рис. 1) имеет грунтовой канал, на котором установлена тензометрическая тележка, передвигающаяся по рельсовому пути. В качестве малосвязанного грунта канал заполнен песком или другими имитирующими материалами. На приводном барабане смонтирован приводной канат. Движение барабана осуществляется от электродвигателя через червячный редуктор и ременную передачу.

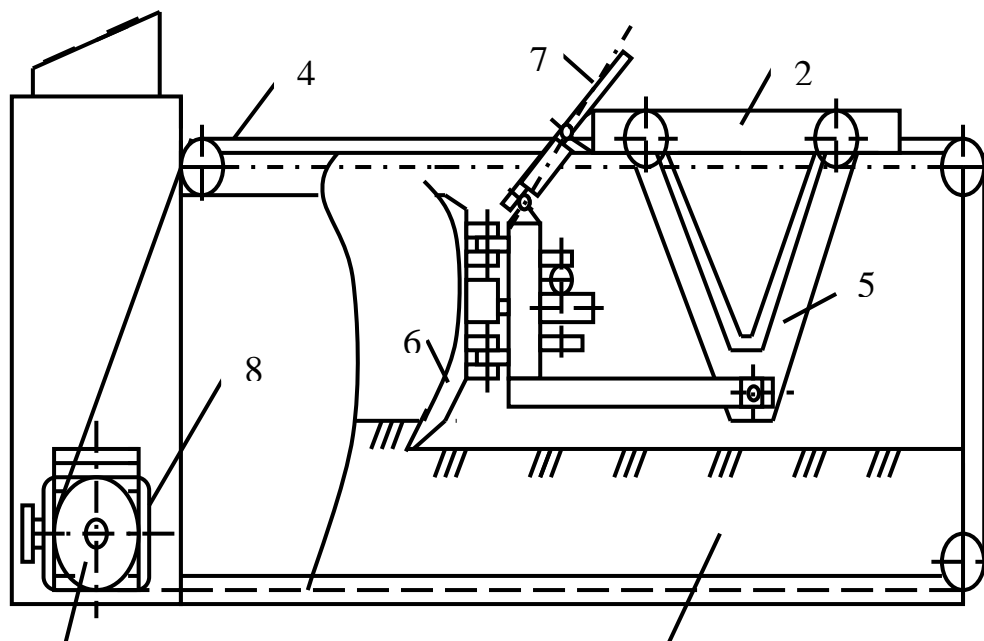
Поверхность грунта разравнивается и прикатывается гладким катком, смонтированным на плавающей оси. На дополнительной раме смонтирована физическая модель рабочего органа с возможностью регулировки глубины копания винтом.

Привод рабочего органа – гидравлический, питаемый от шестеренного насоса, который приводится в движение электродвигателем. Расход потока жидкости регулируется дросселем, а выдвижение отвала производится гидрораспределителем P-75 от пульта управления.

В начале рабочий орган устанавливается в правое крайнее положение, т.е. на правом конце грунтового клапана вместе с тележкой. Далее разравнивается поверхность грунта и с помощью винта отвал рабочего оборудования опускается до определенной глубины (рис. 2). Параметры грунтового канала, в том числе поперечное сечение, приняты из условия исключения влияния боковых стенок лотка на протекаемый процесс [2].

Основное достоинство данного стенда состоит в том, что его конструкция обеспечивает стабильную скорость передвижения рабочего органа, изменяя ее в широких пределах, что обеспечивает высокую точность измерений.

Коэффициент удельного сопротивления резанию  $k$  является обобщенным показателем характеристики снега и широко используется в расчетах строительно-дорожных машин [4]. Экспериментальные исследования для нахождения  $k$  проводились в реальных условиях в зимнее время, когда температура воздуха составляла в пределах -17...-20<sup>0</sup> С. Резание снега проводилось на укатанных участках дороги средней плотностью 0,28 т/м<sup>3</sup>.



1. Стенд для исследования процесса в <sup>1</sup> действии со снегом и рабочим органом бульдозера: 1 – грунтовой канал; 2 – тележка; 3 – барабан; 4 – канат; 5 – рама; 6 – рабочий орган; 7 – винт; 8 - электродвигатель

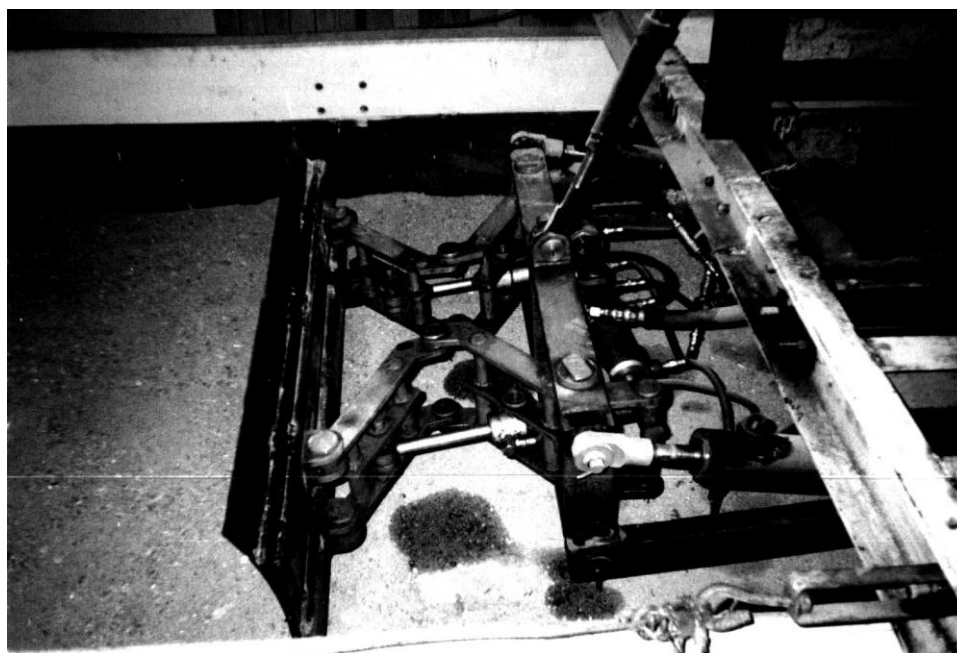


Рис. 2. Рабочий орган бульдозера выдвинут вперед

В качестве рабочего органа принимался плоский нож отвала с длиной 0,5 м и шириной 0,15 м. Запись на осциллограмму проводилась с помощью Г-образного тензозвена, позволяющего разделить касательное и тангенциальное составляющих сопротивления резанию снега [2]. На рис. 3 представлена схема подключения тензодатчиков к измерительным и записывающим приборам. Тензорезисторы с базой 20 мм с сопротивлением 200 Ом (2 ФКПА - 20 - 200 - В ТУ - 25 -

06 - 1382 - 78) приклеились на тензозвено суперцементом. Предварительно они были протарированы при помощи разрывной машины Р - 20. Датчики предохранялись от механических повреждений, влаги и смазочных материалов тонким слоем эпоксидной смолы [5]. Запись информации проводилась шлейфовым осциллографом К 121 и усилителем “Топаз - 1”. Сигналы от тензорезисторов и датчиков через усилитель поступают в осциллограф. Мост сопротивлений служит для регулирования выходного сигнала перед подачей его на гальванометр осциллографа. Питание осциллографа и усилителя осуществлялось через стабилизирующие блоки питания.



Рис. 3.Схема тензометрирования усилия резания снега

Погрешность измерений проводимых в процессе исследований определяется суммарной погрешностью измерительных средств и погрешностью обработки результатов.

Известно, что при установленных погрешностях тензометрической установки, которые не коррелированы или слабо коррелированы, общую погрешность измерительного тракта определяют геометрической суммой [1]:

$$\delta = \sqrt{\delta_f + \delta_o + \delta_r + \delta_g + \delta_m} ,$$

где  $\delta_f$  - погрешность тензометрического усилителя;  $\delta_o$  - погрешность осциллографа;  $\delta_r$  - погрешность магазина сопротивлений;  $\delta_g$  - погрешность используемого гальванометра;  $\delta_m$  - погрешность разрывной машины, при помощи которой производится тарировка.

Отклонение от линейности амплитудной характеристики канала усилителя типа “Топаз” составляет  $\pm 1$  %, изменение усиления каналов на 6 часов работы при постоянной температуре окружающей среды  $\pm 2$  %. Погрешности осциллографа К 121, магазина сопротивлений Р 155 и гальванометра МО 17 с собственной частотой 1200 Гц составляют соответственно  $\pm 10$  %;  $\pm 10$  %;  $\pm 1$  %. Погрешность разрывной машины Р 20 для испытаний бульдозерного оборудования равна  $\pm 2$  %. Подставляя полученные величины в предыдущую формулу получаем  $\delta = 15$  %.

Величину ошибки, получаемого при измерении ординат осциллограммы (погрешность считывания) можно определить как:

$$\delta = \frac{h_o}{\theta_i} 100 \quad , \quad \% \quad ,$$

где  $h_o$  - толщина линии записи;  $\theta_i$  - величина ординаты.

Толщина линии записи по всему полю осциллограммы одинакова и равна 0,5 мм. Минимальная величина ординаты, считываемая с осциллограммы равна 50 мм. Тогда погрешность считывания  $\delta = 1\%$ , а погрешность измерений величин усилий, действующих на тензометрические звенья,  $\delta = 16\%$ .

Необходимое количество наблюдений при условии обеспечения допустимой относительной ошибки определялось из выражений:

$$n \geq \frac{t^2 v^2}{\delta^2} \quad ,$$

где  $t$  - коэффициент нормального распределения, который находится в таблицах в соответствии с выбранной доверительной вероятностью [7], для доверительной вероятности  $p = 0,95$  коэффициент  $t = 1,96$ ;  $v$  - коэффициент вариации

$$v = \frac{\sigma}{m(x)} 100 \quad , \quad \% \quad ,$$

где  $\sigma$  - среднеквадратическое отклонение измеряемой величины;  $m(x)$  - математическое ожидание.

Основываясь на многочисленные эксперименты по строительному и дорожному машиностроению можно принять допустимый коэффициент вариации в пределах 12...17 % с надежностью экспериментальных результатов, равной 0,9. В соответствии с рекомендацией [3] получаем максимальное необходимое количество параллельных (повторных) опытов, равным 3.

#### **Выводы:**

1. Разработанный стенд, смонтированный на тензометрической тележке с возможностью изменения угла установки отвала в плане, выноса отвала в сторону, и выдвижением отвала вперед, позволяет комплексное исследование рабочего органа бульдозера с выдвигаемым отвалом.

2. Определено необходимое количество наблюдений с учетом наличия допустимых погрешностей приборов и измерений.

#### **Список литературы**

1. Дорожно-строительные машины и комплексы / В.И. Баловнев и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 384 с.
2. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами / А.Н. Зеленин – М.: Машиностроение, 1968. – 375 с.
3. Скокан А.И. Планирование экспериментальных исследований в дорожном и строительном машиностроении / А.И. Скокан, М.И. Грифф В.Д. - М.: ЦНИИТОСтроймаш, 1974. – 74 с.
4. Снег: Справочник / Под ред. Д.М. Грея и Д.К. Майла. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 751 с.
5. Тензометрия в машиностроении / Под ред. Р.А.Макарова. - М.: Машиностроение, 1975. – 288 с.

6. Тургумбаев Ж.Ж. Кинематика бульдозерного оборудования с управляемым отвалом/ Ж.Ж. Тургумбаев, Р.А. Кабашев, К. Исаков // Проблемы механизации в региональном строительстве: Труды БПИ. - 1991. - С. 30-31.

7. Хартман К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов/ К. Хартман, Э. Лецкий, В. Жефер. - М.: Мир, 1977. – 552 с.

УДК: 330.111.42 (575.2)

## РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОГО, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО, СТЕКОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВ НА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСТАНА ДО XII В.

*Орузбаева Г.Т., к.т.н., доцент Кыргызского Государственного Технического Университета им. И.Раззакова, gul\_talg@mail.ru*

*Касымова М.Т., д.т.н., профессор Кыргызско-Российского Славянского Университета им. Б. Ельцина, kasymova\_mariam@mail.ru*

**Аннотация.** В настоящей работе изучалось развитие керамического, металлургического и стекольного производств на территории современного Кыргызстана, который следует воспринимать не только как обычное географическое понятие, но и как историко-культурный феномен во всемирной истории и культуре. Цель статьи – выявить особенности формирования и основные тенденции развития керамического, металлургического производств, а также стеклоделия и строительства, проследить их развитие, обобщить научные исследования археологов и историков. Исторический подход к вопросам развития техники позволяет проследить развитие техники и технологии основных производств, связать историю с настоящим и выработать рекомендации на будущее, так как известно, что старые технологические приемы с использованием современной техники получают нередко новое и неожиданное выражение.

**Ключевые слова:** керамическое производство, металлургическое производство, стеклоделие, строительство, обжиг, ангоб, шихта, кирпич.

## DEVELOPMENT OF CERAMIC, METALS, GLASS PRODUCTION IN KYRGYZSTAN TILL XII CENTURE

*Oruzbaeva G.T., PhD (Engineering), Associate Professor at the Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, gul\_talg@mail.ru*

*Kasymova M.T., PhD (Engineering), Professor at the Kyrgyz-Russian Slavic University named after B. Yeltsin, kasymova\_mariam@mail.ru*

**Abstract.** In the present work was studied the development of ceramic, metal and glass industries on the territory of modern Kyrgyzstan, which should be seen not as a mere geographical concept, but also as a historical and cultural phenomenon in world history and culture. Purpose of the article – to reveal features of formation and basic trends of development in ceramic, metallurgical industries, as well as glassmaking and construction, to track their development, to generalize scientific researches of archaeologists and historians. The historical approach to the issues of the development of technics allows tracking the development of technique and technology of basic industries, to connect the history with the present, and to make recommendations for the future, since it is known that the old technological methods with using modern technique often receive new and unexpected expression.

**Keywords:** Ceramic industry, metallurgical industry, glassmaking, building, burning, engobe, blend, brick.

Ранние археологические находки на территории Кыргызстана относятся ко II тысячелетию до нашей эры. На XII в.н.э. приходится расцвет развития производств у древних кыргызов. Об этом свидетельствуют архитектурные сооружения того времени, мосты, дороги, сложные оросительные системы и многие другие достижения, которыми были богаты в древности кыргызы. Начиная с XIII в.н.э. археологические материалы встречаются все реже. Это объясняется нашествием монголов, когда под игом Чингисхана погибли многие ремесла в момент самого высокого его развития [15]. Впоследствии многие производства затем возродились, но не вернулись к своему блистательному этапу X-XII в.в., поэтому в данной работе излагается история развития основных производств, начиная со II тыс. до н.э. и до XII в.н.э., на территории Кыргызстана,

Наиболее массовым и в то же время датирующим материалом является керамика. Выявлено, что керамическая посуда вначале изготавливалась на корзиночной основе, так как плетеные сосуды предшествовали глиняным [17]. Со временем процесс изготовления керамической посуды усовершенствовался и состоял из следующих этапов, которые сохранились до наших дней: размешивание глины, формование изделия, ангобирование, сушка, лощение, орнаментация и обжиг.

Обжиг – процесс, необходимый для превращения рыхлой непрочной глины в твердую камнеобразную массу, неподверженную воздействию воды. Технология обжига прошла длительный и сложный путь. Вначале сосуды обжигались в один этап на костре. К средневековью этот процесс осуществлялся в несколько этапов, который дошел до наших дней. Современные мастера различают три основных периода обжига. Первый период – “чок” (окур), при котором происходит выделение влаги (до 150<sup>0</sup>С). Второй период – “орто жалын”, (средний огонь), при котором из массы изделия удаляется химически связанная вода, и сгорают все органические вещества (600<sup>0</sup>С). Третий период – “катуу жалын”, (взвар), когда изделия приобретают цвет темно-красного каления (до 1000<sup>0</sup>С) [16]. Температуру обжига мастера определяли на глаз по цвету каления обжигаемых предметов и самого пламени. Правильный выбор температуры обжига придавал прочность и долговечность керамическим изделиям.

Установлено, что на ранней стадии производства, высушенные горшки обжигались прямо на земле в куче топлива, покрытого навозом для сохранения тепла [14]. Позднее эту кучу стали окружать невысокой стенкой из глины, что привело к созданию простейшей гончарной печи. В дальнейшем конструкции печей совершенствовались. Остатки гончарных печей были обнаружены по всей территории древних кыргызов: в Чуйской (Александровское и Краснореченское городища), Таласской (Кетмен-Төбө) и Ферганской (Узген) долинах [12].

Печи строились на основе четко разработанных технических принципов. Но их конструкции и формы были разными, как для разных областей, так и для одной области. С древних времен мастера работали над развитием технических свойств печей, важной деталью которых являются размеры и взаимосвязь двух камер – обжигательной и топочной. Дальнейшие поиски улучшения рабочих качеств печей и техники обжига шли по линии усиления теплоизоляции камер, более экономичного использования объема, получения ровного и достаточно сильного теплового потока. При этом большое значение имели количество и размеры продухов и центрального большого отверстия, которым уделяется большое внимание и при устройстве современных печей этого типа. “При правильном выборе соответствующих размеров подовых отверстий легко добиться правильного и притом полного заполнения рабочей камеры топочными газами и минимального расхода тепла” [6]. Это хорошо знали древние керамисты. Часто в



зависимости от характера обжига и необходимой температуры продухи перекрывались в той или иной степени специальными крышками или просто обломками кирпичей или керамики, так же, как это делается в современных камерных печах. Все это свидетельствует о продуманном регулировании температуры и о высоком мастерстве древних гончаров.

Наряду с керамическим производством значительное развитие получило металлургическое производство, охватывающее добычу руды, выплавку металлов и производство изделий из меди, железа и других металлов. Установлено, что горнометаллургическое производство древних кыргызов по уровню техники и масштабам было высокоразвитым и играло важную роль в снабжении металлом Центральной Азии. Рудные богатства гор Ферганы, Семиречья составили хорошую базу для развития местного металлургического производства. Добыча руды осуществлялась в карьерах, штольнях, шахтах с учетом геологических особенностей. При этом разработаны технология их добычи, сортировки, вентиляции, освещения, крепления [9, 18].

Технологический процесс выплавки металлов осуществлялся в следующей последовательности: подготовка шихты, подготовка древесного угля, загрузка шихты и древесного угля, а также флюсов, которые служили для получения легкоплавкого и жидкого шлака. В результате получалась “губчатая масса металла”, которую дробили на небольшие куски и переплавляли для дальнейшей обработки [10].

Выявлено, что вначале выплавка производилась на кострах в глиняных горшках-тиглях. После получения металла горшки разбивались. Позже металл выплавляли в небольших горнах, которые внутри обмазывались глиной. Такие печи были многоразовыми. Со временем высота стен очагов росла, что привело к созданию небольших горнов из камня и глины, к которому подходила наклонная широкая канава или глиняная трубка для возможности спуска металла и удобства обслуживания процесса плавки [8].

В археологических материалах, наряду с керамическими и металлическими изделиями, очень часто встречаются стеклянные изделия, что указывает на местное стеклянное производство. Открытие стекла было связано с обжигом глиняных горшков или плавкой металла (меди и бронзы), что видно по составам древних стекол. Сопоставляя химический анализ стекол, полученный Абдуразаковым А.А. [2], приходим к выводу, что основную массу вещества древних стекол образуют: кремнезем, окиси кальция, магния, натрия, и калия (94-96%). Остальные вещества ( $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $SO_3$ ) играют роль примесей. Из анализа следует, что древние стекла относятся к калиево-натриевым стеклам. Но для древних стеклоделов не существовали калиевые или натриевые стекла. Они могли различать их по составу шихты и по сорту применявшейся золы, которая накладывала отпечаток на минеральный состав шихты, так как зола представляет собой минеральную, негорючую часть тех веществ, которые накапливали в себе растения из почвы. Таким образом, между почвой и стеклом существует тесная связь.

Стеклоделие начинается с подготовки шихты. Согласно письменным источникам [7], стеклоделы изготавливали стекло из золы и песка из определенных мест, содержащего естественную примесь карбоната кальция, при этом золы было в три раза больше, чем песка. Подражая камням-самоцветам, древние ремесленники вырабатывали стекла разных цветов. Окраска достигалась введением окислов металлов, их солей, а также режимом варки стекла.

Варку проводили в два приема. Сначала при легком нагреве получали частичное остекление шихты и появление пены (хальмозы), в состав которой входят сульфатные и хлористые соли. После охлаждения смеси пену механически отделяли от стеклообразного вещества, которое засыпали в тигель и при более сильном нагреве доводили до полного превращения в жидкое стекло [1]. Варку и плавку стекла производили в стекловаренной

печи. Отжигательная печь предназначалась для отжига стекла, а правильная – для расправления и разглаживания стекла. Их делали из камней и глины [11].

Немало памятников зодчества сохранил Кыргызстан. Ведущая роль в строительстве принадлежала лессовым материалам – сырцовому кирпичу и пахсе, из которых нередко выполнялись все конструкции здания: основание, стены и покрытие. Изготовление кирпича является одним из старейших видов ремесла; оно было известно большинству народов древнего мира, но мало где оно достигло такого развития [4]. Высушенный на солнце кирпич был основным строительным материалом. И в наши дни дома строятся из таких же кирпичей, какие употреблялись шесть тысяч лет тому назад. Жженный кирпич, не вытесняя окончательно сырца, получает свое распространение с XI-XII вв. Камень употреблялся в основном в фундаментах и не повлиял на кыргызское зодчество, исключая караван-сарай Таш-Рабат [13].

Земляное тесто, как и кирпич, содержал примесь самана, и являлся самым ранним видом кладочного раствора и устойчиво прошел века, скрепляя вначале кладку из сырцового кирпича, а затем жженого. В пределах Кыргызстана, который отличается высокими летними температурами и значительной сухостью воздуха, применялись и гипсовые вяжущие вещества, повышающие с высушиванием прочность [3]. Особенно важно его свойство вновь возобновлять устойчивую структуру после разрушения. Это имеет большое значение для сейсмических районов Кыргызстана.

Строители хорошо знали различные свойства пород, их устойчивость к природным явлениям. Поэтому старые зодчие использовали антисейсмические конструкции и при возведении фундамента, стен и колонн, такие как «камышовые подушки», кладка квадратными кирпичами, комбинированная кладка, применение деревянных колонн, которые обрабатывались по модулю [5].

Техника рассматриваемого периода кладет фундамент всей последующей эволюции техники, конструкции которых развиваются на основе традиций, выработанных еще в древности. Ряд приемов древности остаются вплоть до XX в. Таким образом, в данной работе проведено комплексное историко-техническое исследование, обобщены и систематизированы научные исследования археологов и историков, реконструированы технологии основных производств древних кыргызов со II тыс. до н.э. до XII века.

### Список литературы

1. Абдуразаков А.А. Средневековые стекла Средней Азии / А.А. Абдуразаков, М.А. Безбородов - Ташкент, 1966
2. Абдуразаков А.А. Химическое исследование средневековых стекол/ А.А. Абдуразаков, М.А. Безбородов // Узбекский химический журнал. – 1962. – №3. – С. 14-17.
3. Бачинский Н.М. Антисейсмика в архитектурных памятниках Средней Азии / Н.М. Бачинский - М.- 1949
4. Дудеров Г.Н. Практикум по технологии керамики и огнеупоров / Г.Н. Дудеров.- М., 1953
5. Каримов У.И. Неизвестное сочинение ар-Рази “Книга тайны тайн”/ У.И. Каримов.- Ташкент, 1957
6. Массон М. Е. Из результатов поездки в долину Таласа для выяснения истории горной промышленности / М. Е. Массон -Ташкент, 1930
7. Массон М.Е. К истории добычи меди в Средней Азии в связи с прошлым Алмалыка/ М.Е. Массон– М-Л.: 1936
8. Пещерева Е.М. Гончарное производство Средней Азии / Е.М. Пещерева– М-Л.: 1959

9. По следам памятников истории и культуры Кыргызстана ( ред. В.М. Массон). – Фрунзе, 1982
10. Рахимов М.К. Художественная керамика Узбекистана / М.К. Рахимов. – Ташкент, 1961
11. Сайко Э.В. История технологии керамического ремесла Средней Азии VII-XII вв./ Э.В. Сайко.– Душанбе, 1966
12. Сургай В.Т. К истории горного промысла в Киргизии / В.Т. Сургай.– Ф.: 1951
13. Пантусов Н. Таш-Рабат / Пантусов Н. // Известия археологической комиссии. – 1902. – вып.. 4. – С. 24-26.
14. Орузбаева Г.Т. Гончарные печи древних кыргызов / Орузбаева Г.Т. // Вестник КГУ. – 2002. – №5. – С. 69-74.
15. Бернштам А. Строительные приемы древних зодчих и использование их опыта в современной практике/ Бернштам А. // Труды АН Кирг. ССР. – 1943. – в.1. – С. 140-143.
16. Бачинский Н.М. Исследование и освоение материалов и методов старых среднеазиатских зодчих / Бачинский Н.М. // Доклады АН СССР. Новая серия. – 1941. – т. II, №3. – С. 14-16.
17. Кененсариев К.С. Развитие металлургии и металлообработки у древних кыргызов. / Кененсариев К.С. и др. //Наука и новые технологи – 2000. – №5. – С.120-124.
18. Стеклоделие у древних кыргызов. / Ормонбеков Т.О. и др. // Материалы юбилейной научной конференции ТТИ. Бишкек. – 2002. – С. 32-38.

## **ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ БЫТОВОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ Г. БИШКЕК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

*Асанов А.К. старший преподаватель, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, E-mail: asanov\_ak@mail.ru*

На основе статистического обследования данных оплаченных квитанций построена обобщенная гистограмма бытового электропотребления по селитебным районам и частным секторам г. Бишкек.

On the basis of statistical inspection of these paid receipts the generalized histogram of a household power consumption on selitebny areas and the private sectors Bishkek is constructed.

**Цель работы.** Для повышения качества принимаемых решений в тарифной политике и обеспечения качества электроэнергии первостепенное значение имеет максимально точное определение структуры совокупности абонентов и их распределения по диапазонам электропотребления. На основе вероятно-статистических расчетов выявлен закон распределения бытового электропотребления г. Бишкек.

**Ключевые слова:** бытовое электропотребление, статистические данные, выборка, селитебный район, частный сектор, гистограмма.

## **BASIC LAWS OF HOUSEHOLD electricity consumption Bishkek Kyrgyz Republic**

*Senior Lecturer Asanov A.K. Kyrgyz State Technical University. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira 66 E-mail: . asanov\_ak@mail.ru*

**Objective.** To improve the quality of decisions in tariff Politi-ke and to ensure power quality is of paramount importance the most accurate determination of the structure combined

subscribers and their distribution RANGES us electricity. On the basis of likely-statistical calculations revealed the law of distribution of domestic power consumption, Bishkek.

**Keywords:** household electricity consumption, the statistics, the choice of a minute, a residential area, the private sector, the histogram.

**Введение.** Исследование коммунально-бытового электропотребления имеет два основных направления. Первое связано с задачами определения электрических нагрузок в линиях 0,4/6/10 кВ систем электроснабжения при проектировании и реконструкции, а также анализе режимов работы потребителей в действующих системах электроснабжения. На стадии проектирования расчетные нагрузки для жилых и общественных зданий и объектов коммунального хозяйства определяются по методикам [1]. Но существующие методики не учитывают в структуре бытового электропотребления доли нелинейных потребителей, которые влияют на электромагнитную совместимость электроприемников и сети [2]. Это требует необходимости учета доли нелинейных нагрузок в формировании расчетных нагрузок.

Второе направление связано с исследованием, анализом и моделированием потребления электроэнергии бытовыми потребителями или их группами (частный дом, жилой многоквартирный дом, район города, районная электросеть (РЭС) распределительной электрокомпании (РЭК), РЭК энергосистемы) за некоторые интервалы времени. Эти исследования выполняются для выяснения структуры совокупности абонентов и их распределения по диапазонам электропотребления. Интерес к ним повысился в последние годы для формирования тарифов на электроэнергию для населения в условиях дефицита мощности.

В таких условиях, выделение в структуре потребителей электроэнергии энергосистемы бытовых потребителей позволяет повысить качество принимаемых решений в обеспечении качества электроэнергетики в тарифной политике.

В связи с этим вытекает необходимость определения закона распределения бытового электропотребления. При нахождении закона распределения бытового электропотребления определяется процент абонентов, потребляющих электроэнергию в пределах того или иного диапазона. Закон распределения бытового электропотребления зависит от региона (широты местности), структуры населенных пунктов (город, село), вида отопления (газовое, печное, электрическое) и др.

**Обработка статистических данных по выявлению годового электропотребления жилыми домами г. Бишкек.** Обработка и анализ данных переписи населения и жилищного фонда Кыргызской Республики за 2009 год [3] выявили по г. Бишкек следующие достоверные данные:

Используемая территория города Бишкек составляет 169,6 кв. км. Город делится на 4 административно-территориальных района: Ленинский, Октябрьский, Первомайский и Свердловский.

Общая численность населения г. Бишкек на 24 марта 2009 года составила 865,5 тыс. человек (с учетом населения села Чон-Арык). Согласно данным статистики, среднегодовой рост населения с 1999 по 2009 год составил 0,9% по г. Бишкек.

Основные сведения по г. Бишкек (без учета населения села Чон-Арык): число частных домохозяйств; проживающие в них члены; средний размер домохозяйств по районами по отдельным местным территориальным управлениям (МТУ), где в размере домохозяйства проживают минимальное и максимальное количество человек приведены в таблице 1.

Расчет и анализ данных [3, 4], выявили среднестатистические результаты электропотребления по районам и в целом по городу (табл. 1). Где, годовое потребление

электроэнергии домохозяйствами г. Бишкек за 2011 год в расчёте на одного жителя составляет в среднем 1721 кВт\*ч. Но этот показатель можно считать условным, так как фактическое число проживающих в городе превышает более 1 млн. человек.

Таблица 1. Результаты анализа данных жилого фонда и электропотребления г. Бишкек

Территориальное деление	Число домохозяйств в / %	В них членов домохозяйств, человек	Средний размер домохозяйства, человек	Полезный отпуск ЭЭ (без учета потерь)		
				За 2011 г. [4]		Среднегодовой (расчетные показатели)
				тыс. МВт*ч/ %	кВт*ч/дом	
<b>г. Бишкек</b>	<b>228657/ 100</b>	<b>828 149</b>	<b>3,6</b>	<b>1416,7/ 100</b>	<b>6195,6</b>	<b>1721</b>
<b>Ленинский район</b>	<b>58152/ 25,5</b>	<b>210 245</b>	<b>3,6</b>	<b>408,0/28,8</b>	<b>7016</b>	<b>1948</b>
МТУ №3	7839/3,4	38640	4,9	-	-	-
МТУ №5	15224/6,7	40881	2,7	-	-	-
<b>Октябрьский район</b>	<b>64149/ 28</b>	<b>238052</b>	<b>3,7</b>	<b>327,3/ 23,1</b>	<b>5102</b>	<b>1378</b>
МТУ №6	9663/4,2	43832	4,5	-	-	-
МТУ №8	16259/7,1	48955	3,0	-	-	-
<b>Первомайский район</b>	<b>49335/ 21,5</b>	<b>168308</b>	<b>3,4</b>	<b>321,6/22,7</b>	<b>6518</b>	<b>1916</b>
МТУ №12	17640/7,7	47721	2,7	-	-	-
МТУ №16	6036/2,6	26876	4,5	-	-	-
<b>Свердловский район</b>	<b>57021/ 25</b>	<b>211544</b>	<b>3,7</b>	<b>359,8/25,4</b>	<b>6311</b>	<b>1705</b>
МТУ №20	13187/5,8	46541	3,5	-	-	-
МТУ №21	5892/2,6	25175	4,3	-	-	-

**Сбор данных по электропотреблению и определение среднемесячного электропотребления жилых домов г. Бишкек.** Исследования бытового электропотребления проводились на основе сбора и обработки статистических данных. Выполнялась случайная выборка: для каждого абонента из оплаченных квитанций записывались показания электропотребления за сентябрь и декабрь месяцы 2011 года.

Для повышения представительности выборки бытовое потребление сегментировалось: отдельно собирались данные по потреблению в селитебном и частном секторе районов, по квартирам и частным домам. Кроме того, обследование проводилось на различных территориях города, по некоторым микрорайонам (мкр.) и жилым массивам (ж/м). Где, в выборке участвовало по 50 абонентов по каждому из территориальной выборки (табл. 2).

Объем выборки  $N$  составил 550 абонентов, из них: селитебного района - 300 абонентов, частного сектора - 250 абонентов.

Объем выборки соответствует величине вероятности  $P=0,92$  при допустимой ошибке  $\varepsilon=0,05[5]$ .

Табл. 2. Представительность выборки электропотребления по различным территориям г. Бишкек.

Селитебный район			Частный сектор		
Территория города	Электропотребление, кВт*ч/мес		Территория города	Электропотребление, кВт*ч/мес	
	сентябрь	декабрь		сентябрь	декабрь
ж/дома по пр. Мира	20÷313	45÷521	ж/мБакай-Ата	86÷960	281÷3411
мкр. Джал	71÷332	62÷686	район Карагач.рощи	31÷818	100÷2950
6 – мкр.	19÷247	44÷690	ж/м Токолдош	65÷1057	173÷3291
9 – мкр.	17÷288	32÷689	ж/м Ак-Орго	89÷1163	250÷3244
10 – мкр.	45÷244	50÷680	ж/м Ала-Тоо	57÷703	196÷3273
мкр. Кок-Жар	40÷348	60÷349	-	-	-

<i>мин/мах</i>	<b>17÷348</b>	<b>32÷690</b>	<i>мин/мах</i>	<b>31÷1163</b>	<b>100÷3411</b>
Отобранная выборка	<b>292</b>	<b>286</b>	Отобранная выборка	<b>243</b>	<b>241</b>
<i>Примечание:</i> из выборки исключались некоторые абоненты, электропотребление которых могло считаться аномальным для данной выборки. Проверка элемента выборки на аномальность производилась в соответствии с [6].					

**Закон распределения электропотребления.** Для характеристики закона распределения электропотребления абонентов были использованы статистические расчеты, где используются четыре момента. Они характеризуют форму кривой: ее центр, степень рассеивания от центра, ее асимметрию («скошенность») и «крутость» (островершинность или плосковершинность).

Центр распределения характеризуется математическим ожиданием  $P_x$ , степень рассеивания - среднеквадратическим отклонением, асимметрия и «крутость», соответственно, коэффициентами асимметрии  $S_k$  и эксцесса  $E_x$ , получаемыми на основе третьего и четвертого центральных моментов, причем для нормального распределения эти коэффициенты равны нулю. Если абсцисса вершины исследуемого распределения меньше, чем математическое ожидание, то коэффициент асимметрии положителен. Кривые, более островершинные, чем кривая нормального распределения при том же рассеивании, имеют положительный коэффициент эксцесса. Вычисления оценок моментов распределения для случайных выборок производились согласно [7] по формулам:

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}, \quad (1)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - P_x)^2}{N-1}}, \quad (2)$$

$$S_k = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - P_x)^3}{N\sigma_x^3}, \quad (3)$$

$$E_x = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - P_x)^4}{N\sigma_x^4} - 3, \quad (4)$$

где  $P_x$  - оценка математического ожидания;

$\sigma_x$  - оценка среднеквадратического отклонения;

$S_k$  - оценка асимметрии;

$E_x$  - оценка эксцесса;

$x_i$  - значение анализируемой случайной величины для  $i$ -го абонента;

$N$  - количество абонентов в случайной выборке.

На основании статистических данных, полученных в ходе выборки, по формулам (1) - (4) определены значения оценок статистических моментов электропотребления. Результаты вычислений показаны в гистограммах (рис. 1, 2) и сведены в табл. 3. Ширина ее интервала  $dW$  рассчитана по правилу Стэрджеса [7]:

$$dW = \frac{W_{max} - W_{min}}{1 + 3,322 \lg N}, \quad (5)$$

где (напр. из табл. 2),  $W_{max} = 348$  кВт\*ч/мес,  $W_{min} = 17$  кВт\*ч/мес - соответственно, максимальное и минимальное значения исследуемой величины, зафиксированные в ходе выполнения выборки;

$N$  - объем выборки,  $N = 292$ ,

и после округления в большую сторону составила 40 кВт\*ч/мес (рис. 1, а).

Вероятность попадания  $p_i$  случайной величины  $x$  в интервал  $i$  приближенно можно вычислить [7]:

$$p_i = \frac{m_i}{N},$$

где  $m_i$  - число раз, которое случайная величина  $x$  наблюдается в границах  $i$ -го интервала;

$N$  – объем случайной выборки.

Ординаты столбцов гистограммы равны отношению  $p_i/dW$  вероятности попадания электропотребления абонентов в  $i$  - й интервал к величине этого интервала. Гистограмма графически отражает статистический ряд распределения.

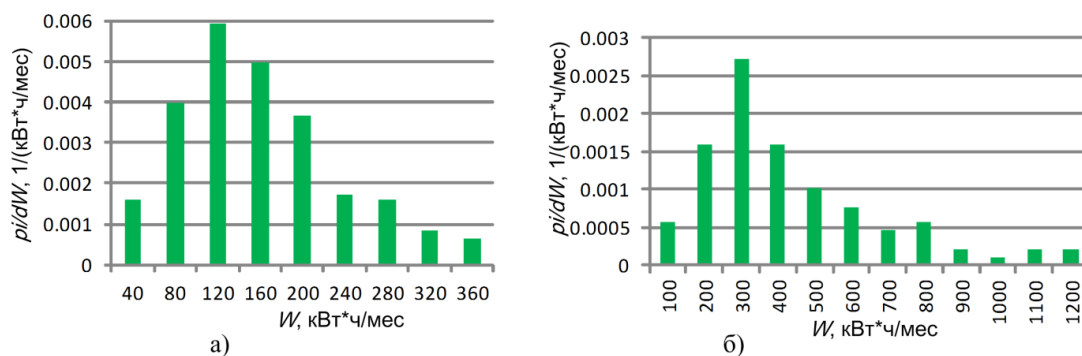


Рис. 1. Гистограмма распределения бытового электропотребления г. Бишкек, в летнее время: а – селитебный район; б – частный сектор

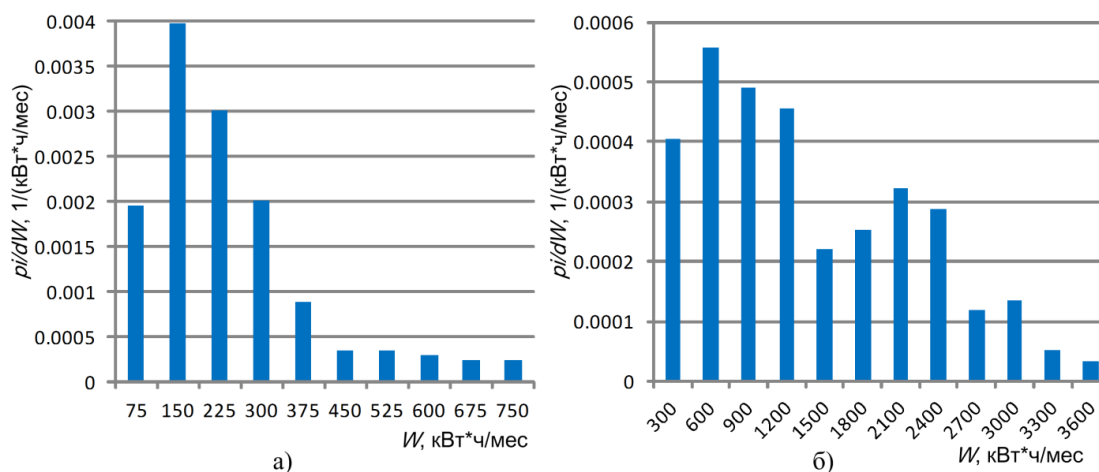


Рис. 2. Гистограмма распределения бытового электропотребления г. Бишкек, в зимнее время: а – селитебный район; б – частный сектор

Табл. 3. Результаты вычислений статистических моментов электропотребления

Количество абонентов	Время года	$P_x$ , кВт*ч/мес	$\sigma_x$ , кВт*ч/мес	$S_k$	$E_x$
<i>селитебный район</i>					
292	Лето*	140,0	74,2	0,67	-0,1
286	Зима	205,4	145,0	1,5	2,08
<i>частный сектор</i>					
243	Лето*	385,2	250,4	1,26	1,3
241	Зима	1231,0	845,5	0,66	-0,45

Применяемость полученных результатов таблицы 3 можно оценить из регрессионного анализа [8]. Из этого анализа можно выделить четыре зоны электропотребления по отношению к температуре наружного воздуха:

- летний период (сезон без отопления) (с мая по сентябрь)\*. Электропотребление практически не зависит от температуры наружного воздуха;

- зимний период (отопительный сезон 1) (декабрь, январь, февраль). Устойчивое и сильно зависимое электропотребление от температуры наружного воздуха. Среднемесячная температура ниже 0 °С;

- переходный первый период (отопительный сезон 2) (ноябрь, март). Снижение температуры ниже +8 °С электропотребление существенно возрастает, т.е. каждый градус снижения температуры сопровождается все большим приростом электропотребления. Коэффициент влияния температуры находится в диапазоне от 1,0 до 3,0 %/°С. Население использует всевозможные виды электронагревателей, в особенности частный сектор.

- переходный второй период (сезонное потепление и/или похолодание) (апрель, октябрь). Снижение температуры ниже +10 °С влияние температуры на электропотребление резко возрастает. Наблюдается колеблющееся электропотребление в зависимости от перепадов температуры наружного воздуха.

Из вышесказанного следует, что результаты расчетов можно расценивать как среднее электропотребление, приходящееся на одного абонента в летний\* и зимний периоды.

### **Заключение**

1. Исследования жилищного фонда и бытового электропотребления по г. Бишкек, выявили следующие статистические достоверные результаты:

- средний размер семьи составляет от 2,7 до 4,9 человек в зависимости от района проживания и проживания в частном доме или квартиры;

- электропотребление на одного жителя в среднем за год составляет 1720 кВт\*ч.

2. На основании данных выборки получены гистограммы распределения бытового электропотребления по г. Бишкек. С его помощью можно определить количество бытовых абонентов в относительных единицах, расходующих электроэнергию в пределах любого выбираемого диапазона электропотребления.

### **Литература**

1. СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий». М., ФГУ ЦПП, 2004.

2. Электромагнитная совместимость систем электроснабжения и электроприемников жилых и общественных зданий. / Асанов А.К. и др. // Энергосбережение - теория и практика: труды Шестой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. - М.: Изд. дом МЭИ. - 2012. - С. 279 – 283.

3. Данные переписи населения и жилищного фонда Кыргызской Республики за 2009 год. Книга III. Регионы Кыргызстана

4. Данные ОАО «Северэлектро» за 2011 г., Кыргызстан.

5. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский – М.: Наука, 1971

6. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие / Е. Н. Львовский. - М.: Высшая школа, 1982

7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. - М.: Высшая школа, 2001

8. Асанов А.К. Современное состояние и основные направления развития электрических сетей г. Бишкек. / А.К. Асанов, М.А. Суеркулов Ч.Т. Эсеналиева // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2012. – №4. – С. 47 – 52.



УДК 656.13.05

## СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

*Абакиров Суран Абакирович, к.т.н., профессор КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: saabakirov.47@mail.ru*

В статье рассматриваются вопросы формирования безопасных стереотипов поведения водителей на дороге. Подробно рассмотрены социальные аспекты нарушений правил дорожного движения и мероприятия по профилактике нарушений водителей.

**Ключевые слова:** безопасность стереотипов поведения водителя в различных дорожно-транспортных ситуациях, профилактика нарушений дорожного движения водителями, структура правил дорожного движения.

## SOCIAL ASPECTS OF ROAD SAFETY

*Abakirov Suran Abakirovich, Ph.D., professor of KSTU . I.Razzakova. Kyrgyzstan, 720044 Bishkek , pr . Mira 66, e-mail: saabakirov.47@mail.ru*

In article questions of formation of safe stereotypes of behavior of drivers on road are considered. Social aspects of infringements of rules of traffic and actions for preventive maintenance of infringements of drivers are in detail considered.

**Keywords:** safety of the driver behavior patterns in different traffic situations, prevention of traffic violations by drivers , structure, rules of the road .

Формирование безопасных стереотипов поведения водителя в различных дорожно-транспортных ситуациях - одно из наиболее перспективных направлений снижения дорожно-транспортных происшествий. Независимо от совершенства автомобиля и дороги безопасность подвижного состава будет зависеть в конечном счете от того, как будет вести себя конкретный водитель в конкретной дорожно-транспортной ситуации.

Известно, что контроль за поведением водителя на дороге осуществляется работниками ГАИ, дорожного надзора. На это затрачиваются немалые средства, однако до сих пор эффективность этого подхода мала.

Одной из программ, реализуемых ГАИ республики в рамках линейного контроля, является профилактика нарушений правил дорожного движения водителями. Программа ГАИ республики состоит из трех компонентов.

- наблюдения за ошибками поведения водителя на дорогах;
- изменения ошибочного поведения водителя;
- оценка эффективности проводимых в рамках линейного контроля мероприятий.

При анализе причин нарушений правил дорожного движения и разработке мероприятий по их устранению мало внимания уделяется социально - психологическим факторам, в особенности отношениям водителей к системе дорожного надзора, к правилам дорожного движения, так как именно нарушения водителей являются причиной наиболее серьезных дорожно-транспортных происшествий.

В настоящее время единственный пункт ПДД, для которого относительно точно можно определить количество дорожно-транспортных происшествий, является - пункт, запрещающий управлять. В отношении других пунктов правил дорожного движения подсчитать корреляционные зависимости между нарушением и ДТП вследствие этих

нарушений практически невозможно.

Рекомендации и мероприятия основанные на данных официальной статистики ДТП и ПДД имеют ряд существенных недостатков:

- использование в практике ГАИ лишь ограниченного набора контролируемых нарушений правил дорожного движения;

- отсутствие четкой классификации ДТП и нарушений ПДД имеющих общие категории.

Построение классификации дорожно-транспортных происшествий и нарушений правил дорожного движения должно стать ситуационными принципами;

- очень мал процент выявленных нарушений ПДД от фактически совершаемых;

- практика выявления нарушений ПДД в местах наиболее частого совершения их;

Все эти недостатки должны быть учтены ГАИ при создании новой системы линейного контроля. Основываясь на ситуационной классификации нарушений ПДД и ДТП в ГАИ сможет точно определить корреляционные связи на различных уровнях: на уровне АТП, ОсОО, транспортного управления, Министерства транспорта и коммуникаций, а также на уровне водителей и участников маршрутов.

Эти данные позволяют значительно повысить уровень обоснованности мероприятий по профилактике нарушений ПДД.

Пренебрежительное отношение к нормам и правилам дорожного движения проявляется общественностью различным образом:

- нарушитель правил дорожного движения рассматривается другими как жертва переусердствования инспектора ГАИ;

- водитель оценивает наказание как неприятность, которую можно было бы избежать;

- многие водители не считают, что соблюдение ПДД уберезет их от ДТП;

- нарушения правил дорожного движения - явления массового характера, и его нарушитель не рассматривается другими как перешедший в другую социальную группу.

Можно выделить три причины социального характера, объясняющие такой статус правил дорожного движения.

1. Причины, связанные со структурой правил дорожного надзора, неопределенность и неполнота некоторых пунктов ПДД; неадекватность системы наказаний за нарушения ПДД; превышение служебных полномочий к некорректность работников ГАИ.

2. Условия общения на дороге; анонимность водителей на дороге, которая способствует более агрессивному поведению людей, чем при обычном общении.

3. Влияние социально-психологического климата.

Каждый из нас является членом той или иной социальной группы или коллектива.

Любая группа, существующая продолжительное время, создает свою систему норм, которая разделяется большинством членов этой группы. Можно выделить такие массовые группы как «водитель-профессионал», «водитель-любитель», каждая из которых имеет свои неформальные нормы и свою «культуру».

Личность не только включает в себя некоторую совокупность норм и ценностей группы, но и имеет ряд отличительных особенностей в виде социальных, психологических, физиологических и других характеристик.

Аварийность связана с таким личностными чертами, водителей как общая активность, уровень самоконтроля, властолюбие, общительность, эмоциональная стабильность, образованность, социальная обеспеченность и т.д. Если учесть, что только выявленных по республике нарушений правил движения за год составляет около 200 тыс., то проблема эффективности соответствующих мероприятий становится первоочередной. Известно, что эффективность мероприятий наказывающего характера, таких как штрафы, лишение прав за управление автомобилем, практически нулевая с точки зрения исправления поведения водителя.

Необходимы другие меры воспитательного характера, эффективность которых была бы намного больше. Однако мероприятия воспитательного характера, применяемые в ГАИ, ведутся неупорядоченно и не имеет под собой научной основы. Главная цель мероприятий воспитательного характера - это сделать поведение большинства водителей на дороге максимально безопасным в каждой дорожно-транспортной ситуации. Но для этого необходимо знать, из каких компонентов состоит модель безопасного поведения водителей.

Построение полной модели безопасного поведения водителей - задача весьма трудная. Однако без такой модели все попытки изменить поведение водителя затруднены.

Одной из составных частей такой модели являются нарушения ПДД построенные на основе ситуационного представления дорожного движения, с точно определенной связью пунктов правил дорожного движения с ДТП.

Процесс формирования стереотипов поведения водителей в различных дорожно-транспортных ситуациях можно представить в следующем виде на (рис. 1.).

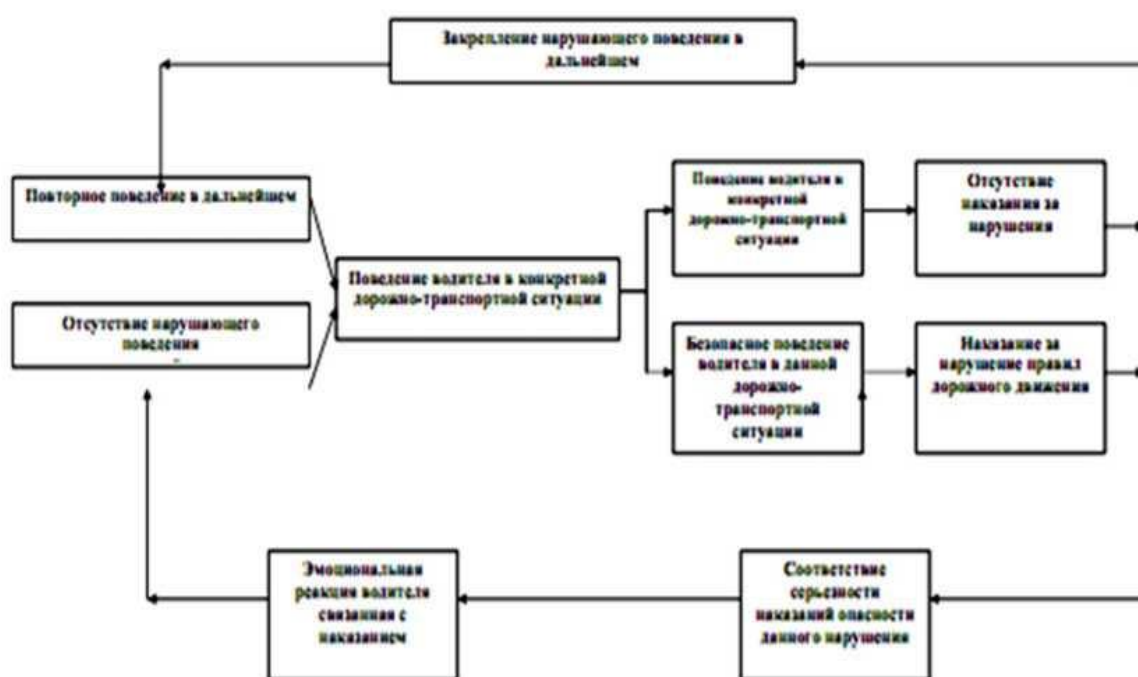


Рис. 1. Процесс формирования стереотипов поведения водителей в дорожно-транспортных ситуациях

Поведение Водителя в дорожно-транспортных ситуациях может быть нарушающим либо безопасным. После ДТП большинство ошибок поведения водителя закрепляется, если не была наказания если же в результате нарушающего поведения водителя ему будет назначено наказание, то ошибка не закрепится. Но если наказание слишком строгое или мягкое, оно не будет иметь воздействия на дальнейшее поведение водителя. Резкость будет вызывать чувство несправедливости, снисходительность-неуважение ко всей системе дорожного надзора. Только в случае, когда водитель оценивает наказание как справедливое, обратная связь с его последующим поведением будет налажена. В статье рассматриваются вопросы формирования безопасных стереотипов поведения водителей на дороге. Подробно рассмотрены социальные аспекты нарушений правил дорожного движения и мероприятий по профилактике нарушающего поведения водителей.

УДК.:621.314.1:621.311

## МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТОКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

*Иманакунова Ж.С. КГТУ им.И. Раззакова. к.т.н.,доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: jeniks.73@mail.ru*

*Сатаркулов К.А. КГТУ им.И. Раззакова. к.т.н.,доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: satarkulov46k@mail.ru*

*Абылгазиев Ж.С. ОАО «Северэлектро», Кыргызстан, 722160 с.Лебединовка, ул.Чкалова 3, e-mail: jas0585@mail.ru*

Цель статьи – проведение краткого анализа существующих измерительных трансформаторов, а также описание конструкции разработанного многофункционального преобразователя тока (МПТ), которая имеет вращающиеся магнитное поле и анализ экспериментальных данных испытания МПТ. Предлагается контролировать режим работы распределительных сетей с помощью МПТ.

**Ключевые слова:** ток нулевой последовательности, измерительный трансформатор тока нулевой последовательности, вращающееся магнитное поле, цилиндрический сердечник, группа обмоток, устройство контроля режима.

## THE DESCRIPTION OF A DESIGN AND RESULTS OF TEST OF THE OPERATING MODEL OF THE MULTIPURPOSE CONVERTER OF CURRENT OF THE MODE OF AN ELECTRIC NETWORK INTENDED FOR CONTROL IS PROVIDED

*Imanakunova Zh.S. PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, e-mail: jeniks.73@mail.ru*

*Satarkulov K.A. PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, e-mail: satarkulov46k@mail.ru*

*Abylgazyev Zh.S. OJSC Severelektro, Kyrgyzstan, 722160, village of Lebedinovka, Chkalov St. 3, e-mail: jas0585@mail.ru*

The purpose of the article - A brief analysis of current instrument transformers, as well as the design developed by the multi-DC converter (MAT), which has a rotating magnetic field and analysis of experimental data MAT test. It is proposed to control the distribution networks operation using MAT.

**Keywords:** measuring transformer, current of zero sequence, cylindrical core, rotating magnetic field, winding group, mode control unit

На сегодняшний день разработаны трансформаторы тока (ТТ) различных конструкций. Например: 1) известен первичный измерительный преобразователь тока в виде ТТ [1, 2, 3], основными элементами ТТ участвующими в преобразовании тока, являются первичная и вторичная обмотки, намотанные на один и тот же магнитопровод. Недостатки: - узкофункциональность (выполняет только функцию преобразователя тока); - при создании токовых защит используется несколько ТТ;

2) известны силовые трансформаторы на основе использования вращающегося магнитного поля. Магнитопровод трансформатора содержит два цилиндрических сердечника, набранных из кольцевых дисков. На внешнем цилиндрическом сердечнике расположена первичная трехфазная обмотка по типу обмотки статора трехфазного асинхронного двигателя. На внутреннем диске располагаются вторичные трехфазные обмотки. 3) трансформатор на основе использования вращающегося магнитного поля, которая запатентован фирмой Siemens. Магнитопровод такого трансформатора состоит из внутреннего (центрального) и внешнего сердечников, которые жестко закреплены относительно друг друга. Сердечники имеют множество пазов. Трансформатор содержит первичную обмотку на внешнем сердечнике и вторичные обмотки на центральном сердечнике. Первичные обмотки создают вращающееся магнитное поле [4].

Трансформаторы рассмотренные в 2), 3) имеют тот же недостаток, что и в 1), т.е. они узкофункциональны, используются только по своему прямому назначению как силовые трансформаторы, поэтому их нельзя использовать, как устройство контроля режима в электрических сетях. Другим общим недостатком этого трансформатора является высокая стоимость, сложность реализации конструкции.

Наиболее близким по конструкции к разработанного устройства является, однострансформаторный первичный фильтр, представляющий собой специальный измерительный трансформатор тока нулевой последовательности (ТНП), который состоит из тороидального магнитопровода, на котором располагается вторичная обмотка [5], ТНП не имеет, собственной первичной обмотки. Ее роль выполняет токоведущий стержень проходного изолятора или кабель на который надеть тороидальный магнитопровод. Недостатком ТНП является, также его узко функциональность. ТТ, ТНП реагируют только на изменение тока.

**Описание конструкции. результаты испытания.** На рис.1 представлена конструкция МПТ. МПТ содержит цилиндрический сердечник, набранных из кольцевых дисков 1. На этом цилиндрическом сердечнике просверлены по кругу под углом в  $120^{\circ}$  по отношению друг к другу три отверстия, в которых проходят токоведущие стержни фаз  $A, B, C$  проходных изоляторов 5, 6, 7 играющие роль первичной трехфазной обмотки. Первичные обмотки при прохождении по ним токов  $I_A, I_B, I_C$  создают вращающееся магнитное поле 8. Испытываемое устройство не содержит второй цилиндрический сердечник, а вторичные обмотки 2, 3, 4 в виде прямоугольных рамок, расположены в расточке цилиндрического сердечника 1, соответственно напротив фаз  $A, B, C$ , так чтобы плоскости прямоугольных рамок пронизывались вращающемся магнитным полем 8, на каждую рамку намотаны вдоль них по две обмотки, первая группа обмоток каждой рамки соединены между собой в звезду рис.2, а вторая группа обмоток в открытый треугольник рис.3. Концы обмоток на чертеже

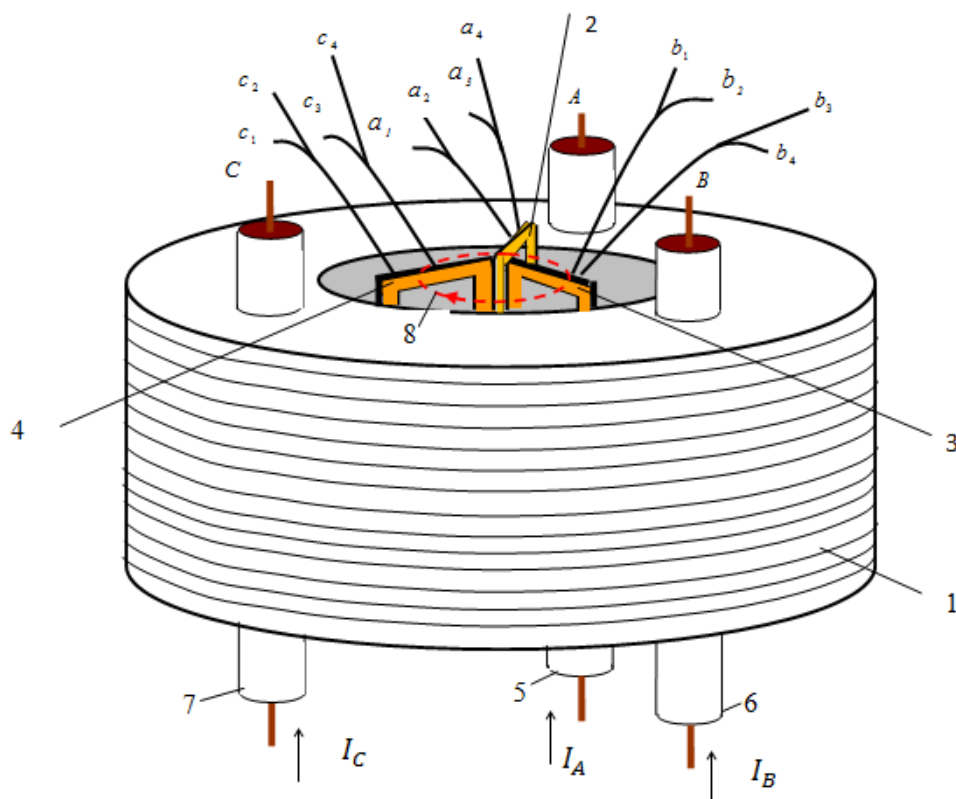


Рис.1

отмечены буквами:  $\{(a_1, a_2); (a_3, a_4)\}$  – концы обмоток, намотанные на рамку 2;  $\{(b_1, b_2); (b_3, b_4)\}$  – на рамку 3 и  $\{(c_1, c_2); (c_3, c_4)\}$  – на рамку 4.

На рис.4 показано использования МПТ1, МПТ2 для контроля режимами работы двух отходящих линий электрической сети с изолированной нейтралью, где  $R_{Л1}, X_{Л1}$  соответственно активное и индуктивное сопротивления первой отходящей линии,  $R_{Н1}$  нагрузка этой линии,  $R_{Л2}, X_{Л2}, R_{Н2}$  – относится ко второй отходящей линии. Межфазные емкости на фиг.4 не показаны.  $u_{a1}, u_{b1}, u_{c1}$  – напряжения на выводах вторичной обмотки МПТ 1 соединённые в звезду относительно нейтрали  $-0$  этой звезды (рис.2).

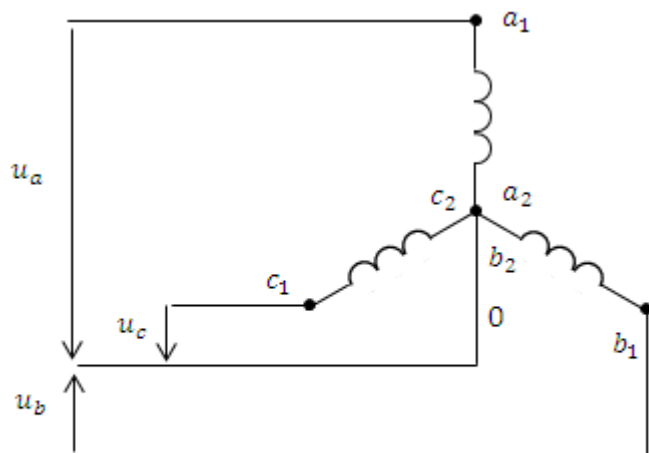


Рис.2

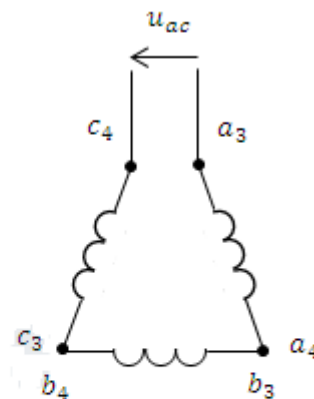


Рис.3

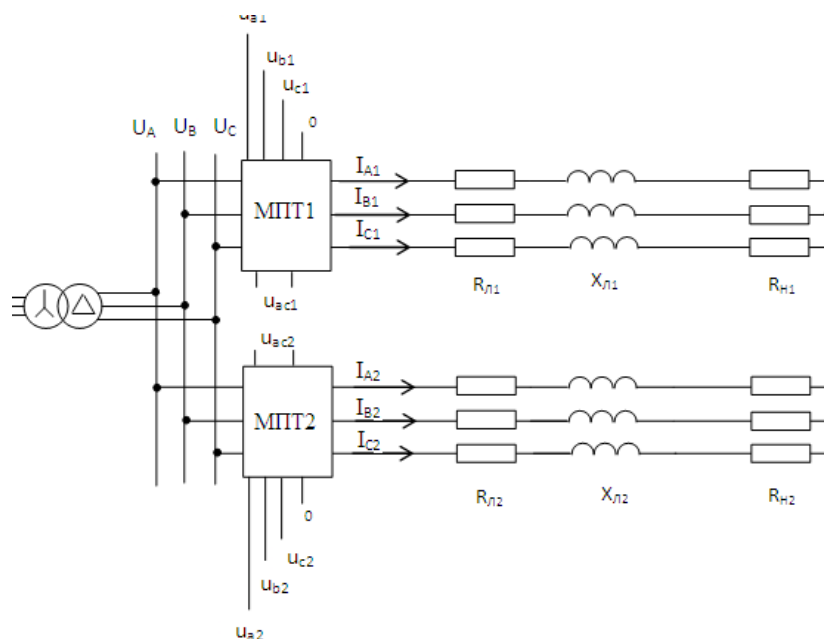


Рис.4

$u_{ac1}$  – напряжение на разомкнутых концах вторичной обмотки МПТ1 соединенные в открытый треугольник (рис.3).  $u_{a2}, u_{b2}, u_{c2}$  и  $u_{ac2}$  – те же напряжения только относятся к МПТ 2.

Испытываемая МПТ работает следующим образом.

Предположим, что МПТ 1 и МПТ 2 установлены соответственно в двух отходящих линиях электрической сети с изолированной нейтралью, работающий в симметричном режиме как по напряжению так по току т.е.  $U_A = U_B = U_C$ ,  $I_{A1} = I_{B1} = I_{C1}$ ,  $I_{A2} = I_{B2} = I_{C2}$ . Вследствие прохождения токов  $I_A, I_B, I_C$  по первичной обмотке МПТ в нем образуется вращающейся магнитное поле  $\delta$  (рис.1). В результате взаимодействия вращающегося магнитного поля со вторичными обмотками на концах разомкнутых треугольников индуцируются напряжения  $u_{ac1}, u_{ac2}$ , а между концами звезды и нейтралью индуцируются напряжения  $u_{a1}, u_{b1}, u_{c1}$  и  $u_{a2}, u_{b2}, u_{c2}$ , которые несут информацию о режиме в отходящих линиях рассматриваемой электрической сети. Так как мы рассматриваем симметричные режимы, то  $u_{ac1} \approx 0$ ,  $u_{ac2} \approx 0$ ,  $u_{a1} \approx u_{b1} \approx u_{c1}$ ,  $u_{a2} \approx u_{b2} \approx u_{c2}$ .

Проведенные эксперименты на действующих макетах МПТ показали, что при любых нарушениях режима в исследуемой сети приводит к изменению соответствующим образом значения индуцированных напряжений. Например:

1. При внутреннем дуговом замыкании на землю (без обрыва) любой из фаз первой отходящей линии сумма отклонений выходных величин ( $du_{a1} + du_{b1} + du_{c1}$ ) по сравнению с нормальным режимом больше в десятки раз, чем по сравнению возникновения внешнего дугового замыкания на землю другой отходящей линии. Это говорит о том, что с помощью МПТ можно обеспечить селективную защиту от однофазного замыкания на землю;

2. МПТ позволяет выявить оборванную фазу на линии;

3. С помощью МПТ можно контролировать степень не симметрии по нагрузке и по напряжению с помощью значений  $u_{a1}, u_{b1}, u_{c1}, u_{a2}, u_{b2}, u_{c2}$ ;

4. При любом течении переходного процесса вызванные нарушениями симметрии, на концах обмоток соединённые в открытый треугольник резко изменяются значения напряжений  $u_{ac1}$  и  $u_{ac2}$ , поэтому эти обмотки можно использовать в качестве пускового органа для запуска логической части защиты.

## Результаты эксперимента:

Таблица 1

Состояние отходящих линий электропередач	МПП 1				МПП 2			
	$u_{a1}$	$u_{b1}$	$u_{c1}$	$u_{ac1}$	$u_{a2}$	$u_{b2}$	$u_{c2}$	$u_{ac2}$
	В	В	В	В	В	В	В	В
Нормальный режим	0,88	0,85	0,76	0,074	2,24	2,20	2,20	0,10
Дуговое замыкание на землю фазы «С» на линии 1	0,90	0,76	0,12	1,75	2,22	2,18	2,18	0,10
Состояние отходящих линий электропередач	МПП 1				МПП 2			
	$u_{a1}$	$u_{b1}$	$u_{c1}$	$u_{ac1}$	$u_{a2}$	$u_{b2}$	$u_{c2}$	$u_{ac2}$
	В	В	В	В	В	В	В	В
Обрыв фазы «С» на линии 1	0,78	0,72	0,28	0,08	2,22	2,24	2,38	0,08
Обрыв фазы «С» на линии 2	0,84	0,83	0,78	0,08	2,26	1,28	0,95	0,05

Таблица 2

Параметры модели линии электропередач											
Параметры	$R_{л.}, \text{Ом}$			$X_{л.}, \text{Ом}$			$R_{н.}, \text{Ом}$			$C_{л.}, \text{мкФ.}$	$C_{л.}, \text{мкФ.}$
	А	В	С	А	В	С	А	В	С	Фаза-земля	Фаза-фаза
Линия 1	10,5	10,5	10,5	1,3	1,3	1,3	144	148	149	0,022	0,045
Линия 2	4,2	4,2	4,2	1,3	1,3	1,3	552	549	554	0,011	0,022

**Выводы:** Все вышеприведенные сведения подтверждают многофункциональность испытуемого устройства, а отсутствия второго сердечника и пазов в первом сердечнике одновременно снижает стоимости и сложности реализации конструкции *первичных измерительных преобразователей тока*.

## Список литературы

1. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учеб. для вузов по спец. "Электроснабжение" / В. А. Андреев. М.: Высшая школа, 1991.- 496 с.
2. Чернобровов Н.В. Релейная защита. Учебное пособие для техникумов / Н.В. Чернобровов. - Издание 4-е, переработанное и дополненное. М.: Энергия 1971.- 624 с.
3. Гельфанд Я.С. Релейная защита распределительных сетей / Я.С. Гельфанд М.: Энергоатомиздат. -1987.- 406 с.
4. Шабанов В.А., Хакимьянов М.И. Сравнительный анализ конструктивных решений входных многообмоточных трансформаторов для многоуровневых преобразователей частоты // Электронный научный журнал "Нефтегазовое дело". 2012. №2. С. 12-21. – Режим доступа: <http://ogbus.ru> (дата обращения 08.12.2012), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Сирота И.М. Трансформаторы и фильтры напряжения и тока нулевой последовательности / И.М Сирота.- Киев: Наукова Думка, 1983. – 267с.



**АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК: 62-50

**ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ**

*Кадыркулова Кыял Кудайбердиевна, Кыргызский технический университет им. И.Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: kyial\_02@mail.ru*

В данной работе предлагается методы решения задачи синтеза управлений на основе решения обратных задач динамики. Для линейных объектов представленных математическими моделями в виде операторных выражении, разработана методика синтеза соответствующих законов управления программными движениями.

**Ключевые слова:** передаточная функция, система, уравнение состояния, закон управления.

**SOFTWARE CONTROL OF MULTIDIMENSIONAL SYSTEMS ON THE BASIS OF THE SOLUTION OF INVERSE PROBLEMS DYNAMICS**

*Kyial Kudayberdievna Kadyrkulova, Kyrgyz Technical University named after I.Razzakov, 66 Mira Avenue, Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic, e-mail: kyial\_02@mail.ru*

In this paper, we propose methods for solving the problem of control synthesis based on the solution of inverse problems of dynamics. For linear objects represented by mathematical models in the form of operator expression, we developed a method of synthesis of the corresponding program motion control laws.

**Keywords:** the transfer function of the system, the equation of state, the control law.

Во многих практических задачах микроэлектроники, робототехники ставятся задачи осуществления движения управляемых объектов по предписанным программам движения.

В задачах проектирования микроэлектронных схем решается задача управления лазерным лучом в пространстве и времени.

В задачах робототехники ставятся задачи осуществления движения рабочего органа манипулятора по предписанной пространственной траектории.

Все эти задачи являются не традиционным для теории автоматического управления, поэтому разработка систем автоматического управления для вышеуказанных задач на сегодняшний день наталкиваются на определенные трудности.

На данное время есть отдельные подходы, методы решения подобных задач управления. В основном, они приспособлены для решения задач управления, когда предписанные программы движения задаются в строго аналитической форме в виде

На сегодняшний день в случае, когда предписанная программа движения описывается аналитически, то, здесь, существуют различные методы, подходы решения ставящихся задач. Это, в частности, работы П.Д Крутько, Ж.И. Батырканова.

В данной работе предлагается решение задачи когда, математические модели заданы через передаточные функции, тогда как в работах П.Д. Крутько, Ж.И. Батырканова математические модели представлены в виде уравнений состояния.

Пусть дано дифференциально-матричное уравнение многомерных систем при нулевых начальных условиях:

$$[A(p)] \cdot [Y(t)] = [B(p)] \cdot [U(t)]. \quad (1)$$

Здесь  $[A(p)]$ ,  $[B(p)]$  – квадратная и прямоугольная матрицы операторных коэффициентов размером  $n \times n$  и  $n \times m$  соответственно;

$[Y(t)]^T = [Y_1(t) \dots Y_n(t)]$  - однострочковая  $n$ -мерная матрица выходных координат;  
 $[U(t)]^T = [U_1(t) \dots U_m(t)]$  - однострочковая  $m$ -мерная матрица входных воздействий.

Если  $j$ -е входное воздействие  $U_j(t)$  на отрезке времени  $(0-T)$  аппроксимировано в виде тригонометрического ряда Фурье:

$$U_j(t) = P_{j0} + \sum_{k=1}^{\infty} P_{jk} \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} T_{jk} \sin k\omega t; \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad (2)$$

то выход системы тоже можно представить в виде ряда Фурье, так как это линейная система и для него справедлив принцип суперпозиции.

В случае пренебрежения высокочастотными составляющими, выходная координата  $Y_i(t)$  представляется в виде

$$Y_i(t) = A_{i0} + \sum_{k=1}^{\infty} A_{ik} \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} B_{ik} \sin k\omega t. \quad (3)$$

Нахождение  $A_{ik}$ ,  $B_{ik}$  связаны с решением системы алгебраических уравнений порядка  $(2n \times 2n)$

$$\begin{bmatrix} G & -T \\ T & G \end{bmatrix} Z = \begin{bmatrix} C & L \\ -L & C \end{bmatrix} Z_1; \quad (4)$$

$$Z^T = [A_{1k} A_{2k} \dots A_{nk} B_{1k} B_{2k} \dots B_{nk}],$$

$$Z_1^T = [P_{1k} P_{2k} \dots P_{mk} T_{1k} T_{2k} \dots T_{mk}],$$

а элементы  $g_{ij}$ ,  $t_{ij}$ ,  $c_{ij}$ ,  $l_{ij}$  матриц  $G$ ,  $T$ ,  $C$ ,  $L$  вычисляются по формулам:  $g_{ij} = F1_{ij}$ ;  $t_{ij} = F2_{ij}$ ;  $c_{ij} = E1_{ij}$ ;  $l_{ij} = E2_{ij}$ ; где:

$$F1_{ij} = \sum_{r=0}^{\lfloor \frac{n_{ij}}{2} \rfloor} (-1)^r (k\omega)^{2r} d_{n_{ij}-2r}; \quad F2_{ij} = \sum_{r=0}^{\lfloor \frac{n_{ij}-1}{2} \rfloor} (-1)^{r+1} (k\omega)^{2r+1} d_{n_{ij}-2r-1};$$

$$E1_{ij} = \sum_{r=0}^{\lfloor \frac{m_{ij}}{2} \rfloor} (-1)^r (k\omega)^{2r} b_{m_{ij}-2r}; \quad E2_{ij} = \sum_{r=0}^{\lfloor \frac{m_{ij}-1}{2} \rfloor} (-1)^{r+1} (k\omega)^{2r+1} b_{m_{ij}-2r-1},$$

где  $n_{ij}$  - порядок полинома  $a_{ij}(p)$  матрицы  $[A(p)]$ ;  $m_{ij}$  - порядок полинома  $b_{ij}(p)$  матрицы  $[B(p)]$ .

Постоянные составляющие  $A_{i0}$  в (3) находятся при решении системы алгебраических уравнений порядка  $(n \times n)$

$$SZ_2 = DZ_3; \quad (5)$$

$$Z_2^T = [A_{10} A_{20} \dots A_{n0}]; \quad Z_3^T = [P_{10} P_{20} \dots P_{m0}],$$

а элементы матриц  $S$  и  $D$  вычисляются по формулам

$$s_{ij} = a_{ij}(p=0); \quad d_{ij} = b_{ij}(p=0).$$

Решение задачи ставится следующим образом. Пусть задано уравнение движения системы в виде (1). Необходимо синтезировать вектор  $[U(t)]$  из условия, чтобы движение

выходных координат  $[Y(t)]$  проходило в окрестности траекторий  $Y_i(t)=Y_i^*(t)$   $0 \leq t \leq T$ , в соответствии с функционалом

$$J = \int_0^{T_1} [Y_i^*(t) - Y_i(t)]^2 dt \leq \delta_i, \quad (6)$$

где  $Y_i^*(t)$  – желаемая траектория движения;  $\delta_i$  – допустимая величина погрешности. Для этой цели  $Y_i^*(t)$  искусственно периодизируется в соответствии с правилом:

$$Y_i(t) = Y_i^*(t) \text{ при } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} = T_1;$$

$$Y_i(t) = Y_i^*\left(\frac{T}{2}\right) - Y_i^*\left(t - \frac{T}{2}\right) \text{ при } \frac{T}{2} \leq t < T$$

и соответствующие периодические движения аппроксимируются тригонометрическим рядом (3). Для нахождения  $[U(t)]$ , реализующего заданный выход системы  $[Y^*(t)]$ , необходимо найти  $P_{j0}$ ,  $P_{jk}$ ,  $T_{jk}$  в (2). Очевидно, что задача сводится к решению систем алгебраических уравнений (4), (5) относительно векторов  $Z_1$  и  $Z_3$ , для решения которой необходимо, чтобы число управляющих воздействий  $V_j(t)$  равнялось числу управляемых координат  $Y_i(t)$ .

Таким образом, решая системы (4), (5), можно построить многообразие законов управления  $[U(t)]$ . При этом в качестве условий доопределения выступает точность реализации функционала (6), т.е. число гармоник, участвующих в синтезе, а в качестве условия решаемости задачи – условие  $|U_j(t)| \leq U_0$ , где  $U_0$  – допустимое значение управления.

**Пример решаемой задачи.** Пусть объект управления описывается уравнением (1), матрицы которого имеют вид:

$$[A(p)] = \begin{bmatrix} p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 & c_{21} p^2 \\ c_{12} p^2 & p^4 + t_1 p^3 + t_2 p^2 + t_3 p + t_4 \end{bmatrix};$$

$$[B(p)] = \begin{bmatrix} a_3 p + a_4 & 0 \\ 0 & t_3 p + t_4 \end{bmatrix}.$$

Элементы матриц  $G$ ,  $T$ ,  $c$ ,  $L$  системы алгебраических уравнений (4) примут вид:

$$g_{11} = k\omega^4 - a_2 k^2 \omega^2 + a_4; \quad g_{12} = -k^2 \omega^2 c_{21}; \quad g_{21} = -c_{12} k^2 \omega^2; \quad g_{22} = k^4 \omega^4 - t_2 k^2 \omega^2 + t_4;$$

$$t_{11} = a_1 k^3 \omega^3 - a_3 k \omega; \quad t_{12} = 0; \quad t_{21} = 0; \quad t_{22} = t_1 k^3 \omega^3 - t_3 k \omega; \quad c_{11} = a_4; \quad c_{22} = t_4;$$

$$c_{12} = c_{21} = l_{12} = l_{21} = 0; \quad l_{11} = -a_3 k \omega; \quad l_{22} = -t_3 k \omega.$$

Подставим задачу терминального управления, когда требуется перевести систему из начального положения в конечное в соответствии с выходными траекториями. В данном случае  $A_{ik}$ ,  $B_{ik}$  в (3) рассчитываются по формулам.

$$A_{ik} = \frac{2m_i^3 S_i F_i}{\ell_i (\pi k)^4} (1 - \cos R_{i1} - \cos R_{i2} + \cos R_{i3} - \cos R_{i4} + \cos R_{i5} + \cos R_{i6} - \cos R_{i7}); \quad A_{i0} = \frac{S_i}{2};$$

$$B_{ik} = \frac{2m_i^3 S_i F_i}{\ell_i (\pi k)^4} (-\sin R_{i1} - \sin R_{i2} + \sin R_{i3} - \sin R_{i4} + \sin R_{i5} + \sin R_{i6} - \sin R_{i7});$$

$$F_i = \sqrt{-3f_i \ell_i - 2\ell_i^2 + f_i + \ell_i - f_i^2}; \quad m_i \geq \frac{1}{F_i};$$

$$R_{i1} = \frac{\pi k \ell_i}{m_i F_i}; \quad R_{i2} = \frac{\pi k (\ell_i + f_i)}{m_i F_i}; \quad R_{i3} = \frac{\pi k (2\ell_i + f_i)}{m_i F_i}; \quad R_{i4} = \frac{\pi k (1 - 2\ell_i - f_i)}{m_i F_i};$$

$$R_{i5} = \frac{\pi k (1 - \ell_i - f_i)}{m_i F_i}; \quad R_{i6} = \frac{\pi k (1 - \ell_i)}{m_i F_i}; \quad R_{i7} = \frac{\pi k}{m_i F_i}; \quad t_{iy} = \frac{T}{2m_i F_i}; \quad a_{im} = \frac{S_i}{F_i t_{iy}^2};$$

$$\Omega_{im} = a_{im} t_{iy} (f_i + \ell_i) t_{iy}; \quad t_{i1} = \ell_i t_{iy}; \quad t_{i2} = (\ell_i + f_i) t_{iy}; \quad t_{i3} = 2t_{i1} + f_i t_{iy};$$

$$t_{i4} = t_{iy} (1 - 2\ell_i - f_i); \quad t_{i5} = t_{iy} (1 - \ell_i - f_i); \quad t_{i6} = t_{iy} (1 - \ell_i),$$

где  $t_{iy}$  – время позиционирования по  $i$ -ой координате;  $\Omega_{im}$ ,  $a_{im}$  максимальные значения скорости и ускорения по  $i$ -ой выходной координате;  $m_i$  – соотношение периода искусственной периодизации к  $t_{iy}$ .

**Вывод:** В данной статье рассмотрена методика синтеза, для одного класса линейной многомерной системы.

### Литература

1. Башарин А. В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ / А. В. Башарин, Ю. В. Постников. -Л.: Энергоатомиздат, 1990. -511с.
2. Гориневский Д.Н. О приближенном решении обратной задачи управления линейным объектом / Д. Н. Гориневский // Известия РАН: Техническая кибернетика 1992.- №1 . С. 57-75.
- 3 Крутько П. Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: Линейные модели / П. Д. Крутько -М.: Наука, 1997. - 304с.
- 4 Шаршеналиев Ж.Ш. Синтез систем управления с заданными показателями качества / Ж.Ш Шаршеналиев, Ж.И. Батырканов– Б.: Илим, 1991

УДК.: 681.5.003.2

### ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ИНЖЕНЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

**Такырбашев Б.К., Айдралиев А.О., Темиркулова Н.Т., Джолдошов Б.О., КГТУ им. И. Раззакова, ОАО «Северэлектро»**

**Такырбашев Бейшеналы Касымалиевич**, начальник Службы автоматики и релейной защиты ОАО «Северэлектро», доцент КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66.

**Джолдошев Бекболот Оморович**, д.т.н., проф. КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [bekbolot2009@yandex.ru](mailto:bekbolot2009@yandex.ru)

**Айдралиев Акылбек Орозбаевич**, доцент КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66

*Темиркулова Наргиз Темиркуловна, инженер КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66*

**Цель работы:** в статье рассмотрены проблемы определения структуры и параметров динамического регулятора с учетом прямых показателей качества для нелинейного многомерного объекта управления, а также модель турбогенератора и технологическая задача решаемая турбогенератором. Приводятся результаты моделирования синтезированной замкнутой системы управления.

**Ключевые слова:** система автоматического управления (САУ), регулятор, математическая модель, синтез, принцип гарантируемой динамики, синтез регулятора, многомерная система управления, структурный синтез, алгоритм управления, внешние возмущения, устойчивость системы, турбогенератор, взаимосвязанное управление, моделирования.

### DYNAMIC DESIGN MANAGED DEVICES FOR NONLINEAR SYSTEMS WITH ACCOUNT OF ENGINEERING QUALITY INDICATORS

*Dzholdoshev Bekbolot Omorovich, Ph. D., Professor KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66, e-mail: bekbolot2009@yandex.ru*

*Takyrbashev Beyshenaly Kasymaliyevich, the chief of Service of automatic equipment and relay protection of JSC Severelektro, the associate professor of KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66.*

*Dzholdoshev Bekbolot Omorovich, the Dr.Sci.Tech., the prof. of KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: bekbolot2009@yandex.ru*

*Aydraliyev Akylbek Orozbayevich, the associate professor of KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66*

*Temirkulova Nargiz Temirkulovna, the engineer of KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66*

**Work purpose:** in article problems of definition of structure and parameters of the dynamic regulator taking into account direct indicators of quality for nonlinear multidimensional object of management, and also the model of a turbogenerator and a technological task solved by a turbogenerator are considered. Results of modeling of the synthesized closed control system are given.

**Keywords:** the system of automatic control (SAC), the regulator, mathematical model, synthesis, the principle of the guaranteed dynamics, synthesis of the regulator, a multidimensional control system, structural synthesis, a control algorithm, external indignations, stability of system, a turbogenerator, the interconnected management, modeling.

**1. Постановка задачи управления.** Рассматривается нелинейный многомерный динамический объект управления, состояние которого описывается нелинейным векторным дифференциальным уравнением вида

$$\dot{x}(t) = f [x(t), u(t), \xi(t), t], \quad x(t_0) = x^0, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (1)$$

где  $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$  – вектор переменных состояния (или фазовых координат) объекта управления;  $u(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)]^T$  – вектор управления;  $f(x, u, \xi, t) = [f_1(x, u, \xi, t), f_2(x, u, \xi, t), \dots, f_n(x, u, \xi, t)]^T$  –

$n$ -мерная вектор-функция, удовлетворяющая условиям Коши;  $\xi(t) = [\xi_1(t), \xi_2(t), \dots, \xi_r(t)]$  -  $r$ - вектор внешних возмущающих воздействий.

Будем считать, что объект (1) является полностью управляемым, и необходимо стабилизировать его нулевое состояние. Основными показателями качества регулирования будем считать динамическую и статическую точность и быстродействие системы управления. Поэтому в качестве степени достижения цели управления целесообразно выбрать векторный критерий  $\Pi_i = [T_i, \sigma_i, \Delta_i]$  допустимого качества управления [1,2]. По вектору качества  $\Pi_i$  выбираем положительные функции  $\sigma_i(t)$ , с помощью которых задаются границы допустимых областей. Степень достижения цели управления или регулирования  $g_i(t)$  характеризуется вектором невязки  $e(t) = g(t) - x(t)$ .

Математическое описание инженерного критерия можно задавать на основе модульных неравенств:

$$|x_i(t)| = |e(t)| \leq \sigma_i(t), \quad t \in [t_0, t_k], \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где  $\sigma_i(t)$  – положительные, непрерывно-дифференцируемые функции,

определяющие точность и быстродействие проектируемой автоматической системы.

Соотношения (2) описывают допустимые области (подмножества)  $D_i(t)$  для переменных  $x_i(t)$ .

$$D_i(t) = \{x_i(t) \in R^1 : |x_i(t)| \leq \sigma_i(t)\}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

*Задача управления формулируется таким образом:* для управляемого или регулируемого объекта, состояние которого описывается векторным нелинейным дифференциальным уравнением (1), необходимо определить структуру и параметры автоматического регулятора, обеспечивающего выполнение требований (2) к точности и быстродействию проектируемой системы, т.е. к качеству процесса управления [2,3,4,5,6,7].

**2. Условия достижения инженерных показателей качества.** Уравнения нелинейного объекта (1) в координатной форме

$$\dot{x}_i(t) = f_i[x(t), u(t), \xi(t), t], \quad x_i(t_0) = x_i^0, \quad i = \overline{1, n}, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (4)$$

Пусть  $x(t_0) \in D(t_0)$ . Тогда известно, что вектора состояния  $x(t) \in D(t)$  достаточно, чтобы для каждого момента времени  $t \in [t_0, t_k]$  выполнялись соотношения (3).

Для достижения желаемого качества переходных процессов закон управления  $u(x, t)$  должен обеспечивать выполнение неравенств (3). Один из возможных путей достижения желаемого качества состоит в задании определенных условий для функций  $f_i[x(t), u(t), \xi(t), t]$ . При этом такие условия должны обеспечивать параметрическую разрешимость соотношений (3), а также определение структур и параметров алгоритмов управления.

Желаемую динамику САУ зададим в виде векторного дифференциального уравнения

$$\dot{x}^*(t) = f^*(x, p), \quad (5)$$

где  $f^* = [f_1^*(x, p_1), f_2^*(x, p_1), \dots, f_n^*(x, p_r)]^T$  –  $r$ -мерная, в общем случае нелинейная вектор-функция;  $p = [p_1, p_2, \dots, p_r]$  –  $r$ -мерный вектор-параметр, подлежащий выбору так, чтобы решение  $x(t)$  системы (4) удовлетворяло условиям заданного качества управления (2). Введем подмножество

$$P^* = \{ p \in R^r : x(t) \in D(t) \}. \quad (6)$$

Для определенности далее рассматриваем случай, когда вектор-функция  $f^*(x, p)$  задается в линейной форме:

$$f^*(x, p) = P \cdot x(t), \quad (7)$$

где  $P = \{ p_{ij} \}_{n \times n}$  – вещественная  $n \times n$  матрица, а вектор-параметры

$$p_1 = [p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1n}], \quad p_2 = [p_{21}, p_{22}, \dots, p_{2n}] \quad \dots \quad p_n = [p_{n1}, p_{n2}, \dots, p_{nn}].$$

Составной вектор-параметр

$$p = [p_1, p_2, \dots, p_n]. \quad (8)$$

В результате введения понятия желаемой динамики для проектируемой замкнутой системы искомым закон управления  $u(x, t)$  целесообразно определить из условия близости соответствующих компонентов вектор-функций  $f(x, u, \xi, t)$  и  $f^*(x, p)$  с требуемой точностью. В частности, эти условия целесообразно задавать в виде модульных неравенств:

$$f_i[x(t), u(t), \xi, t] - f_i^*[x(t), p] \leq \delta_i(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (9)$$

где  $\delta_i(t)$  – функции, которые задают точность приближения, они положительные и непрерывно дифференцируемые.

Таким образом, процедура синтеза регулятора для нелинейного объекта (4) состоит из двух этапов: 1) описание подмножества  $P^*$  и определение вектор-параметра  $p \in P^*$ , 2) нахождение закона управления  $u(x, t)$ , обеспечивающего выполнение условий (2).

### 3. Синтез алгоритма управления нелинейных САУ. Введем функцию

$$F_i(x, u) = f_i(x, u, \xi, t) - f_i^*(x, p), \quad i = \overline{1, n}, \quad (10)$$

тогда неравенства (10) запишутся в виде

$$|F_i(x, u)| \leq \delta_i(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad t \in [t_0, t_k]. \quad (11)$$

Условия, при выполнении которых гарантируется обеспечение соотношений (11), задаются в виде неравенств

$$\int_{t_0}^t F_i[x(\tau), u(\tau), \xi(\tau), \tau] \cdot \dot{F}_i[x(\tau), u(\tau), \xi(\tau), \tau] d\tau \leq \int_{t_0}^t \delta_i(\tau) \cdot \dot{\delta}_i(\tau) d\tau, \quad i = \overline{1, n}. \quad (12)$$

При этом производные

$$\dot{F}_i(x, u) = \sum_{j=1}^n \frac{\partial F_i}{\partial x_j} f_j(x, u) + \sum_{v=1}^m \frac{\partial F_i}{\partial u_v} \dot{u}_v + \sum_{\mu=1}^r \frac{\partial F_i}{\partial \xi_\mu} \dot{\xi}_\mu, \quad i = \overline{1, n}. \quad (13)$$

Введем вектор  $F(x, u) = [F_1(x, u), F_2(x, u), \dots, F_n(x, u)]^T$ .

Если потребовать скорость изменения невязки динамической замкнутой системы между желаемым и исходным уравнением движения нелинейного объекта управления так, чтобы они подчинились условию:

$$\dot{F}_i(x, u, \xi, t) = \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \cdot \int_{t_0}^t F_j(x, u, \xi, t) \cdot d\tau, \quad i = \overline{1, n}, \quad (14)$$

или в векторной форме  $\dot{F}(x, u, \xi, t) = Y \cdot \int_{t_0}^t F(x, u, \xi, t) d\tau$ ,

то соотношения (14) с учётом (15) можно записать в виде

$$\sum_{j=1}^n \frac{\partial F_i}{\partial x_j} f_j(x, u) + \sum_{v=1}^m \frac{\partial F_i}{\partial u_v} \dot{u}_v + \sum_{\mu=1}^r \frac{\partial F_i}{\partial \xi_\mu} \dot{\xi}_\mu = \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \cdot \int_{t_0}^t [F_j(x, u, \xi, t)] d\tau \quad i = \overline{1, n}, \quad (15)$$

где  $Y = [\gamma_1 \ \gamma_2 \ \dots \ \gamma_n]^T = \{ \gamma_{iv} \}_{n \times n}$  – вещественная матрица, составленная из  $n$  - мерных векторов  $\gamma_1 = [\gamma_{11}, \gamma_{12}, \dots, \gamma_{1n}]$ ,  $\gamma_2 = [\gamma_{21}, \gamma_{22}, \dots, \gamma_{2n}]$ , ...,  $\gamma_n = [\gamma_{n1}, \gamma_{n2}, \dots, \gamma_{nn}]$ .

В векторной форме

$$M \cdot \dot{u}(x, t) + \tilde{Z} \cdot f(x, u, \xi, t) + H \cdot \frac{d\xi(t)}{dt} = Y \cdot \int_{t_0}^t F(x, u, \xi, t) d\tau. \quad (16)$$

где функциональные матрицы

$$\tilde{Z} = \left\{ \frac{\partial F_i}{\partial x_j} \right\}_{n \times n}, \quad M = \left\{ \frac{\partial F_i}{\partial u_v} \right\}_{n \times m}, \quad H = \left\{ \frac{\partial F_i}{\partial \xi_v} \right\}_{n \times r},$$

а матрица  $Y = \{ \gamma_{iv} \}_{n \times n}$  – вещественная матрица, составленная из настроечных параметров  $\gamma_{ij}$  системы, в предположении, что существует обратная матрица  $W^{-1} = [M^T \cdot M]^{-1}$ .

Алгоритм управления (16) можно записать ещё в виде

$$\dot{u}(x, t) = W^{-1} \cdot M^T \cdot \left[ Y \cdot \int_{t_0}^t \{ f(x, u, \xi, t) - P \cdot x(\tau) \} d\tau - \tilde{Z} \cdot f(x, u, \xi, t) - H \cdot \frac{d\xi(t)}{dt} \right]. \quad (17)$$

Структурная схема САУ, включающая динамический нелинейный регулятор с законом управления (17), показана на рис. 1.

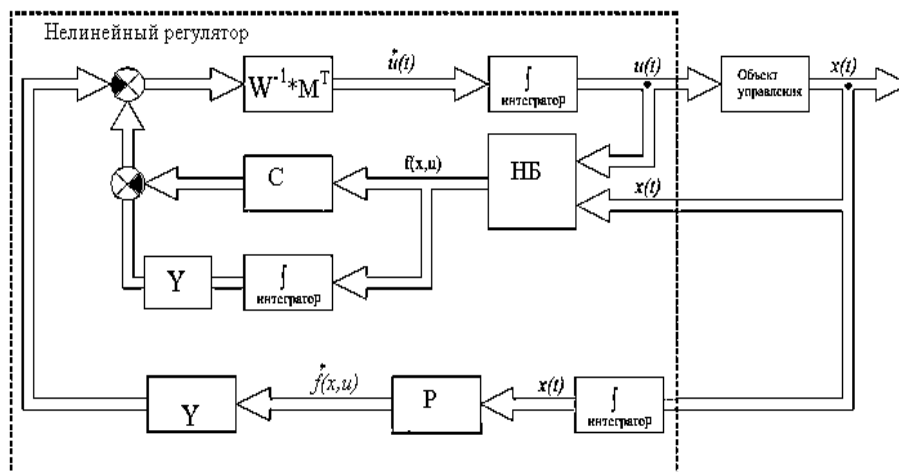


Рис.1. Структура САУ нелинейным объектом



**Модель турбогенератора.** Динамическая модель турбогенератора в пространстве состояний описывается следующей системой нелинейных дифференциальных уравнений [8,9]

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2; \\ \dot{x}_2 = b_1(x_4 - a_1 x_3^2 - a_2 x_3 \sin(x_1 - \alpha_{12})); \\ \dot{x}_3 = b_2(-x_3 + a_3 x_2 \sin(x_1 - \alpha_{12}) + u_1); \\ \dot{x}_4 = b_3(-x_4 - a_4 x_2 + u_2); \end{cases} \quad (18)$$

Начальные условия по состоянию:

$$x_0 = [2\pi/3; -0.1; 1.2; 0.4]^T; \quad (19)$$

где  $x = [x_1, x_2, x_3, x_4]^T = [\delta, s, E_q, P_T]^T$  – вектор состояния,  $u = [u_1, u_2]^T$  – вектор управляющих воздействий, где  $x_1 = x_1(t) = \delta = \delta(t)$  – угол поворота ротора генератора относительно синхронной оси вращения;  $x_2 = s = (\omega_0 - \omega)/\omega_0$  – скольжение;  $\omega$  – синхронная частота вращения;  $x_4 = P_T$  – механическая мощность турбины;  $x_3 = E_q$  – синхронная ЭДС генератора по поперечной оси  $q$ ;  $u_1$  – напряжение, прикладываемое к обмотке возбуждения генератора;  $u_2$  – управляющее воздействие на вторичный регулятор скорости турбины;  $F(t)$  – возмущение, действующее на турбогенератор;  $Y_{11}, Y_{12}$  – модуль собственной, взаимной проводимости;  $\alpha_{11}, \alpha_{12}$  – дополнительный угол соответственно собственной, взаимной проводимости;  $X_d, X_d'$  – синхронное и переходное сопротивление по продольной оси генератора  $d$ ;

**Технологическая задача, решаемая турбогенератором:**

- 1) стабилизация выходного напряжения генератора;
- 2) стабилизация частоты вращения турбогенератора  $\omega = \omega_0$ , или  $s = 0$ .

Решение сформулированной проблемы управления агрегатом включает следующие этапы:

1. *Математическое описание объекта* – заданы системой уравнений (1).

2. *Задание требований к качеству управления:*

а) *по быстродействию*

б) *по точности:* максимальные отклонения управляемых переменных в начальный

момент времени  $t_0 = 0$ :  $|x_i(t_0)| \leq \sigma_i^0$ ,

в) *допустимая ошибка управления* в конечный момент времени  $t_k = 120$  сек.

$$|x_i(t_k)| \leq \Delta_i, \quad \Delta_i = 0,01, \quad i=1, 2, 3, 4.$$

Т.о., компоненты  $x_i(t)$  вектора состояния  $X(t)$  должны удовлетворять следующим неравенствам, задающим критерий качества по управляемым переменным:

$$x_i(t) \leq |\sigma_i(t)|, \quad i=1, 2, 3, 4, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (20)$$

где  $\sigma_1(t), \sigma_2(t)$  – положительные непрерывно дифференцируемые функции, определяемые на основе вышеприведенных требований. В частности, их можно задать константой или экспоненциальной функцией вида

$$\sigma_1(t) = \sigma_1^0 \cdot e^{\alpha_1 t}, \quad \sigma_2(t) = \sigma_2^0 \cdot e^{\alpha_2 t}, \quad \sigma_1^0 = 0.1; \quad \sigma_2^0 = 20, \quad \alpha_1 = -0.01, \quad \alpha_2 = -0.03, \quad (21)$$

где параметры  $\sigma_1^0, \sigma_2^0$  выбираются как оценки максимально возможных отклонений компонентов вектора состояния  $x(t)$  в начальный момент времени;  $\alpha$  определяются с помощью следующих соотношений:  $\sigma_i^0 \cdot e^{\alpha t_i} \leq \Delta_i$ .

### Полученные результаты по синтезу регулятора для модели турбогенератора.

Для решения поставленной задачи синтеза использован алгоритм функционирования динамического регулятора (17). Динамика синтезированного закона управления имеет вид:

$$\text{Матрицы регулятора выбраны в виде: } Y = \text{diag}\{g_{ii}\}, \quad P = \text{diag}\{p_{ii}\}, \quad i=1,4.$$

Функциональные матрицы регулятора:

$$C = \begin{bmatrix} -p_{11} & 1 & 0 & 0 \\ -b_1 a_2 x_3 \cos(x_1 - \alpha_{12}) & -p_{22} & b_1(-2a_1 x_3 - a_2 \sin(x_1 - \alpha_{12})) & b_1 \\ b_2 a_3 x_2 \cos(x_1 - \alpha_{12}) & b_2 a_3 \sin(x_1 - \alpha_{12}) & -b_2 - p_{33} & 0 \\ 0 & -b_3 a_4 & 0 & -b_3 - p_{44} \end{bmatrix},$$

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ b_2 & 0 \\ 0 & b_3 \end{bmatrix}, \quad P \cdot x = \begin{bmatrix} p_{11} x_1 \\ p_{22} x_2 \\ p_{33} x_3 \\ p_{44} x_4 \end{bmatrix}, \quad F = \begin{bmatrix} x_2 - p_{11} x_1 \\ b_1(x_4 - a_1 x_3^2 - a_2 x_3 \sin(x_1 - \alpha_{12})) - p_{22} x_2 \\ b_2(-x_3 + a_3 x_2 \sin(x_1 - \alpha_{12}) + u_1) - p_{33} x_3 \\ b_3(-x_4 - a_4 x_2 + u_2) - p_{44} x_4 \end{bmatrix},$$

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1/b_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/b_3 \end{bmatrix},$$

Динамический регулятор синтезирован при следующих значениях параметров его настройки:

$$p_{11} = -0.3; \quad p_{22} = p_{11}; \quad p_{33} = p_{11}; \quad p_{44} = p_{11}; \quad g_{11} = -0.1; \quad g_{22} = g_{11}; \quad g_{33} = -3; \quad g_{44} = g_{33};$$

Электрическая мощность системы:

$$P_e = y_{11}(x_3^2 \sin(\alpha_{11}) + U_c y_{12} x_3 \sin(x_1 - \alpha_{12}));$$

Выходное напряжение генератора:

$$U_v = \frac{P_e X_d}{x_3 \sin(x_1)}$$

Результаты моделирования замкнутой системы (16), (18) показаны на рис.2-8.

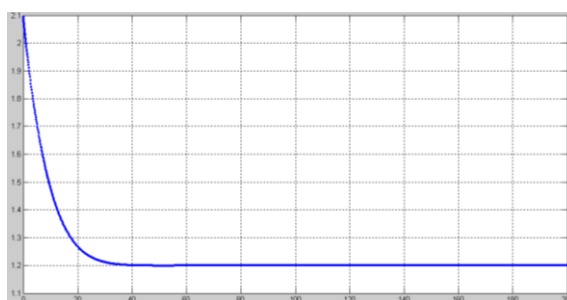


Рис.2. Угол поворота ротора СГ относительно синхронной оси вращения,  $S(t)=x_2(t)$

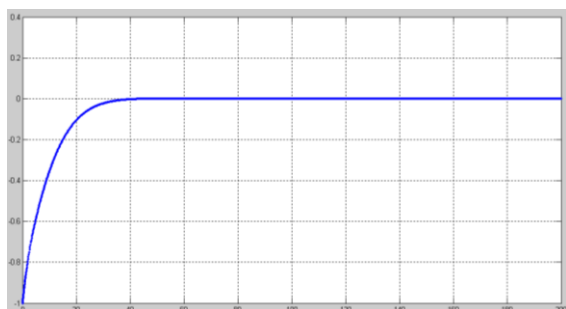


Рис.3. Скольжения,  $S(t)=x_2(t)$

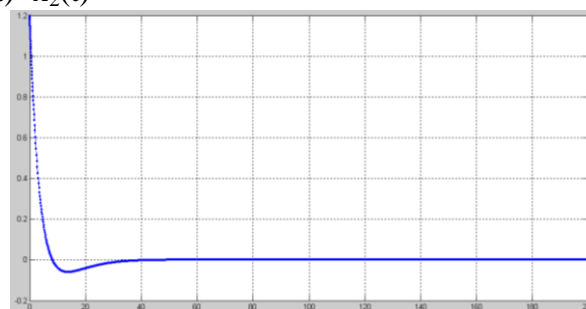


Рис.4. Синхронная ЭДС СГ по поперечной оси;  $x_3(t) = E(t)$

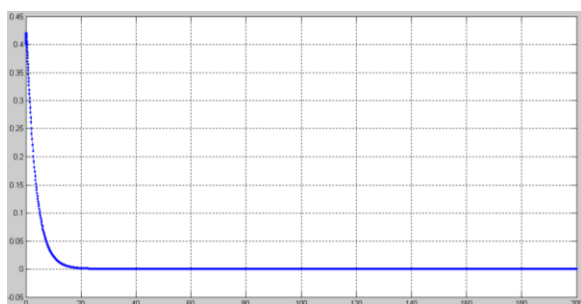


Рис.5. Механическая мощность турбины;  $P_T(t) = x_4(t)$

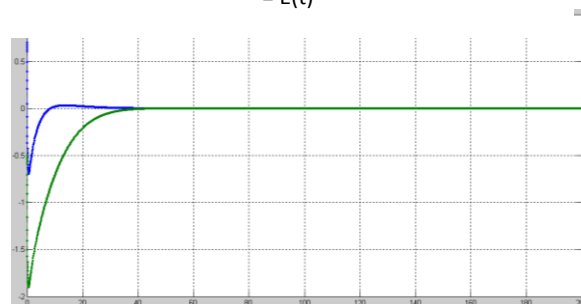


Рис.6. Управляющие воздействия  $u_1, u_2$

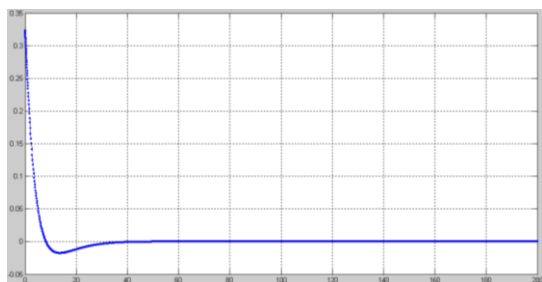


Рис. 7. Электрическая мощность системы;  $P_e(t)$

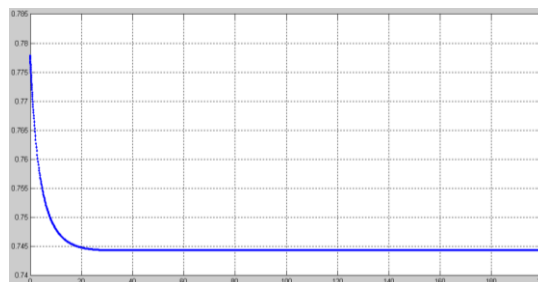


Рис. 8. Выходное напряжение генератора;  $U_v(t)$

Исходные параметры объекта, используемые для моделирования:

$T_j=9.17$ ;  $T_c=4$ ;  $T_{d0}=6$ ;  $\tau=0.05$ ;  $X_d=2.5$ ;  $X_{dd}=0.28$ ;  $\alpha_1=0.019$ ;  $\alpha_{12}=0.019$ ;  
 $y_{11}=0.3$ ;  $y_{12}=0.3$ ;  $U_c=1$ ;  $w_0=1$ ;  $T_1=1$ ;  $T_2=1$ ;  $T_3=1$ ;  $b_{11}=2$ ;  $b_{12}=1$ ;  $b_{21}=b_{12}$ ;  
 $b_{22}=b_{12}$ ;  $x_{10}=2\pi/3$ ;  $x_{20}=-0.1$ ;  $x_{30}=1.2$ ;  $x_{40}=0.4$ ;  $u_{10}=0.7$ ;  $u_{20}=-0.5$ ;  
 $\gamma=0.171$ ;  $a_1=y_{11}\sin(\alpha_{11})$ ;  $a_2=U_c y_{12}$ ;  $a_3=T_{d0}(X_d-X_{dd})U_c y_{12}$ ;  $a_4=1/\tau$ ;  $b_1=1/T_j$ ;  
 $b_2=1/T_{d0}$ ;  $b_3=1/T_c$ ;  $c_1=1$ ;  $\xi=0$ ;  $A=1$ ;  $F_t=0$ ;

Из рисунков видно, что синтезированные законы управления (21) и (22) обеспечивают выполнение турбогенератором технологической задачи.

Сравнительный анализ результатов моделирования турбогенератора с традиционными и другими современными законами управления [8,9] показал преимущество подхода *принципа гарантируемой динамики* [1-7], которые заключаются в следующем: 1) замкнутая система асимптотически устойчива в целом, т.е. во всей допустимой области изменения координат турбогенератора; 2) система обладает повышенным быстродействием при меньшей колебательности, что говорит о непротиворечивости целей управления в режимах малых и больших отклонений.

### Литература

1. Оморов Т.Т., Джолдошев Б.О. Синтез управляющих устройств для нелинейных систем с учётом показателей качества // Проблемы инф. и энергетики. – Ташкент: «ФАН» АН РУз, №2, 2010. – С. 3–8.
2. Джолдошев Б.О. Разработка методов и алгоритмов управления многомерными системами по заданным инженерным показателям качества. – Бишкек: «Илим», 2011. – 166 с.
3. Джолдошев Б.О., Оморов Т.Т. Синтез систем стабилизации по заданным критериальным ограничениям // Вестник Евразийского национального университета. – Астана, 2005. – №2 (42). – С. 18–28.
4. Джолдошев Б.О. Синтез робастного управляющего устройства для многомерного объекта управления // Журнал «Проблемы информатики и энергетики» АН РУз. Изд-во «ФАН», – Ташкент, № 2, 2011. – С. 75–78.
5. Джолдошев Б.О. К синтезу робастных систем управления линейными объектами при ограниченных возмущениях // Исследования по интегро-дифференциальным уравнениям. – Бишкек. Илим, 2009, Вып. 41. – С. 130–135.
6. Джолдошев Б.О., Оморов Т.Т. К оцениванию параметров в линейных многомерных системах с интервальной неопределенностью. // Журнал «Проблемы информатики и энергетики» АН РУз. Изд-во «ФАН», – Ташкент, № 3, 2010. – С. 29–34.
7. Джолдошев Б.О., Оморов Т.Т. Синтез робастного управляющего устройства для линейных систем управления // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек, 2010. – № 20. – С. 106–111.
8. Колесников А.А. Синергетическая теория управления. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 344 с.
9. Синергетические методы управления сложными системами: энергетические системы под ред. А.А. Колесникова. – М.: Едиториал, УРСС, 2005. – 222 с.
10. Электрические системы: Управление переходными режимами электроэнергетических систем / Под ред. В.А. Веникова, Э.Н. Зуева и М.Г. Портного. – М.: Высшая школа, 1982.
11. Глебов И.А. Научные основы проектирования турбогенераторов. – Л.: Энергия, 1986.

УДК: 005.584.1:624.131.47:636.082.42

## ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГЕТЕРОГЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

*Момуналиева Нуришат Тыныбековна, ст.преподаватель, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66*

В статье представлена технология мониторинга и картографирования гетерогенного растительного покрова с использованием методов дистанционного зондирования и геоинформационного моделирования. Выделение контуров растительности с помощью этих методов позволяет вести мониторинг их динамики, так как изменение отдельных площадей территориальных единиц растительности представляют собой чувствительные индикаторы в изменении глобальных и региональных экологических факторов, а также позволяет картографировать гетерогенные наземные экосистемы.

**Ключевые слова:** мониторинг, картографирование, дистанционное зондирование, геоинформационное моделирование, гетерогенный растительный покров, космические снимки, геоданные

## TECHNOLOGY MONITORING AND MAPPING OF HETEROGENEOUS VEGETATION

*Momunalieva Nurizat Tynybekovna, Lecturer, KSTU named after I.Razzakov Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek*

In article the technology of monitoring and mapping of a heterogeneous vegetative cover with use of methods of remote sounding and geoinformation modelling is presented. Allocation of contours of vegetation by means of these methods allows to conduct monitoring of their dynamics as change of the separate areas of territorial units of vegetation is represented by sensitive indicators of changes of global and regional ecological factors. And also to map heterogeneous land ecosystem.

**Keywords:** monitoring, mapping, remote sensing, GIS modeling, heterogeneous vegetation, satellite imagery, geodata

### Введение

При анализе природных систем какой-либо территории неизменно сталкиваешься с их пространственной неоднородностью. Существует широкий набор методов ее описания и анализа в рамках картографических направлений отдельных наук. В последние десятилетия в изучении пространственной организации экосистем всех уровней иерархии широко используются данные дистанционного зондирования (ДЗ).

Ведущую роль в формировании изображения космического снимка играет растительный покров, формирующий на цифровых изображениях смесь спектральных откликов различной яркости. Вместе с тем, именно гетерогенные природные системы и пограничные биотопы наиболее чувствительны к региональным и глобальным изменениям факторов природной среды, эти изменения фиксируются на космических снимках различного пространственного разрешения и оцениваются в оперативном режиме. Существуют разные подходы к анализу пространственно неоднородных выделов.

Наиболее распространены различные методы классификации снимков. Гетерогенные выделы нередко картографируются с использованием методов текстурного анализа [5].

Рассматриваемая технология позволяет не только картографировать, но и оценивать вклад различных типов растительности в спектральные характеристики снимков. Кроме того, с ее использованием можно проводить моделирование изменений пространственной структуры растительного покрова. Эта технология реализуется однотипно для космических снимков всего масштабного ряда и соответственно для всех уровней организации наземных экосистем. При проведении наземных геоботанических исследований основным объектом и одновременно таксономической единицей являлся элементарный выдел растительности, который отражается однотипным спектральным откликом на космоснимке. Выдел имеет внешние и внутренние свойства. Внешние отражаются в таких признаках, как геопривязка, размер, форма, ориентировка в пространстве, характер взаимоотношения со смежными растительными сообществами. Внутренние проявляются в признаках растительности, а также в связи с другими компонентами экосистем: рельефом, коренными породами, рыхлыми отложениями, почвами и др [1]. Одной из основ дальнейшего анализа выступает первичная атрибутивная база данных, описывающая как внутренние, так и внешние свойства элементарных выделов, которые, различным образом комбинируясь в пространстве, образуют систему территориальных единиц растительности территории.

### **Результаты и обсуждение**

Рассматриваемую технологию можно представить в виде следующей последовательности. Первый этап - исследование экосистем изучаемой территории, в ходе которого выявляется и характеризуется набор растительных сообществ и их сочетаний, определяются связи между различными компонентами экосистем. На основании этого производится выбор эталонных участков для комплексного описания геолого-геоморфологического строения, почв и растительности по унифицированному стандарту. По результатам полевых описаний составляются комплексные базы геоданных. Уже на этой стадии исследований наличие баз геоданных с характеристикой разных уровней иерархии позволяет перейти от качественного описания экосистем к геоинформационному их моделированию на основе количественных и полуколичественных признаков [6]. Базы дополняются спектральными библиотеками, полученными в результате изучения спектрального отклика ландшафтов на космоснимках выбранного пространственного разрешения и созданными по комплексно описанным в поле контурам. Таким образом, контур растительности представляет собой метрическую, а комплексное описание - семантическую составляющую базы геоданных, которая оформлена в векторном формате геоинформационной системы (ГИС) (ENVI, ArcGIS). Как правило, исследования ведутся на протяжении нескольких лет, что позволяет собирать комплексные описания, уточнять и пополнять спектральные библиотеки.

На следующем этапе оценивается степень внутренней однородности элементарных выделов растительности по всем каналам снимка. В случае гомогенности они должны обладать унимодальным распределением яркостных характеристик во всех диапазонах спектра. Если в каком-нибудь канале обнаруживается полимодальное распределение значений, то очевидно, что в спектральном домене обособляется более чем один объект, и такой выдел вряд ли можно считать элементарным.

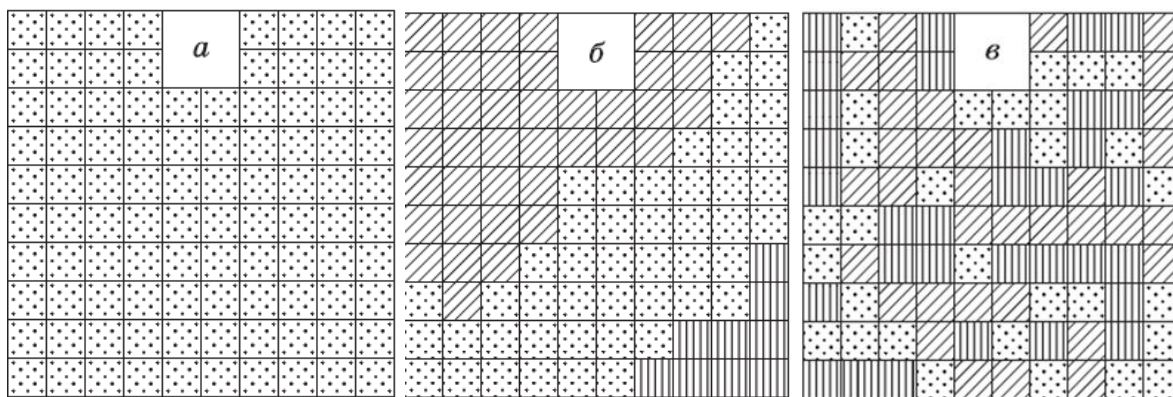


Рис. 1. Типы пространственного распределения в предварительных классификациях. *а* - однородное, *б*- зональное, *в* - однородно-смешанное.

Иногда на участке, описанном как однородный, при анализе спектров выделяются несколько типов объектов, сходных по почвенному покрову и составу растительности, но различающихся по другим признакам (степень проективного покрытия растительности, мозаичность ценотической структуры сообществ, антропогенная трансформация и др.). В таких случаях выделяются новые типы элементарных выделов, и их характеристики вносятся в базу геоданных. Особое внимание уделяется пространственному распределению пикселей в предварительных результатах управляемых классификаций на основе обучения по эталонным выборкам. На космоснимке (рис. 1) зафиксированы: однородное пространственное распределение элементарного выдела (в подобных случаях коррекция обычно не требуется); распад элементарного выдела на две выборки по зональному принципу (в данном случае целесообразно разделить элементарного выдела на несколько); равномерное однородное смешение разных выборок (что скорее всего свидетельствует о необходимости объединения их в один структурно однородный выдел). На основании анализа сходства и различия объектов в спектральном и пространственном доменах уточняется классификация элементарных выделов растительности [6,7].

По результатам этого этапа исследований формируются «спектральные портреты» растительности изучаемого района. Уточненная классификация с учетом сходства и различия спектральных характеристик оформляется в виде спектральной библиотеки территории, сопряженной с комплексной базой геоданных. Она представляет набор геоинформационных моделей эталонных выделов растительности исследуемой территории.

Следующий этап - управляемая классификация с обучением по эталонным выборкам [7]. Обработка изображений может проводиться пошагово с использованием масок в несколько итераций [2]. Так, отдельно классифицируются леса и травяные фитоценозы. Для исключения чрезмерно мелких объектов и выделения крупных областей строятся плотностные схемы для каждого типа элементарных выделов растительности. Шаг сетки в каждом конкретном случае определяется пространственным разрешением обрабатываемого космического снимка, а радиус скользящего окна подбирается эмпирически в соответствии с функциональным масштабом карты. На очередном этапе каждому пикселю присваиваются значения полученных плотностей, нормированные на сумму значений плотностей в каждом пикселе. Таким образом, любой из них получает характеристику в виде процентного соотношения плотностей элементарных выделов. После этого выделяются типы сочетаний ранга микрокомбинаций растительности [3].

### Заключение

Представленная технология позволяет анализировать растительный покров со сложной пространственной организацией методами ГИС и ДЗ. Она базируется на использовании баз геоданных, в которые входят унифицированные по междисциплинарному стандарту геолого-геоморфологические, почвенные и геоботанические характеристики наземных экосистем. Комплексная технология включает обработку космоснимков разного пространственного разрешения методами управляемых классификаций, а также плоскостной анализ территориальных неоднородностей с использованием сеточных моделей (с применением программных пакетов ENVI и ArcGIS).

Выделение контуров растительности на основе обработки космоснимков и геоинформационного моделирования позволяет картографировать гетерогенные образования и вести мониторинг их динамики.

### Список литературы

1. Грибова С. А. Картирование растительности в съемочных масштабах.- Т.4 / С.А. Грибова, Т.И. Исаченко.-Полевая геоботаника.- Л., 1972. -
2. Кашкин В. Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие / В. Б. Кашкин, А. И. Сухинин. - М.: Логос, 2001.
3. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах / В. Б. Сочава. - Новосибирск: Наука, 1978.
4. Сочава В. Б. Растительный покров на тематических картах / В. Б. Сочава - Новосибирск: Наука, 1979.
5. Фридланд В. М. Структура почвенного покрова / В. М. Фридланд.- М.: Мысль, 1972.
6. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош.-М.:Техносфера, 2008.
7. Программный комплекс ENVI: Учебное пособие. –М.: «Совзонд», 2007.

УДК.: 004.031.2

### ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ НАДЕЖНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСШИМ ОБРАЗОВАНИЕМ

*Саитов Нурлан Жолдошевич, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматического управления, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, город Бишкек, пр. Мира, 66, E-mail: [nsaitov@mail.ru](mailto:nsaitov@mail.ru)*  
*Шаршенбаева А. К., Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им.Н.Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика, E-mail: [as\\_ll@mail.ru](mailto:as_ll@mail.ru)*

Рост объемов данных, возросшие требования к надежности хранения и быстрдействию доступа данных делают необходимым выделение средств хранения в отдельную подсистему. Данная статья описывает методологию построения систем хранения резервных данных с применением облачных технологий. Роль и важность системы хранения определяются постоянно возрастающей ценностью информации в современном вузе, возможность доступа к данным и управления ими является необходимым условием для выполнения учебного - процесса. Безвозвратная потеря



данных подвергает учебный процесс серьезной опасности. Утраченные вычислительные ресурсы можно восстановить, а утраченные данные, при отсутствии грамотно спроектированной и внедренной системы резервирования, уже не подлежат восстановлению.

**Ключевые слова:** информационная система, образовательный портал, электронный документооборот, автоматизация учебного процесса, облачные технологии, ИС «AVN».

## CLOUD TECHNOLOGY TO BUILDING RELIABLE AUTOMATED SYSTEMS OF HIGHER EDUCATION

*Saitov Nurlan, Candidate of Engineering Sciences, Associate professor of Automation and Control Department, I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, Mira avenue, 66*

*Asel Sharshenbaeva, N. Isanov Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture, Bishkek, Kyrgyz Republic*

Growth of volumes of the data, the increased requirements to reliability of storage and speed of access of data do necessary storage assignment in a separate subsystem. This article describes methodology of creation of systems of storage of reserve data with application of cloudy technologies. The role and importance of the storage system are determined by the ever increasing value of information in the modern university, the ability to access their data and control is a prerequisite for the implementation of educational - process. Permanent data loss puts the learning process in serious danger. Lost computing resources can recover lost data and, in the absence of well-designed and implemented backup system will not be recovered.

**Keywords:** informational system, educational portal, electronic document management, automation of the educational process, cloud technology, Informational System «AVN».

**Введение.** Внедрение новых информационных технологий в процесс обучения, совершенствование системы преподавания и управления учебным процессом приводит к увеличению объема необходимой информации, повышает требования к ее оперативности и способам получения. Современные компьютерные технологии открывают доступ к новым источникам информации, способам общения, позволяют реализовать принципиально новые формы и методы обучения. В этих условиях информационная среда вуза и средства автоматизации учебного процесса должны наиболее полно обеспечивать информационные запросы учащихся, связанные непосредственно с учебным процессом, и запросы преподавательского состава вуза, связанные как с непосредственным учебным процессом, так и с автоматизацией его обеспечения.

**Постановка задачи.** Роль и важность системы хранения определяются постоянно возрастающей ценностью информации в современном вузе, возможность доступа к данным и управления ими является необходимым условием для выполнения учебного - процесса. Безвозвратная потеря данных подвергает учебный процесс серьезной опасности. Утраченные вычислительные ресурсы можно восстановить, а утраченные данные, при отсутствии грамотно спроектированной и внедренной системы резервирования, уже не подлежат восстановлению. По данным Gartner, среди компаний, пострадавших от катастроф и переживших крупную необратимую потерю корпоративных данных, 43% (!!!) не смогли продолжить свою деятельность.

На сегодняшний день компания AVN помогает вузам внедрять комплексную автоматизированную систему управления высшим учебным заведением (ИС AVN). ИС

AVN это: 38 программ, в которых заложены все основные функциональные обязанности сотрудников и преподавателей. С применением клиент серверной технологии исключается дублирование работ между отделами. Все программы сопровождаются руководствами пользователей. Образовательный портал, для организации учебного процесса с применением дистанционных технологий, который можно применить для всех форм обучений. AVN test, который позволяет: проводить экзамены, зачеты в виде теста и организовать самоконтроль, срез знаний для студентов. Электронный документооборот для контроля внешних и внутренних задач, поручений, документов и т.д. Сервер отчетов для получения разных аналитических отчетов в режиме реального времени.

Очевидно, что для надежного функционирования автоматизированных систем управления высшим образованием, необходимо разработать технологию резервного архивирования, копирования и хранения данных. Именно решению этого вопроса посвящена данная статья.

**Результаты исследований.** Для надежности работы ИС AVN и сохранности данных учебного заведения, на AVN серверах надо контролировать следующие задачи:

- 1) Правильность настройки программы AVN 26 для резервного архивирования базы данных ИС AVN.
  - а) База AVN 2-3 раза в день (примерно 8-00, 13-00, 17-00);
  - б) База AVNLOG 1 раз в неделю (примерно в субботу 9-00);
  - в) База AVN\_test 1 раз в неделю (примерно в субботу 12-00);
  - г) Папку C:\AVN 1 раз в неделю (примерно в субботу 15-00);
  - д) Папку F:\LMS 1 раз в неделю (примерно в субботу 20-00)
- 2) Архивные файлы каждые 20-30 дней надо записывать на DVD диски и передавать ответственному отделу для хранения в сейфе.
- 3) Надо прописать эти процедуры как функциональные обязанности соответствующих сотрудников.

*Примечание:*

База AVN - данные и записи ИС AVN;

База AVNLOG - данные по действию пользователей;

База AVN\_test - данные по системе тестирования;

Папка C:\AVN - все программы и конфигурационные файлы;

Папка F:\LMS - все файлы по образовательному portalу.

Все это делается с помощью программы AVN 26, которая устанавливается и автоматически запускается как служба Windows и выполняет задачи по расписанию рис.1.

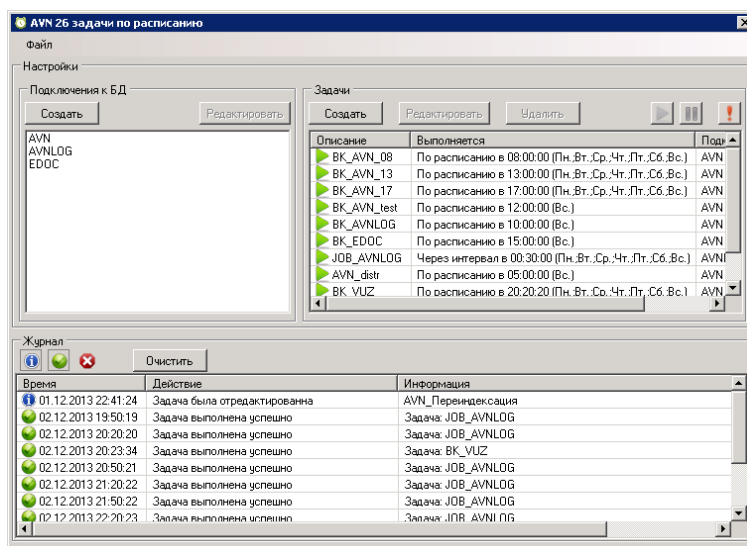


Рис.1. Программа AVN 26 резервного архивирования базы данных ИС AVN.

Выполняя перечисленные задачи вуз может надежно сохранять свои данные. Но выполнение пункта 2 про записи на DVD диски архивы каждый 20-30 дней тоже имеет свои недостатки. Так как если архивы сохраняются в течении 20-30 дней на одном сервере и еще в сервере где не настроена технологии RAID выше нулевого уровня, то вероятность потери данных тоже увеличивается.

Одним из перспективных направлений решения задач данного рода становятся меры по использованию внешних информационных ресурсов, активному привлечению внешних сервисов, предоставляемых специализированными сторонними организациями.

За относительно непродолжительный период в повседневный оборот устойчиво вошли такие термины «облачные вычисления» («cloud computing») и «облачные сервисы» («cloud services»).

На текущий момент Википедия (Wikipedia) предлагает следующее определение термина «облачные вычисления», как модели «обеспечения повсеместного и удобного сетевого доступа по требованию к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, сетям передачи данных, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам – как вместе, так и по отдельности), которые могут быть оперативно предоставлены» [1]. Само употребление звучащего несколько несерьёзно термина «облако», в первую очередь, должно подчёркивать то, что от конечного потребителя ИТ-услуг не требуется профессиональных знаний и представлений о деталях и механизмах функционирования обеспечивающей инфраструктуры. Сам доступ к облачным ресурсам является динамически масштабируемым и осуществляется через стандартную общераспространённую коммуникационную среду – Интернет. Одна из версий возникновения термина «облако» (cloud) связывает его с именем Эрика Шмидта, председателя совета директоров и главного исполнительного директора компании Google, использовавшего его на одной из тематических интернет-конференции 2008 года. Другая версия привязывает его к моменту запуска компанией Amazon.com проекта Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) в 2005 году. Отдельные авторы среди первых, кто стал использовать на схемах информационных систем рисунок облака, называют профессора бизнес-школы Goizueta Университете Эмори (Emory University, Атланта, Джорджия) Рамната К Челлапа (Ramnath K. Chellappa) [2].

Вообще говоря, истоки того, что теперь принято называть облачными технологиями и облачными вычислениями, мы можем наблюдать и в более ранние периоды. По существу к ним могут быть отнесены сервисы по предоставлению почтовых ящиков на почтовых серверах (Mail.ru, Yandex, Hotmail, Gmail), файловых хранилищ (narod.yandex.ru), внешних хостингов для сайтов и т.п.

К настоящему времени сформировался набор обязательных характеристик облачных вычислений, зафиксированных на уровне Национального Института стандартов и технологий США (NIST). К таковым относят самообслуживание по требованию, универсальный доступ по сети, объединение ресурсов, эластичность, учёт потребления. Также устоялась классификация моделей обслуживания в рамках облачных сервисов, получившая оформление на уровне Википедии [3]. Это:

- Software as a Service (SaaS) – программное обеспечение как услуга;
- Platform as a Service (PaaS) – платформа как услуга;
- Infrastructure as a Service (IaaS) – инфраструктура как услуга.

Стабильность работы «облачных» сервисов, обеспечиваемых профессиональными провайдерами, как правило, выше по сравнению с ситуацией поддержки ИТ-инфраструктурой собственными специалистами вуза. Это происходит как за счёт факторов профессионально-технического плана (лучшие возможности по эффективному распределению мощностей, резервированию данных, внедрению новых технологических

решений и т.п), так и за счёт наличия объективных экономических стимулов у компаний-провайдеров по повышению качества предоставляемых услуг в конкурентной среде. Таким образом, для резервной архивации данных можно использовать облачные технологии.

На примере мы можем взять технологию, которая предлагает компания MAIL.RU рис.2.



Рис.2. [Облако@mail.ru](http://Облако@mail.ru).

Мы можем, используя «Облако Mail.ru» синхронизировать наши архивные файлы через десктопную программу для Windows. Получится программа AVN 26 будет временно собирать архивных файлов в синхронизированную папку «Облако Mail.ru». А «Облако Mail.ru» будет копировать себе данные рис.3.

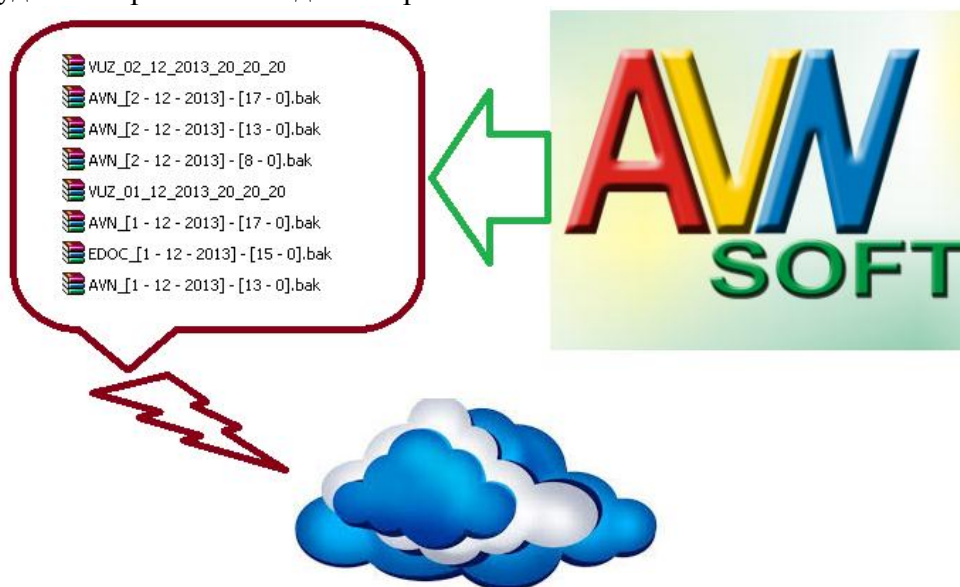


Рис.3. Схема передачи архивов в «Облако Mail.ru».

В данной схеме работы существенным является наличие и качество интернет соединения. Основным методом повышения качества является дублирование, то есть наличие резервного канала связи. На сегодняшний день даже в не очень крупных городах можно организовать дублированное подключение к интернет. Основной канал – проводное соединение, резервный – сотовая связь. В крупных городах ситуация еще лучше. Помимо крупных операторов существует Wifi, WiMAX, 3G, местные провайдеры.

**Выводы.** Действительно, облачные технологии предоставляют практически безграничные возможности благодаря своим сервисам, начиная с простого хранения информации и заканчивая предоставлением сложных безопасных ИТ-инфраструктур. Кроме предоставления конечным пользователям вычислительных мощностей, облачные технологии предоставляют новые рабочие места для ИТ-специалистов, которые способны настраивать и сопровождать «облака». И так, как сами технологии достаточно молоды, продолжаются исследования возможности их применения в различных областях жизни.

### Литература

1. Облачное\_хранилище <http://ru.wikipedia.org/wiki/> Андрей Федив. Сервис для хранения файлов: какой выбрать. Компьютерра-Онлайн. Мой друг компьютер №15, 2011, с. 32—22 (дата обращения: 25.11.2013)
2. Романченко В. Облачные вычисления на каждый день // [http://www.3dnews.ru/editorial/cloud\\_computing/](http://www.3dnews.ru/editorial/cloud_computing/) (дата обращения: 28.11.2013)
3. Облачные сервисы. Взгляд из России. /Под ред. Е. Гребнева. — М.: CNews, 2011.
4. Заоблачные перспективы развития облачных вычислений [http://blogs.cisco.ru/2011/12/08/growth\\_cloud/](http://blogs.cisco.ru/2011/12/08/growth_cloud/) (дата обращения: 26.11.2013)
5. Крюков В.В. Информационная среда как инструмент управления вузом: Институциональный менеджмент в вузах/ В.В. Крюков, К.И. Шахгельдян.: – Екатеринбург, 2006.

УДК 004.823:004.89

### О СЕМАНТИКО-ФРЕЙМОВОЙ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ В ОБУЧАЮЩИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

*Батырканов Жениш Исакунович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе и внешним связям, Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира 66, E-mail: bjenish@mail.ru*

*Кудакеева Гулида Маданбековна, аспирант кафедры «Автоматическое управление», Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира 66, E-mail: gulida87\_87@mail.ru*

В данной работе исследуется вопрос построения интеллектуальной обучающей системы, основанной на семантико-фреймовом представлении знаний. Работа направлена на создании экспертной обучающей системы. Эффективность любой экспертной системы сильно зависит от принятой модели представления знаний. Для представления знаний в обучающей системе для самостоятельного изучения предметов студентами наиболее подходящей моделью представления знаний является использование фреймовой модели с дальнейшим использованием семантической связью между фреймами.

**Ключевые слова:** Знания, образ, объект распознавания, фрейм, слот, семантика, модель.

## ON THE SEMANTIC-FRAME MODEL OF KNOWLEDGE REPRESENTATION IN INTELLIGENT SYSTEMS TRAINING

*Batyrkanov Jenish Isakunovich, D.Sc.(Engineering), Professor, Vice Rector for Research and foreing Relations, Kyrgyz State Technical University after name of I.Razzakov,66 Mir Ave., Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic, E-mail: bjenish@mail.ru*

*Kudakeeva Gulida Madanbekovna, post-graduate student of "Automatic control", Kyrgyz State Technical University after name of I.Razzako, 66 Mir Ave., Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic, E-mail: gulida87\_87@mail.ru*

In this paper, we investigate the question of building intelligent learning system based on semantic-frame-knowledge. The work is aimed at the creation of an expert training system. The effectiveness of any expert system is highly dependent on the accepted model of knowledge representation. For representation of knowledge in the training system for self-study subjects the students the most appropriate model of knowledge representation is to use a frame model with the continued use semantic connection between frames.

**Keywords:** Knowledge, image recognition object, frame, slot, semantics model.

Формирования знаний у человека начинается с самого рождения, при взаимодействии с внешним реальным миром при помощи органов чувств.

При действии внешнего мира у человека через чувствительные нейроны поступают воздействия (сигналы) на центральную нервную систему – мозг. От воздействия активизируются определенные участки головного мозга, т.е. возбуждаются, и появляются связь между определенным множеством нейронов головного мозга.

Таким образом, материальным носителем информации о конкретном внешнем воздействии является множество активированных, взаимосвязанных нейронов, т.е. в мозгу появляется конкретный образ в виде множество активированных нейронов.

Абстрактные образы в системах искусственного интеллекта называются фреймами.

Фрейм представляет собой структуру данных, с помощью которых можно, например, описать обстановку в комнате или место встречи для проведения совещания; в виде фрейма можно описать ситуацию, сценарий, роль, структуру и т.д. Фрейм отражает основные свойства объекта или явления. Структура фрейма записывается в виде списка свойств, называемых во фрейме слотами.

По мере взросления человеческий ребенок кроме увеличения объема понятий, объектов в виде фреймов сам или при помощи родителей, учителей накапливает информацию об отношениях между объектами (фреймами) в виде сложных объектов (фреймов) и в виде отдельных фактов, правил. Далее человек приобретает те или иные знания. Знания – это выявленные закономерности в тех или иных предметных областях.

В теории систем искусственного интеллекта отношения между отдельными объектами отображаются в виде семантических сетей.

Итак, процесс познания, хранения знаний, информации в человеческом мозгу, упрощенно, можно трактовать как семантико – фреймовую модель представления знаний, информации.

Используя семантическую модель, на основании теории графов и теории систем можно получить элементы интеллектуализации для представления и обработки знаний.

Формально, семантическую модель для интеллектуальной системы обучения можно задать в следующем виде:

$$C = \langle I, C, G \rangle$$

*I* - множеств информационных единиц;

$C$  - множество типов связей между информационными единицами;

$G$ - отображение, задающее конкретные отношения из имеющихся типов  $C$  между элементами  $I$ .

Используя фреймовую модель, можно получить второй элемент интеллектуализации для представления и обработки знаний. Формально, фреймовую модель можно представить в следующем виде:

$$F = \langle N, S_1, S_2, S_3 \rangle$$

$N$  - имя фрейма;

$S_1$  - множество слотов, содержащих факты, определяющие декларативную семантику фрейма;

$S_2$  – множество слотов, обеспечивающих связи с другими фреймами;

$S_3$  – множество слотов, обеспечивающих преобразования, определяющие процедурную семантику фрейма.

Ниже рассматривается один из подходов построения интеллектуальной системы использующих семантико – фреймовую модель представления знаний.

Формально семантико - фреймовую модель можно представить в виде:

$$M = (C, F, R)$$

где  $R$ -отношения между  $C$  - семантической и  $F$ -фреймовой моделями.

Семантико-фреймовую модель представления знаний можно использовать в обучающей системе, где студент задает вопросы, машина отвечает.

Выходные данные анализируются с помощью естественного языка человека (ЕЯЧ). Информационная система получает запрос от пользователя и затем на ЕЯЧ выдает ответы.

Логику работы в предлагаемой обучающей системе можно построить следующим образом. Например, студент (пользователь) задает вопрос интеллектуальной системе.

- является ли устойчивой система с передаточной функцией типа  $W(p) = \frac{B(p)}{A(p)}$  ?

Интеллектуальная система ищет ответ, используя базу знаний и заложенный механизм логического вывода. В базе знаний представлены все понятия, объекты, правила, факты в виде отдельных фреймов, а также отображены отношения между объектами (понятиями) в виде семантических сетей.

Логику поиска ответа на поставленный выше вопрос можно представить в виде следующей цепочки.

В заданном вопросе речь идет о понятии «устойчивость», поэтому это слово (понятие) есть первоначальный ключ к поиску решения. В базе знаний (в подсистеме терминологический словарь) находим фрейм «устойчивость». Далее ищется отношения «методы критерии устойчивости», далее по сети определяется фрейм алгебраические критерии устойчивости, в частности если выбран критерии Гурвица, то нужно проверить слоты фрейма касающиеся диагональных миноров матрицы Гурвица относительно положительности. Если они положительны, то система устойчива. Выдается ответ «система устойчива». С соответствующими выкладками.

В целом структуру ядра обучающей интеллектуальной системы, использующую семантико-фреймовое представление знаний можно представить в виде Рис.1.

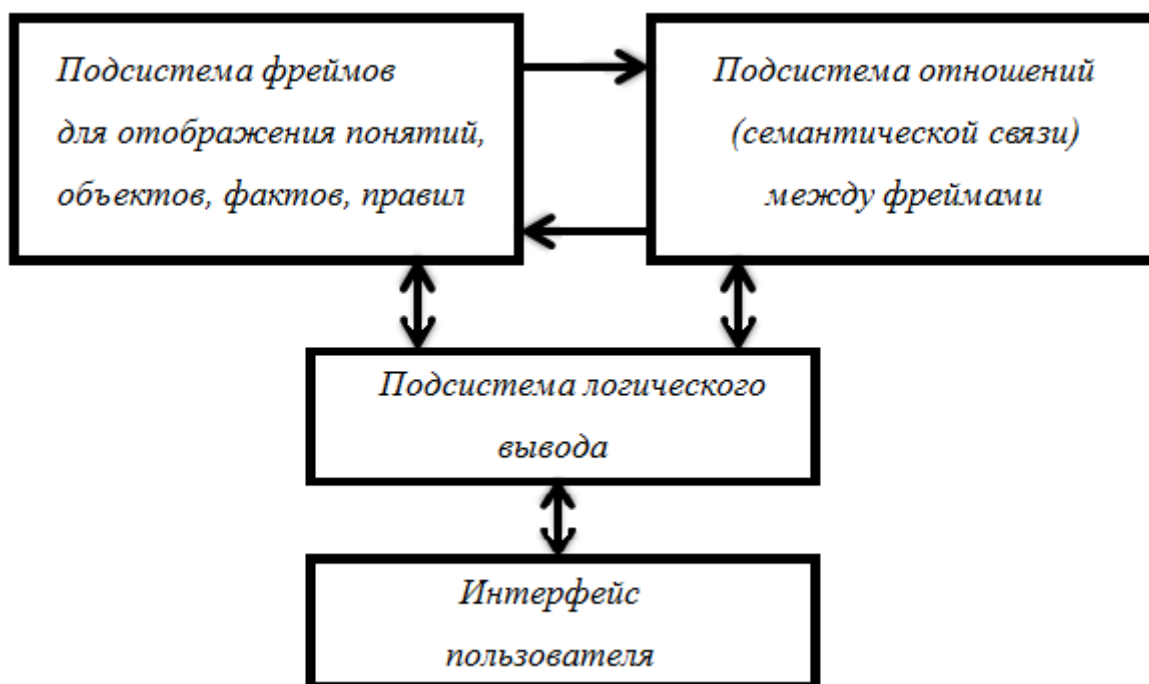


Рис.1 Ядро интеллектуальной обучающей системы

**Вывод:** Разработана концепция и модель ядра интеллектуальной обучающей системы основанный на семантико-фреймовом представлении знаний.

#### Литература

1. Батырканов Ж.И. Системы искусственного интеллекта. Учебное пособие / Батырканов Ж.И. КГТУ им. И.Раззакова. –Б.: ИЦ «Техник», 2013.-138 с.
2. Батырканов Ж.И. Обучающие экспертные системы / Батырканов Ж.И., Боскебеев К.Дж. // Известия КГТУ, 2011 №22. –с.271-274.
3. Хант Э. Искусственный интеллект / Хант Э. – М.: Мир, 1978
4. Журавлев Ю.И. Избранные научные труды / Журавлев Ю.И. – Изд. Магистр,2002, - 420с.



**ХИМИКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

УДК 666.92:664.1:625

**ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ В САХАРОСОДЕРЖАЩЕМ РАСТВОРЕ НА СТРУКТУРИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ОСАДКА**

*Чериков Сатыбалды Турдумаматович, к.т.н., нач. отд. «Рекуперации вторичных ресурсов промышленности и охраны окружающей среды» НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: scherikov@inbox.ru, Баткибекова Минира Баткибековна, д.х.н., проф., директор НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, Омурзакова Айдана Болотбековна, аспирант НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66.*

Разработана конструкция опытного аппарата, интенсивно изменяющего гидродинамику жидкости при проведении дефекации и сатурации, способствующего улучшению активности оксида кальция для удаления несхаристых веществ и однородного структурирования фильтрационного осадка с целью его вторичного использования. Преимуществом предлагаемой опытной конструкции является то, что процесс сатурации протекает почти в два раза быстрее, скорость фильтрации сока улучшается, а главное, создается хорошее сырье для получения вторичных материалов из новообразующего фильтрационного осадка.

**Ключевые слова:** фильтрационный осадок, крупнотоннажный отход, карбонат кальция, дефекация, сатурация, структурирования, фильтрация, однородные частицы.

**THE EFFECT OF SOLUBILITY OF CALCIUM OXIDE IN SUGAR-CONTAINING SOLUTION TO THE STRUCTURING OF THE FILTER CAKE**

*Cherikov Satybaldy Turdumamatovich, Ph. D., head of DEP. "The recovery of secondary resources industry and environmental protection" Research Institute of chemical technology at KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66, e-mail: scherikov@inbox.ru, Batkibekova Minira Batkibekovna, Ph. D., Professor, Director Research Institute of chemical technology at KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66, Omurzakova Aidana Bolatbekovna, postgraduate, Research Institute of chemical technology at KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66.*

Developed the design of the experimental apparatus, rapidly changing hydrodynamics of liquid during the defecation and carbonation that improve the activity of calcium oxide for the removal of nesacarily substances and homogeneous structuring of the filter cake for the purpose of re-use. The advantage of the proposed experimental design is that the carbonation process runs almost two times faster rate of filtration of the juice is improved, and most importantly, a good raw material to obtain secondary materials from novobratsevo sludge.

**Keywords:** filter sediment, bulk waste, calcium carbonate, defecation, saturation, structure, filtration, homogeneous particles.

**Введение.** В сахарных заводах в технологической линии очистки сока при проведении процесса дефекации и сатурации интенсивным изменением гидродинамики

жидкости в аппарате можно достичь во всех частях объема сока равномерного и эффективного разрушения редуцирующих веществ с помощью оксида кальция и получить более очищенный сок от несхаристых веществ и однородный фильтрационный осадок с целью дальнейшего его вторичного использования /1,2/. В этом случае фильтрационный осадок, имеющий однородные частицы, при использовании его в качестве сорбционного материала для очистки соков и сточных вод будет иметь равномерную, эффективную, активную сорбционную поверхность, способствующую эффективной адсорбции сорбтивов.

Для подтверждения вышесказанного нами разработана и изготовлена опытная конструкция устройства для изучения растворимости оксида кальция в объеме жидкости и эффективности удаления несхаристых веществ полученным однородным осадком при очистке сахаросодержащего раствора при проведении процесса дефекации и сатурации (рис. 1).

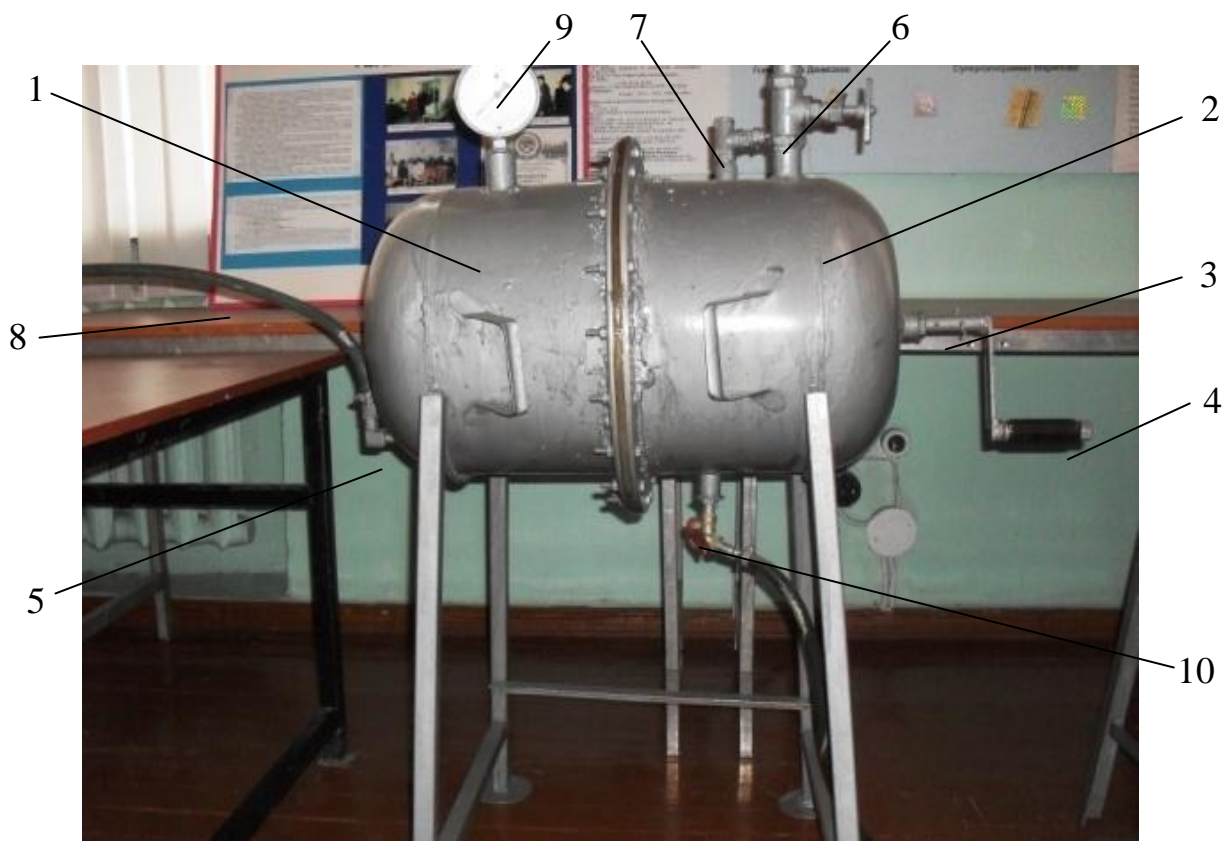


Рис.1. Устройство для изучения растворимости оксида кальция:

1 - и 2 – цилиндрическая часть корпус аппарата; 3 – вал перемешивающего устройства; 4 – ручка ; 5 – барботер для  $\text{CO}_2$ ; 6 – патрубок для подвода жидкости; 7 – патрубок для подвода реагента; 8 – высоконапорный гибкий шланг для подачи  $\text{CO}_2$ ; 9 – манометр для измерения давления внутри аппарата; 10 – патрубок для удаления отработанной жидкости

**Цель исследования:** В производственных условиях в сахарном заводе при проведении процесса дефекации и сатурации получение однородного структурированного осадка, эффективно действующего на сорбцию сорбтивов при очистке соков и сточных вод.

**Экспериментальная часть.** С целью решения вышеставленных задач изготовлено конструкция устройства для проведения исследовательской работы (рис. 1). Вместимость аппарата 70 литр. Конструкция состоит из горизонтально расположенного цилиндрического корпуса симметрично составляющей из двух частей 1 и 2. Внутри

цилиндра по оси установлен полый вал 3, а к нему перпендикулярно приварены кронштейны с интервалом 150 мм, т.е. четыре штук в одном ряду. По окружности вала другие кронштейны расположены в интервале по  $120^\circ$  и смещением относительно другого ряда 50 мм. В каждом кронштейне приварена перфорированная лопасть. Общее число лопастей в аппарате 12 штук. В одном ряду находящиеся лопасти приварены к кронштейну относительно к валу по  $60^\circ$ , направляющие течение жидкости в разные стороны. Кроме этого эти лопасти размещены по окружности от вала до периферии на разных расстояниях. Такое расположение лопастей и в других двух рядах также повторяется. Один конец вала находится во втулке, приваренной внутри корпуса, а другой конец выходит в наружу. Выходящая часть вала установлена в двухрядном роликовом подшипнике и снабжена манжетом и специальным сальником для устранения утечки жидкости и газа в процессе работы. Вал вращается с помощью ручки 4 или электродвигателем для проведения опытов в разном режиме. Для предотвращения вращения жидкости при вращении лопастей, по длине во внутренней стороне корпуса аппарата в трех местах с интервалом  $120^\circ$  по окружности жестко закреплены контролопасти. В нижней части внутри устройства установлен барботер 5 для подачи газа, а в верхней части установлены патрубки для подачи жидкости 6 и известкового молока 7. Газ ( $\text{CO}_2$ ) подается из углекислотного баллона с помощью высоконапорного гибкого шланга 8. Для контроля давления аппарат снабжен манометром 9. После выполнения опыта отработанная жидкость сливается с нижней части конструкции с помощью патрубка, снабженного краником 10.

Устройство работает следующим образом. Сначала закрывается нижний вентиль. После этого в каждом опыте с верхней части установленного патрубка 6 в емкость заправляли 50 л диффузионного сока, полученного в заводских условиях, и туда же подавали известковое молоко с расходом установленным технологическим режимом в заводе. Соблюдали и остальные технологические режимы, т.е. время пребывания сока в заводском дефекаторе и число оборотов вала перемешивающего устройства. Отличие предлагаемого устройства от типовых заводских устройств заключается в том, что при проведении процесса дефекации в объеме сока исключаются застойные зоны. Распределение и растворимость оксида кальция по всему объему сока протекает равномерно благодаря интенсивному перемешиванию в устройстве, рассчитанном на хаотичное течение жидкости и реагента внутри корпуса. Об это можно судить по разрушению редуцирующих веществ с оксидом кальция (табл.1), резко отличающемся от процесса проведенного в процессе дефекации в типовом аппарате.

Таблица 1

Скорость разложения РВ в объеме сока в процессе дефекации в предложенном устройстве

Номер опыта	Содержание РВ, % к массе продукта		Разность разложения РВ, % к массе продукта
	до аппарата	после аппарата	
1	0,285	0,025	0,260
2	0,283	0,023	0,260
3	0,292	0,029	0,263
4	0,294	0,031	0,263
5	0,281	0,019	0,262
Средн. значен.	0,287	0,0156	0,2616

После завершения дефекации сразу же проводили процесс сатурации. Для этого в дефекованный сок сразу же подавали углекислоту ( $\text{CO}_2$ ) через барботер (рис.1, поз. 5). За счет эффективного перемешивания жидкости с реагентом при проведении сатурации в предложенной конструкции получили достаточно хорошо фильтруемый осадок, несмотря

на комбинирование I и II ступени сатурации в одной конструкции. При проведении сатурации в опытной конструкции соблюдали все технологические режимы аналогично сатурации II ступени в заводском аппарате, т.е. щелочностью и pH сока.

После проведения дефекации и сатурации в опытной конструкции, обработанный сок с реагентами фильтровали в нами разработанной двухступенчатой конструкции фильтра (рис. 2). В этой же конструкции фильтра отфильтровывали сок, отобранный из заводской линии после II ступени сатурации.

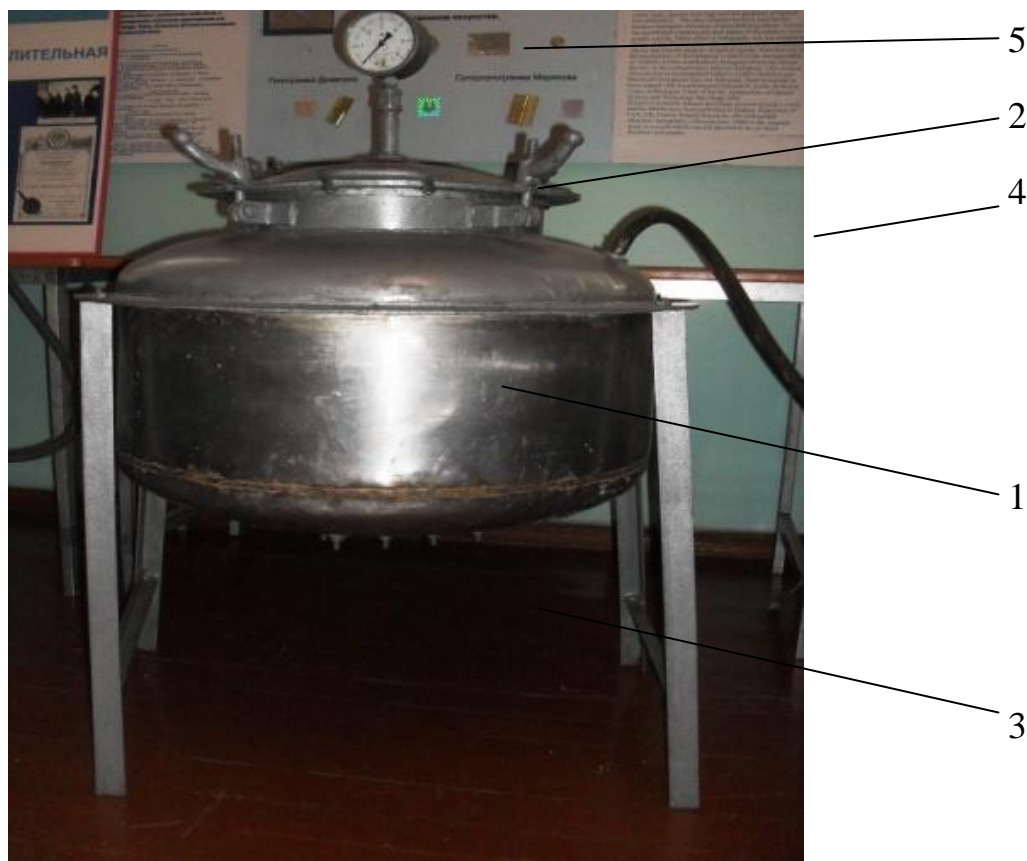


Рис. 2. Двухступенчатый фильтр: 1 – цилиндрический корпус фильтра; 2 – крышка фильтра; 3 – фильтрующие элементы; 4 – гибкий шланг для подачи воздуха от компрессора; 5 – манометр для измерения давления внутри аппарата

Опытная конструкция фильтра имеет конструктивное отличие, например от дискового фильтра или от ФиЛС. Отличие двухступенчатой конструкции фильтра от других аналогичной конструкции в том, что фильтрация сразу же протекает сквозь двух фильтровальных тканей, ступенчато, без рециркуляции жидкости. На второй ступени можно ставить другую фильтровальную ткань, например имеющую меньшую пору.

На опытной конструкции фильтра в обоих случаях заправляли по 50л отсатурированного сока. Для фильтрующего материала I ступени использовали бейтинг, на II ступени лавсан, а в качестве опорных фильтрующих перегородок использовали перфорированные нержавеющие листы, между ними расположили фильтрующие ткани (рис. 3). В над соковым пространстве создавали постоянное давление воздуха 0,35 МПа с помощью компрессора.

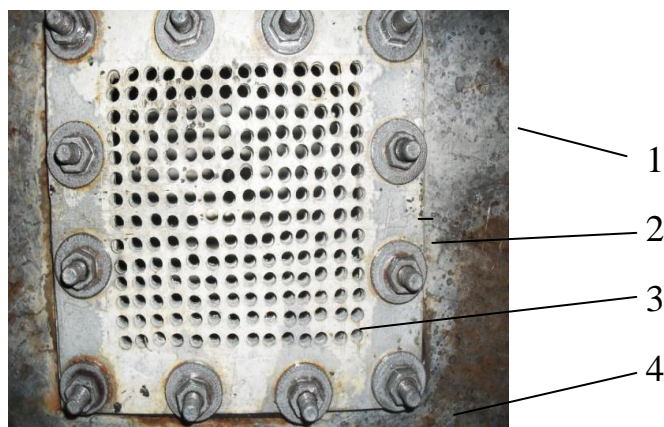


Рис. 3. Фильтрующие элементы: 1 – нижняя часть корпуса фильтра; 2 – держатель фильтрующего материала; 3- фильтрующий материал; 4 – зажимные болтовые соединения

После фильтрации, когда перестал течь сок, открутили болтовые соединения, осторожно освободили фильтровальные ткани покрытые осадком по отдельности от держателя фильтрующего материала. Визуальным наблюдением было понятно, что в типовой конструкции аппаратов полученного осадка на первом фильтре остается около 40%, на втором фильтре около 60%. Эти осадки по отдельности сушили в открытом воздухе при температуре 70 °С и взвешивали. При взвешивании подтвердилось, что соотношение, примерно, 40% на первом, 60% на втором фильтре, при этом на первом фильтре оставались более грубые осадки, на втором фильтре - более мелкие осадки.

В опытной конструкции полученные осадки анализировали, аналогично типовой конструкции. На этот раз в первом фильтре осталось осадка 85%, на втором 15%. Частицы высушенного осадка из первого фильтра были более крупные и однородные. Это подтвердилось при проверке с помощью 2000 -кратно увеличивающего электронного микроскопа.

**Выводы.** 1. Из полученного результата можно сказать, что из-за плохого распределения и растворимости СаО в объеме жидкости в типовых аппаратах осадок образуется неоднородный и плохофильтруемый. В заводском вакуум-фильтре на барабан накладывают только один слой фильтрующего материала. Основная часть мелкозернистых частиц осадка, полученная на типовых аппаратах в начале фильтрования проходит через ткань и остается в составе сока, а после образования слоя осадка на поверхности материала эти мелкие частицы забивают поры фильтрующего материала и затрудняют скорость фильтрации.

2. Полученный на опытной конструкции однородный осадок при дальнейшем использовании ее в качестве сорбента или в качестве добавочного сырья для комбикормов будет более эффективным. Получение однородного структурированного осадка способствует в дальнейшем получению сорбента и добавок для комбикормов из новообразующих осадков без дополнительного измельчения.

3. Преимуществом предлагаемой опытной конструкции является то, что процесс сатурации протекает почти в два раза быстрее, скорость фильтрации сока улучшается, а главное, создается хорошее сырье для получения вторичных материалов из новообразующего фильтрационного осадка.

### Литература

1. Бугаенко И.Ф. Структура фильтрационного осадка и его седиментационные и фильтрационные свойства / И.Ф. Бугаенко, Е.П. Ишина // «Сахарная промышленность».- 1983.- №4.- С.41-43.

2. Чериков С.Т. Усовершенствованная установка для сатурации клеровки тростникового сахара-сырца / С.Т. Чериков, М.Т. Ибрагимов А.Р. Сапронов // «Сахарная промышленность».-1987.- №9 С.30-31.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗУЧЕНИЯ РАСТВОРИМОСТИ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ В САХАРОСОДЕРЖАЮЩЕМ РАСТВОРЕ В ПРОЦЕССЕ ДЕФЕКАЦИИ И САТУРАЦИИ

*Чериков Сатыбалды Турдумаматович, к.т.н., нач. отд. «Рекуперации вторичных ресурсов промышленности и охраны окружающей среды» НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: scherikov@inbox.ru,  
Баткибекова Минура Баткибековна, д.х.н., проф., директор НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66,  
Омурзакова Айдана Болотбековна, аспирант НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66.*

Для изучения растворимости извести в объеме жидкости в производственных условиях разработана методика исследования, т.е. ориентированные воздействия оксида кальция на разрушение редуцирующих веществ в объеме сахаросодержащего сока с использованием производственных аппаратов. Применяя разработанный метод исследования можно прогнозировать пути интенсификации очистки клеровки тростникового сахара-сырца с полным разложением редуцирующих веществ в процессе дефекации и сатурации, что позволяет моделировать более эффективные конструкции аппаратов.

**Ключевые слова:** известь, оксид кальция, редуцирующие вещества, тростниковый сахар-сырец, процесс дефекации, растворимость извести, процесс сатурации, агрегатированные осадки.

## DEVELOPMENT OF A METHOD OF STUDY OF SOLUBILITY OF CALCIUM OXIDE IN THE SUGAR-CONTAINING SOLUTION IN THE COURSE OF DEFECATION AND CARBONATION

*Чериков Сатыбалды Турдумаматович, к.т.н., нач. отд. «Рекуперации вторичных ресурсов промышленности и охраны окружающей среды» НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: scherikov@inbox.ru,  
Баткибекова Минура Баткибековна, д.х.н., проф., директор НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66,  
Омурзакова Айдана Болотбековна, аспирант НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66.*

To study the solubility of lime in the volume of fluid in a production environment the technique of study, i.e. targeted impact of calcium oxide on the destruction of reducing substances in the volume of sugar-containing juice with production units. Applying the developed method of research can predict the ways of intensification of the production of furniture cleaning of cane-sugar with the complete decomposition of reducing substances in the process of defecation and carbonation, allowing you to model more effectively the design of devices.

**Keywords:** lime, calcium oxide, reducing agents, raw cane sugar, the process of defecation, the solubility of lime, a carbonation process, packaged rainfall.



**Введение.** Из литературных источников известно, что растворимость оксида кальция в процессе дефекации и сатурации в объеме жидкости в зависимости от конструктивных оформлений аппаратов не достаточно изучена, т.к. из-за этих причин коагуляция и агрегатирование осадка в разных аппаратах, имеющих разные конструктивные оформления, будут отличаться. А это высказывается потом на эффективности фильтрации и свойства фильтрационного осадка.

В процессе очистки диффузионного сока от несахаристых веществ наиболее важное значение имеет растворимость оксида кальция (известь). Чтобы достичь этого, на сахарных заводах после обжига известняка оксид кальция растворяют на воде, т.е. получают известковое молоко, а потом добавляют его в диффузионный сок. На превращение 1 кг СаО в Са(ОН)<sub>2</sub> до плотности известкового молока (1,19÷1,2 г/см<sup>3</sup>) завод расходует около 5,3 кг воды. В воде известь растворяется плохо. Повышение температуры уменьшает ее растворимость, так как при растворении выделяется тепло согласно принципу Ле Шателье в количестве 11,74 кДж/(г·моль).

Известь, в основном, растворяется в процессе дефекации, так как содержание сахара в соке способствует дальнейшему улучшению ее растворимости. Улучшение растворимости в сахарных растворах обусловлено образованием полусахарата кальция, к котором на один ион двухвалентного кальция приходится два остатка молекул сахарозы, это доказывают результаты полученные профессором Сапроновым А.Р. (табл. 1) [1].

Таблица 1

Растворимость извести (в%) при различной температуре, °С

Содержание сахарозы в растворе, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0,130	0,124	0,114	0,107	0,097	0,088	0,076	0,068	0,067
5	0,642	0,508	0,389	0,268	0,207	0,172	0,131	0,109	0,092
10	1,455	1,163	0,925	0,725	0,528	0,376	0,272	0,185	0,110
15	2,310	2,632	1,923	1,440	1,052	0,723	0,516	0,300	0,164
20	4,450	3,581	2,917	2,258	1,680	1,174	0,728	0,523	0,360

**Цель исследования:** Для изучения растворимости извести в объеме жидкости в производственных условиях разработка методики исследований с использованием производственных дефекторов и сатураторов.

**Методы исследования:** Косвенные методы исследования, т.е. ориентирование воздействия оксида кальция на разрушение редуцирующих веществ в объеме сахаросодержащего сока.

В процессе исследования на заводе перерабатывался тростниковый сахар-сырец. Завод работал по типовой схеме с полным разложением редуцирующих веществ в процессе очистки клеровки сахара-сырца. На очистку поступала смесь клеровки сахара-сырца в количестве 298% к массе сырца, в том числе клеровки – 193% и возврата первого оттека утфеля 1 – 105%. Смесь клеровки температурой 75÷80 °С подавали на дефекацию и добавляли известь до щелочности 1,5÷2,0% СаО по фенолфталеину (рН 11÷11,2). Расход извести составлял 3,8÷4,0% СаО к массе сахара-сырца. Из общего расхода ее на дефекацию расходовали 3,3÷3,5% СаО, в контрольный ящик перед второй ступенью сатурацией - 0,5% СаО к массе сахара-сырца. Длительность дефекации составляла 10 мин. Смесь клеровки, обработанной известковым молоком, сатурировали на первой ступени до щелочности 0,08÷0,10% СаО (рН 10,6÷10,8), на второй ступени 0,025÷0,03% СаО по фенолфталеину (рН 9÷9,2). После этого клеровку подогревали до 80÷85% и подавали на фильтрование.

На существующей схеме дефекацию осуществляли в типовом дефекторе с мешалкой (рис.1). Мешалка представляла собой вал с приваренными тремя лопастями,

вращающейся с частотой  $60 \text{ мин}^{-1}$  от электродвигателя мощностью 30 кВт. Для проведения первой и второй ступени сатурации применяли типовые сатураторы, в которые сатурационный газ подается снизу четырьмя соплами тангенциально относительно корпуса. Над соплами по высоте установлены три решетки с интервалом 1 м. Клеровка подавалась в аппарат сверху (рис.2).

Опыты проводили на Карабалтинском сахарном заводе. Из приведенных в табл. 2 данных видно, что редуцирующие вещества в процессе дефекосатурации значительно разрушаются, но не полностью.

Таблица 2

Средние качественные показатели сахара-сырца, смеси клеровки поступающие на очистку и после очистки

Наименование	Цветность, усл. ед	pH	PВ, % к массе продукта
Сахар-сырец	37,6	6,4	0,34
Смесь клеровки сахара-сырца и возвратов до очистки	36,4	7,6	0,28
Дефекованная клеровка	-	11,3	0,021
Смесь клеровки сахара-сырца и возвратов после очистки	25,5	9,3	0,015

Причина неполного разложения редуцирующих веществ в типовых аппаратах объясняется некачественным смешиванием известкового молока с клеровкой в типовом дефекаторе, которое объясняется тем, что в типовом дефекаторе наиболее лучшее перемешивание происходит в зоне, где лопасти соприкасаются с жидкостью, а в остальном объеме аппарата наблюдаются застойные явления и «проскок» продукта, в результате чего растворимость оксида кальция в объеме жидкости недостаточна и неэффективна, поэтому реакции разложения редуцирующих веществ протекают недостаточно полно. В застойных зонах скорость разложения редуцирующих веществ всегда меньше, чем в рабочем объеме. Некачественное перемешивание клеровки с реагентом повторяется и в типовом сатураторе. Чтобы ориентироваться в процессе дефекации и сатурации на действие оксида кальция на жидкость, по высоте и от центра до периферии нами был разработан метод исследования, позволяющий определить разрушение редуцирующих веществ воздействием оксида кальция и в конечном итоге позволяющий определить кинетику образования фильтрационного осадка. Для этого мы устанавливали пробоотборники в разных точках устройств (рис. 1 и 2). Из рис. 1 видно, что отбор проб производили в трех точках по высоте столба жидкости и в каждой из этих точек по сечению аппарата в двух местах: в центре и на периферии. При отборе проб сначала удаляли клеровку, находящуюся внутри трубы, затем отбирали свежую клеровку для анализа. В отобранных пробах содержание редуцирующих веществ определяли по «Инструкции химико-техническому контролю и учету производства при переработке сахара-сырца».

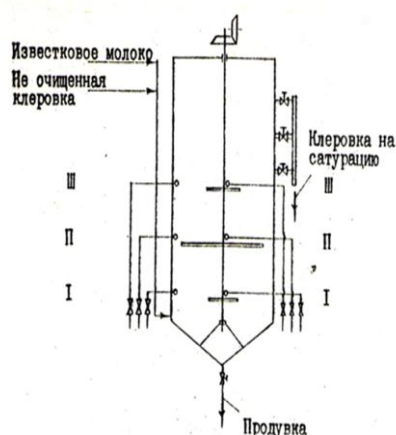


Рис. 1. Места отбора проб в типовом дефекаторе



Оксид кальция способствует разрушению редуцирующих веществ, поэтому из отобранной пробы одного уровня но в разных местах, определяли содержание редуцирующих веществ в клеровке. Это позволило определить распределение оксида кальция по сечению и по высоте жидкости и ее растворимость в зависимости от конструктивного оформления аппаратов. В табл.3 приведены данные содержания редуцирующих веществ в отобранных пробах из типового дефекатора. В ходе работы выяснили, что эффективность перемешивания по объему типового аппарата дефекатора не одинаковая и вследствие этого разложение редуцирующих веществ в одном и том же сечении отобранной пробы в центре аппарата ускоряется, а на периферии аппарата замедляется. Обнаружено также, что в отобранной пробе ( сечение II-II ) разница между разложенными редуцирующими веществами в центре и на периферии аппарата несколько ниже, чем в сечении I-I и III-III.

Таблица 3

Скорость разложения РВ в объеме клеровки в процессе дефекации в типовом дефекаторе

Номер опыта	Содержание РВ, % к массе продукта		Разность разложения РВ, % к массе продукта
	в центре аппарата	в периферийных зонах аппарата	
Сечение I-I			
1	0,201	0,273	0,072
2	0,187	0,248	0,061
3	0,195	0,254	0,059
4	0,224	0,232	0,008
5	0,204	0,297	0,093
Средн. значение	0,202	0,261	0,059
Сечение II-II			
1	0,095	0,114	0,019
2	0,104	0,131	0,027
3	0,117	0,139	0,022
4	0,084	0,098	0,014
5	0,089	0,118	0,029
Средн. значение	0,098	0,119	0,021
Сечение III-III			
1	0,023	0,079	0,056
2	0,025	0,073	0,048
3	0,024	0,071	0,047
4	0,021	0,068	0,047
5	0,027	0,085	0,058
Средн. значение	0,024	0,075	0,051

В ходе работы выяснили, что эффективность перемешивания по объему типового аппарата дефекатора не одинаковая и вследствие этого разложение редуцирующих веществ в одном и том же сечении отобранной пробы в центре аппарата ускоряется, а на периферии аппарата замедляется. Обнаружено также, что в отобранной пробе ( сечение II-II ) разница между разложенными редуцирующими веществами в центре и на периферии аппарата несколько ниже, чем в сечении I-I и III-III.

В табл. 4 и на рис. 2 приведены данные о содержании редуцирующих веществ в пробах, отобранных из 6 точек в типовом сатураторе первой ступени. Окончательное разложение редуцирующих веществ происходит в процессе сатурации. Существенно

влияет на полное разрушение редуцирующих веществ, содержащихся в дефектованной клеровке, конструкция аппаратов для сатурации.

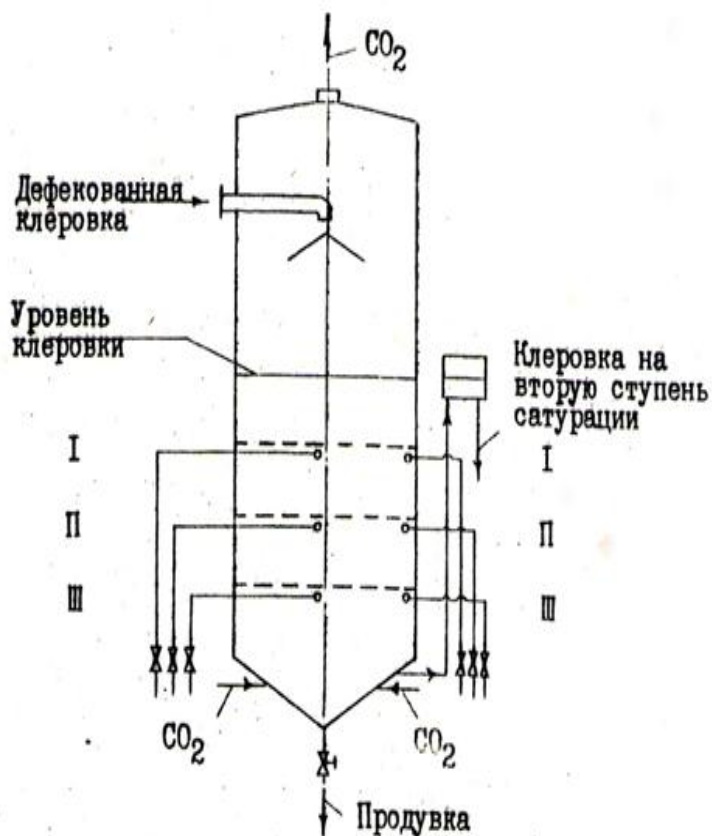


Рис. 2. Места отбора проб в типовом сатураторе первой ступени

Таблица 4

Скорости разложения редуцирующих веществ (РВ) в объеме клеровки на первой ступени сатурации в типовом сатураторе

Номер опыта	Содержание РВ, % к массе продукта		Разность разложения РВ, % к массе продукта
	в центре аппарата	в периферийных зонах аппарата	
Сечение I-I			
1	0,020	0,021	0,001
2	0,019	0,019	0,000
3	0,021	0,020	0,001
4	0,020	0,021	0,001
5	0,020	0,020	0,000
Средн. значение	0,0196	0,0202	0,006
Сечение II-II			
1	0,018	0,019	0,001
2	0,017	0,017	0,000
3	0,019	0,019	0,000
4	0,018	0,020	0,002
5	0,017	0,019	0,002
Средн. значение	0,017	0,018	0,001
Сечение III-III			
1	0,017	0,018	0,001
2	0,015	0,016	0,001
3	0,016	0,018	0,002
4	0,016	0,017	0,001
5	0,015	0,016	0,001
Средн. значение	0,0154	0,0017	0,0016

Данные табл. 4 показывают, что установленные в сатураторе решетки значительно уменьшают разрыв разности разложения редуцирующих веществ в центре аппарата и на периферии.

**Выводы.** 1. Изменением гидродинамики жидкости можно достичь во всех частях объема клеровки равномерного и эффективного разрушения редуцирующих веществ с помощью оксида кальция, что позволяет получить однородный фильтрационный осадок с целью дальнейшего его вторичного использования.

2. Фильтрационный осадок, имеющий однородные частицы, при использовании его в качестве сорбционного материала для очистки соков и сточных вод, будет иметь равномерную, эффективную, активную поверхность, способствующую эффективной адсорбции сорбтивов.

3. Применяя разработанный метод исследования можно прогнозировать пути интенсификации очистки клеровки тростникового сахара-сырца с полным разложением редуцирующих веществ в процессе дефекации и сатурации, что позволяет моделировать более эффективные конструкции аппаратов.

### Литература

1. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов. –М: Агропромиздат, 1986

УДК 62-714.71:663.86.054.2:663.054.2

## РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ БРОЖЕНИЯ И КОНСТРУКЦИИ БРОДИЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА «МАКСЫМ»

*Чериков Сатыбалды Турдумаматович, к.т.н., нач. отд. «Рекуперации вторичных ресурсов промышленности и охраны окружающей среды» НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: scherikov@inbox.ru, Баткибекова Минира Баткибековна, д.х.н., проф., директор НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66,*

*Коенов А.Т., препод. КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, Айталиева М.М., препод. КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, Калинина Н.А., главный технолог ОсОО «Абдыш-Ата»*

Разработана и испытана конструкция опытного теплообменного аппарата и способы проведения сбраживания в самом аппарате, дображивания в таре при закрытой крышке при производстве национального напитка «Максым». Аппарат и способы брожения и дображивания напитка внедрены в производстве ОсОО «Абдыш-Ата». Сырье в аппарат поступает при температуре 20°C. Температура пара - 120°C. Давление пара - 0,246 МПа. Продолжительность тепловой обработки составляет 45 мин. Расход пара - 229,0 кг/ч. В готовом продукте: массовая доля содержания CO<sub>2</sub> составляет (0,34-0,36)%; кислотность (3,4-4,0)° Т; вкус сброженный, в меру соленый, свойственный данному напитку; цвет светло-коричневый; запах прожаренного зерна.

**Ключевые слова:** сбраживания, дображивания, ингредиенты, клерования, стерилизация, национальный напиток, бродительный аппарат, лопасти, мешалка, национальные напитки.

## DEVELOPMENT OF METHODS OF FERMENTATION AND DESIGN OF THE FERMENTATION APPARATUS FOR THE PRODUCTION OF THE NATIONAL DRINK "MAKSUM"

*Cherikov Satybaldy Turdumamatovich, Ph. D., head of DEP. "The recovery of secondary resources industry and environmental protection" Research Institute of chemical technology at KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66, e-mail: scherikov@inbox.ru,*

*Batkibekova Minira Batkibekovna, Ph. D., Professor, Director Research Institute of chemical technology at KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66,*  
*Koenov A.T., the teacher. KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66,*  
*Aitalieva M.M. the teacher. KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66,*  
*Kalinina N. A., chief technologist LTD "Abdysh-ATA"*

Developed and tested the design of the experimental heat exchanger and methods of conducting the fermentation, fermentation in the container when the cover is closed during the production of the national drink "Maksum". The apparatus and methods of fermentation and maturation of the drink introduced in the production of LTD "Abdysh-ATA". Raw material in the machine enters at a temperature of 20°C. the steam Temperature is 120°C. the vapor Pressure - 0,246 MPa. The duration of the heat treatment is 45 min. the steam Flow - 229,0 kg/h of finished product: mass fraction of CO<sub>2</sub> is (0,34-0,36)%; acidity (3,4-4,0)° T; the taste of fermented, moderately salty, characteristic of this drink; color light brown; smell-roasted beans.

**Key words:** digestion, fermentation, ingredients, melting, sterilization, the national drink, fermenting machine, blades, agitator, national drinks.

**Введение.** В бродильном производстве для тепловой обработки (для проведения процесса брожения, растворения, нагревания и уваривания) сырья или полуфабрикатов применяют теплообменные аппараты периодического и непрерывного действия. В маломощных и среднemoshных производствах в основном используются аппараты периодического действия, так как в этих производствах поточность переработки продуктов отсутствует. По конструкции эти аппараты выполняются закрытыми, работают под небольшим давлением. Для перемешивания продуктов во время тепловой обработки в реакционных камерах устанавливают мешалки с разнообразной формой лопастей [1].

В типовой линии производства национального напитка в процессе работы для клерования (растворения) добавляемых ингредиентов в объеме основного продукта используются отдельные конструкции оборудования, а для тепловой обработки другие. В процессе используемые многочисленные аппараты, насосы, арматура снижают эффективность производства и приводят к увеличению потерь теплоэнергетических ресурсов, занимают большие площади. При изготовлении отдельных аппаратов также увеличивается расход материалов.

**Цель исследования.** Разработка оптимальной конструкции аппарата и способов проведения брожения для оптимизации процесса брожения и для моделирования опытных бродильных аппаратов для маломощных и среднemoshных производств, производящих национальные напитки как «Максым», «Шоро», «Бозо» и.т.д.

**Методика исследования.** Сравнительный анализ по конструктивному оформлению и способу проведения брожения в типовых аппаратах с опытной конструкцией аппарата и способов проведения брожения в производственных условиях.

**Экспериментальная часть.** С целью устранения вышеперечисленных недостатков нами разработана конструкция комбинированного аппарата, выполняющая несколько функций, т.е. проведение клерования, брожения с одновременной тепловой обработкой, а также уменьшающая количество аппаратов до минимума при производстве национального напитка «Максым» (рис. 1).



Рис. 1. Комбинированный бродильный аппарат: 1-цилиндрическая часть корпуса; 2- лопастная мешалка; 3-греющая рубашка.

Аппарат состоит из вертикального цилиндра **1**, снабжен внутри лопастной мешалкой **2** и рубашкой **3** в нижней части корпуса с наружи. Передача теплоты от теплоносителя к стенкам аппарата происходит при омывании горячей водой или паром внешних стенок корпуса теплоносителем. В пространстве между рубашкой и корпусом циркулирует теплоноситель, который обогревает среду, находящуюся в аппарате. Рубашка крепится к корпусу при помощи сварки. По пространству, образованному рубашкой и корпусом, подается нагревающий агент.

При перемешивании в процессе работы аппарата повышается коэффициент теплоотдачи. Для равномерного распределения ингредиентов в объеме жидкости мешалка вращается со скоростью 40 об/мин. против часовой стрелки. Зазор между стенками цилиндра и лопастью составляет 2 мм. Изготовленная конструкция лопасти мешалки (рис.2) выполнена так, чтобы при вращении за счет лобового сопротивления она будет подниматься. Для достижения такого эффекта верхняя часть боковых лопастей **2** и верхняя горизонтальная лопасть **3** согнуты вперед в сторону вращения. В этом случае нагрузка на подшипник (рис.3), где креплена мешалка в крышке аппарата, уменьшается. Также уменьшается нагрузка на привод.

Ранее использованная мешалка с прямой рамной лопастью в процессе работы часто ломалась. В течение одного года нам пришлось три раза менять подшипники. Потому что при работе мешалка за счет собственного веса оказывала постоянную нагрузку на подшипник. За счет увеличения нагрузки нам пришлось использовать электродвигатель более мощный, имеющий 5,0 кВт.

После установки, в разработанной нами мешалке, меняли электродвигатель с имеющейся мощностью 5,0 кВт на 2,8 кВт. Поломок в устройстве не было уже второй год и подшипник в мешалке работает без замены.

В результате использования разработанного аппарата уменьшены: занимаемая площадь, расход электрической энергии, расход пара.

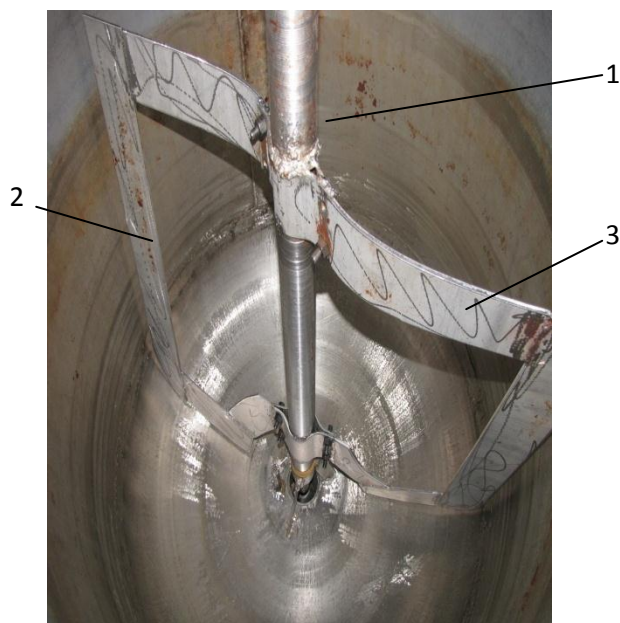


Рис. 2. Мешалка с лопастью:  
1-вал мешалки; 2- боковые вертикальные лопасти; 3- верхняя горизонтальная лопасть  
3-подшипник.

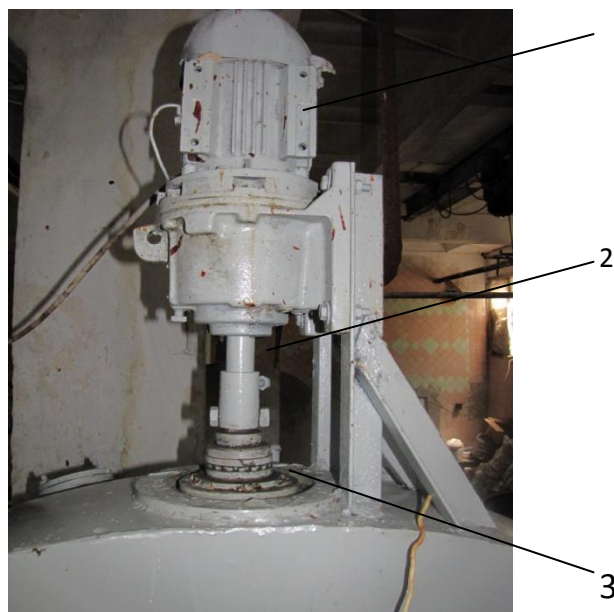


Рис. 3. Крепление мешалки к верхней части аппарата:  
1-электродвигатель; 2-вал; мешалки.

В ранее использованной технологии получения национального напитка в производстве ОсОО «Абдыш-Ата» клерование ингредиентов, нагревание и проведение брожения проводились в отдельных двух аппаратах, а для дображивания напитка использовали еще один дополнительный аппарат. В каждом аппарате имелись свои индивидуальные насосы и арматуры для перевода напитка с одного аппарата на другой. Многочисленные аппараты в сложно оформленной технологической линии усложняли работу для работников. В нашем случае брожение проводили в одном комбинированном аппарате, дображивание напитка проводили в самой таре. В качестве тары использовали ПЭТ бутылки с объемом 1,0 и 1,5 литр. Для создания поточности работы в линии эти аппараты дублировали.

В нашем случае продолжительность процесса брожения напитка  $\tau$  (ч) рассчитывали по формуле [2],

$$\tau = (1 / K_{бр}) \times \ln(S_0 / S),$$

где  $K_{бр}$  – константа скорости брожения,  $ч^{-1}$ ;  $S$  и  $S_0$  – концентрация сахара соответственно в начале брожения и в момент времени  $\tau$ , %.

По значению продолжительности брожения определили полезный и полный объем аппарата. Производительность брожения в линии для отдельных этапов рассчитывали после сопоставления и уточнения полученными нашими экспериментальными данными в производстве, корректируя формулы [2]:

- для основного брожения

$$\Pi_{об} = n_{об} V_{об} k_{об} / [(\tau_{об} + 0,5) \phi_{об}];$$

- для дображивания и выдержки

$$\Pi_{д} = n_{д} V_{д} k_{д} / [(\tau_{д} + 0,5) \phi_{д}];$$

где  $n_{об}$ ,  $n_{д}$  - число рабочих суток работы аппарата и тары в месяц ( $n_{об}$ ,  $n_{д} = 30$ );  $V_{об}$ ,  $V_{д}$  – вместимость бродильного аппарата для основного брожения и общая вместимость тары для дображивания, дал;  $k_{об}$ ,  $k_{д}$  – коэффициенты заполнения бродильного аппарата и тары ( $k_{об} = 0,9$ ;  $k_{д} = 0,95$ );  $\tau_{об}$ ,  $\tau_{д}$  – продолжительность основного брожения и дображивания,



сут;  $\Phi_{об}$ ,  $\Phi_{д}$  - коэффициенты потерь напитка при основном брожении и дображивании ( $\Phi_{об} = 1,06$ ;  $\Phi_{д} = 1,02$ ).

Используя эти формулы, определили производительность и для опытного аппарата и после корректировки, изготовили аппарат для проведения основного брожения с производительностью 0,5 тонн/час. Для создания цикличности работы линии установили параллельно две конструкции с производительностью  $\Pi = 0,5$  т/час с целью получения бесперебойной работы. При завершении работы на первом аппарате, второй аппарат подключали к линии, а на первом производили санитарную обработку и подготовительную работу для следующего этапа работы и процесса брожения. Дображивание производили в самой таре, заправленной напитком. Для этого до завершения дображивания напитка, упакованные готовые продукты держали в специально подготовленном помещении и после этого отправляли на реализацию.

Аппарат и способы брожения и дображивания напитка испытаны и внедрены в производстве ОсОО «Абдыш-Ата», выпускающем национальный напиток «Максым». Сырье в аппарат поступает при температуре 20°C. Температура пара - 120°C. Давление пара - 0,246 МПа. Продолжительность тепловой обработки составляет 45 мин. Расход пара - 229,0 кг/ч. В готовом продукте:

- массовая доля содержания CO<sub>2</sub> составляет (0,34-0,36)%;
- кислотность (3,4-4,0)° Т;
- вкус сброженный, в меру соленый, свойственный данному напитку;
- цвет светло-коричневый;
- запах прожаренного зерна.

По предложенной схеме в производстве производился напиток «Максым» в течение 220 суток, т.е. весь производственный сезон. За это время выработано 793,6 тонн напитка. В периоде испытаний завод не испытывал затруднений по технологическому процессу. За счет внедрения новых способов и аппарата получен качественный продукт.

От экономии электрической энергии, тепла и за счет сокращения количества оборудования в технологической линии, уменьшения занимаемой оборудованием площади, также увеличения производительности производства получен общий экономический эффект в сумме 856000 (восемьсот пятьдесят шесть тысяч) сом в год.

### Литература

1. Драгилев А.И. Практикум по расчетам оборудования кондитерского производства / А.И. Драгилев, Г.М. Невзоров. –М.: Агропромиздат, 1990. – 176 с.
2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн.: /С.Т.Антипов и др.; Под ред. В.А.Панфилова. –М.: Высш. Шк., 2001. -1383 с.

УДК 666.92:664.1:625

## ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЕНТА СПОСОБОМ ПИРОЛИЗА ИЗ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ОСАДКА САХАРНЫХ ЗАВОДОВ

**Чериков Сатыбалды Турдумаматович**, к.т.н., нач. отд. «Рекуперации вторичных ресурсов промышленности и охраны окружающей среды» НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: scherikov@inbox.ru,  
**Баткибекова Минира Баткибековна**, д.х.н., проф., директор НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66,  
**Омурзакова Айдана Болотбековна**, аспирант НИХТИ при КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66.

Получен сорбент для очистки сточных вод и соков из фильтрационного осадка сахарных заводов способом пиролиза. Сорбент, полученный из новообразующего фильтрационного осадка является экономичным, эффективным и удобным в применении для очистки сточных вод, чем сорбент, полученный при открытой термообработке. Это объясняется тем, что сорбционная поверхность сорбента, полученная этим способом намного больше, т.к. в этом случае поверхность частицы самого кальция через поры органических включений также помогает сорбировать. Эффективность сорбции улучшается, соответственно с уменьшением расхода сорбента для очистки воды. Все это в целом обеспечивает положительную технико-экологическую и экономическую эффективность разработанного порошкообразного сорбента.

**Ключевые слова:** фильтрационный осадок, сточная вода, пиролиз, сорбент, термообработка, сорбционная емкость, органический сорбент, синтетический сорбент, минеральный сорбент.

### THE SORBENT IS OBTAINED BY THE METHOD OF PYROLYSIS FILTER CAKE FROM SUGAR FACTORIES

*Cherikov Satybaldy Turdumamatovich, Ph. D., head of DEP. "The recovery of secondary resources industry and environmental protection" Research Institute of chemical technology at KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66, e-mail: scherikov@inbox.ru, Batkibekova Minira Batkibekovna, Ph. D., Professor, Director Research Institute of chemical technology at KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66, Omurzakova Aidana Bolatbekovna, postgraduate, Research Institute of chemical technology at KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66.*

The resulting sorbent for wastewater treatment and sediment filtration of juice from sugar factories by way of pyrolysis. Sorbent, obtained from novobratsevo of sludge is an economical, effective and easy to use for wastewater treatment than the sorbent, obtained at the outdoor heat. This is because sorption to the surface of the sorbent, obtained in this way are much more, because in this case the surface particles of the calcium through the pores of the organic inclusions also helps to adsorb. The efficiency of adsorption is improved, accordingly, a decrease in the consumption of sorbent for purification of water. All of this provides a positive technical, environmental and economic efficiency of the developed powdered sorbent.

**Keywords:** filter sediment, waste water, pyrolysis, sorbent, thermal treatment, sorption capacity, organic sorbent, a synthetic sorbent, the sorbent mineral.

**Введение.** Любой сорбент характеризуется следующими свойствами: 1- сорбционная емкость – это такое количество вещества, которое сорбент способен связать на единицу своей массы; 2- способность сорбировать самые разные химические структуры различного размера и массы (например, способность сорбировать как целые бактерии, так и молекулы спирта).

Известно, что в качестве сорбента используют активированные (или активные) угли, некоторые органические сорбенты (Shelltic W), синтетические сорбенты, минеральные сорбенты и иногда отходы производства (золу, шлаки, опилки и др.). Минеральные сорбенты — глины, силикагели, алюмогели (активный оксид алюминия) и гидроксиды металлов для адсорбции различных веществ из сточных вод используют мало, так как энергия взаимодействия их с молекулами воды велика — иногда превышает энергию адсорбции, либо их применяют целенаправленно для удаления каких-то конкретных загрязняющих веществ. Так, например сорбент Alumac 320 на основе



активированного (активного) оксида алюминия (алюмогеля) эффективно удаляет из воды фторсодержащие примеси и мышьяка /1, 2 /. Следует отметить, что сорбент, используемый для очистки из сточных вод различных нефтепродуктов или других вредных веществ, должен быть полностью безвреден для окружающей среды и при этом способствовать сохранению экологического равновесия в случае длительного пребывания в почве или на воде. После очистки сточных вод из сорбента необходимо извлечение нефтепродукта или других вредных веществ, который впоследствии либо утилизируется, либо перерабатывается. В свою очередь, применение органических сорбентов на основе активированного угля для данной цели нецелесообразно, поскольку при нанесении и сборе они вызывают образование пыли, для защиты от которой требуются специальные средства. В случае использования сорбентов на основе активированного угля также возможно загрязнение разлагаемыми органическими веществами, что приводит к экологическому дисбалансу в месте применения.

Для удовлетворения выше перечисленных недостатков, для сбора и утилизации нефтепродуктов и других вредных веществ идеально подходит именно сорбент, полученный сотрудниками НИХТИ КГТУ им. И.Раззакова работающих по программе НИР МОиН КР.

**Цель исследования:** Получить эффективный, регенерируемый, экологически безопасный дешевый сорбент для очистки промышленных и бытовых сточных вод на основе фильтрационного осадка (ФО) сахарных заводов.

**Экспериментальная часть.** К физико-химическим методам относятся и адсорбционные методы, которые широко применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ. Адсорбцию используют для обезвреживания сточных вод от фенолов, гербицидов, пестицидов, ароматических нитро соединений, поверхностно-активных веществ (ПАВ), красителей, нефтепродуктов и т. д. Достоинством адсорбционного метода является высокая эффективность, возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ, а также рекуперации этих веществ. Адсорбционная очистка вод может быть регенеративной, т. е. с извлечением вещества из адсорбента и его утилизацией, и деструктивной, при которой извлеченные из сточных вод вещества уничтожаются вместе с адсорбентом. Эффективность адсорбционной очистки достигает 80—98 % и зависит от химической природы адсорбента, величины адсорбционной поверхности и ее доступности, от химического строения вещества и его состояния в растворе. С целью получения эффективного сорбента, нами разработан новый способ с использованием пиролизной технологии. В качестве сырья использовали отходы сахарного производства - свежего фильтрационного осадка, не требующего сложной технологии приготовления сорбента, обладающей более высокой сорбционной емкостью по сравнению с известными /3/.

Сущность разработанного способа состоит в том, что в качестве сорбента использовали термически обработанные без доступа воздуха отходы сахарного производства - новообразующий фильтрационный осадок. Новообразующий фильтрационный осадок по химико-минералогическому составу для изготовления сорбента подходящий, дешевый материал. В новообразующем фильтрационном осадке сахарных заводов содержится 75÷80 %  $\text{CaCO}_3$  и 20÷25 % органических и минеральных несугаров.

Для проведения процесса пиролиза использовали специальную печь в специализированной лаборатории АН КР (рис.1).



Рис.1. Лабораторная установка для проведения пиролизной обработки

При проведении процесса пиролиза внутри печи расположили контейнер, заправленный новообразующим фильтрационным осадком. Снаружи контейнера обмотали нихромовой проволокой и подсоединили к электрической сети. Контейнер был снабжен патрубками для удаления образующего пара при нагреве, также снабжен термодатчиком.

Температурные режимы держали с постепенным повышением от 100 до 600 °С в течение 30-35 минут для каждой пробы. В результате термообработки, фильтрационный осадок становился более грубым крупнозернистым порошкообразным, покрытым слоем сероватого оттенка и получился в виде пористых частиц с высокой удельной поверхностью (рис.2, 2-1 ... 2-5).

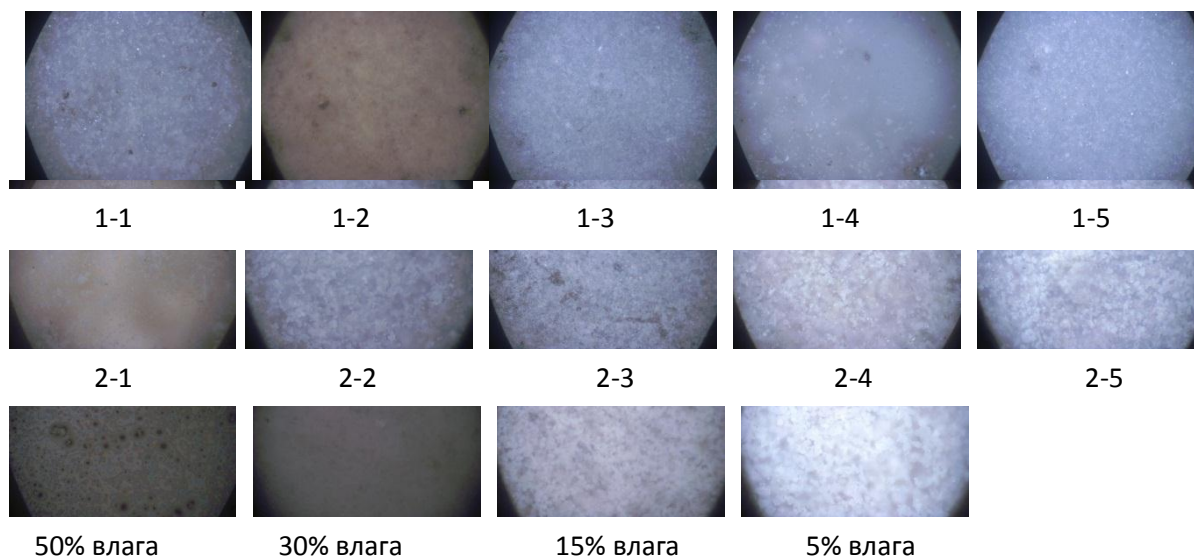


Рис.2. Сорбенты, полученные разными способами и режимами термообработки: (1-1 ... 1-5) – при термообработке ФО в открытом воздухе; (2-1 ... 2-5) – при термообработке ФО без доступа воздуха, т.е. пиролизным способом

Для исследования обработанной частицы фильтрационного осадка использовали сканирующий электронный микроскоп. Микрофотография образца сатурационного осадка при 2000-кратном увеличении приведена на рис. 2. Видно, что при открытой

термообработке (рис.2. 1-1 ... 1-5) новообразующего фильтрационного осадка, в полученном сорбенте быстротвердеющий органический материал плотно закрывает поверхность частиц кальция и активированные поверхности самого кальция для извлечения кислых жиров и нефтепродуктов почти не участвуют. Это объясняется тем, что при термообработке на открытом огне из-за быстрого твердения углеродного слоя образуется сорбционный материал с мелкими порами.

**Выводы.** Сорбент, полученный из новообразующего фильтрационного осадка пиролизным способом является экономичным, эффективным и удобным в применении для очистки сточных вод, чем сорбент, полученный при открытой термообработке. Это объясняется тем, что сорбционная поверхность сорбента, полученная этим способом намного больше, т.к. в этом случае поверхность частицы самого кальция через поры органических включений также помогает сорбировать. Эффективность сорбции улучшается, соответственно с уменьшением расхода сорбента для очистки воды. Все это в целом обеспечивает положительную технико-экологическую и экономическую эффективность разработанного порошкообразного сорбента.

### Литература

1. Пономарев В.Г. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов / В.Г. Пономарев, Э.Г. Иоккимис, И.Л. Монгайт. -М.: Химия, 1985. –С.114-124.
2. Гарнопольская М.Г. и др. Водоснабжение и санитарная техника / М.Г. Гарнопольская.- 1991.- №11. – С.5-6.
3. А.С. СССР № 998645, МКИ Е 02 В 15/04 //Способ получения материала для удаления нефтепродуктов с поверхности воды /А.И. Киприанов, Ю.Д. Юдкевич, А.Н. Завьялов.- 1983.-№7

УДК 539.192:517.956.3

**КОНЕЧНО-РАЗНОСТНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ДВИЖЕНИЯ БЛОЧНЫХ СТРУКТУР ГОРНЫХ МАССИВОВ**

*Курманалиев К. Назаркулова М.А. Садралиева Р.А., Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика*

**Цель статьи** - определение минимальных значений длин волн или возможных минимальных частот возмущений «пропускаемых» дискретной структурной называемой конечно-разностным фильтром. Не вдаваясь в анализ других численных методов ( метод граничных элементов, метод характеристик, метод введения искусственной вязкости ) остановимся на методе конечно-разностного решения уравнений т.к. решаемые нами задачи динамики упругих и гидроупругих систем сводятся аналитически гиперболическим уравнениям. Предлагаемый метод минимизации «численной дисперсии».

**Ключевые слова:** определение, конечно-разностные фильтры, разностные алгоритмы, дискретные аналоги, параметры дискретизации, гидроупругие, двумерное волновое уравнение.

**FINITE-DIFFERENCE SOLUTION OF TASKS OF MOVEMENT OF BLOCK STRUCTURES OF A MASSIF**

*Kurmanaliev K., Nazarkulova M.A., Sadralieva R.A.*

Article purpose - determination of the minimum values of lengths of the waves or possible minimum disturbing frequencies "passed" the discrete structural called by the finite-difference filter. Without pressing in the analysis of other numerical methods (a method of edge elements, a method of characteristics, a method of introduction of artificial viscosity) we will stop by a method of the finite-difference solution of the equations since the tasks of dynamics of elastic and hydroelastic systems solved by us are consolidated to analytically hyperbolic equations. The offered minimization method of "numerical dispersion".

**Keywords:** definition finite, difference filter, the differencing algorithms, discrete analogues, the parameters of sampling, hedroelastis, two-dimensional wave equation.

Построение разностных алгоритмов связано с заменой континуальной области определения независимых переменных дискретной. Дискретные аналоги континуальных уравнений с увеличением мощностей вычислительных аппаратов на сегодня практически полностью отвечают запросом самым взыскательных исследователей, когда идет речь об аппроксимации разрывных и быстроменяющихся решений конечно-разностные схемы, строго говоря, не применимы, т.к. степень изменяемости функций ограничена конечным элементом пространства и конечным промежутком времени( параметров дискретизации). Определение минимальных значений длин волн или возможных минимальных частот возмущений «пропускаемых» дискретной структурной называемой конечно-разностным фильтром.

Не вдаваясь в анализ других численных методов (метод граничных элементов, метод характеристик, метод введения искусственной вязкости ) остановимся на методе конечно-разностного решения уравнений т.к. решаемые нами задачи динамики упругих и гидроупругих систем сводятся аналитически гиперболическим уравнениям. Предлагаемый метод минимизации «численной дисперсии».

На специальном выборе параметров разностной сетки, которые определяются из условия максимальной близости дисперсионных свойств дискретных континуальных модулей.

**Покажем эту процедуру на примере двумерного волнового уравнения, записанного в прямоугольных декартовых координатах.**

$$\ddot{\varphi} = \frac{d^2 \varphi}{dx^2} + \frac{d^2 \varphi}{dy^2} \quad (1)$$

Условие устойчивости численного счета (1) по явной схеме запишем в виде ( $h_x, h_y$  - шаги по координатам X, Y)

$$\tau \leq \tau_* = (h_x^{-2} + h_y^{-2})^{\frac{1}{2}} = \left( \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{h_x^2} + \frac{1}{h_y^2}}} \right), \quad (2)$$

что увеличивает область зависимости дискретной модели по сравнению с континуальной. Наименьшее значение между ними будет при  $\tau = \tau_*$ . в предельных случаях  $\lambda_1 = \frac{h_x}{h_y} \rightarrow 0$  и  $\lambda_1 = \frac{h_x}{h_y} \rightarrow \infty$  область зависимостей совпадут. Следовательно, для минимизации ЧД следует использовать сетку с существенно отличающимся по величине координатными шагами. Интуитивно представляется правильным выбрать шаг меньшим в направлении распространения волны, если это можно выделить или направить один из осей в этом направлении. Численные расчеты подтвердили это предположение на рис. 1 сплошными линиями соответствуют фазовые кривые  $c(q)$  нескольких первых мод(форм) дисперсионного уравнения для волн, распространяющихся вдоль оси x:

$$\sin(q\sqrt{c^2 - 1}) * \cos(q\sqrt{c^2 - 1}) = 0$$

Которое определяет из уравнения (1) с граничными условиями :

$\frac{d\varphi}{dx} = 0$  ( $x = \pm 1$ ) плоский слой толщиной  $H=2$ , ограниченный жесткими поверхностями ( $\varphi$ -потенциал,  $\varphi_x^1, \varphi_y^1$ - скорости).

Соответствующее (3) дисперсионное уравнение разностной модели примет вид:

$$\sin \gamma * \cos \gamma = 0 \quad (4)$$

$$\text{где } \gamma = \frac{2}{h_y} \arcsin \sqrt{\frac{h_x^2}{\tau^2} \sin^2 \frac{q c \tau}{2} - \frac{h_y^2}{h_x^2} \sin^2 \frac{q h_x}{2}}$$

и его решение при различных значениях  $\lambda_1$  и  $\tau = \tau_*$  приведены на рис.1 пунктиром. Видно, что с уменьшением  $\lambda_1$  происходит сближение кривых, что определяет минимизации численной дисперсии.

На Рис.2 приведены аналогичные расчеты для упругого слоя со свободными границами ( $h_y = 0.2$ ), номер кривой соответствует значению  $\lambda_1$ , пунктир-кривые “континуальные” мод, которые при  $\lambda_1 = 0,5$  сливаются с соответствующими им, “дискретными”. При  $\lambda_1 \geq 1$  разностная модель выпугивает дополнительные (паразитные) ветви “дискретных” мод (помечены крестиками), которые отсутствуют в континуальной модели. Кривые “паразитных” мод зарождаются в начале координат плоскости (qc) и с ростом q приближается к дискретным кривым первой (изгибная) и второй (продольная) мод – аналогам континуальных; при некоторых значениях  $q_1$  и  $q_2$  они сливаются и в областях  $q > q_1, q > q_2$  действительных решений дисперсионные уравнения дискретных моделей не имеют. С ростом  $\lambda_1$  значения  $q_1, q_2$  уменьшаются и наоборот – с уменьшением  $\lambda_1$  происходит постепенное сближение “дискретных” и “континуальных”

мод. В соответствии с условием аппроксимации спектр сближения увеличивается при  $\lambda_1 - const$  и уменьшении шагов. Значение  $\tau$  оказывает влияние на поведение кривых незначительно много меньше, чем  $\lambda_1$ .

Минимизация ЧД происходит при удовлетворении верхнего предела устойчивости Куранта для гиперболических уравнений.

$$\tau \leq \tau_* = h_x \min \left( \frac{1}{\sqrt{\lambda_1^2 c_2^2 + c_1^2}} * \frac{1}{\sqrt{\lambda_1^2 c_1^2 + c_2^2}} \right) \quad (3)$$

Где  $C_1$  и  $C_2$ - скорости волн расширения и сдвига.

Таким образом, для минимизации ЧД в двумерных разностных сетках меньшим следует выбирать шаг по распространению волны.

Аппроксимация граничных условий в гидро-упругих задачах сводится к состыковке уравнений пластин и оболочек (1), в которых отсутствуют производные по нормали к поверхностям с волновым уравнением движения жидкости, имеющим на одну единицу большую размерность. Поверхность контакта отождествляет с срединной поверхностью пластины(оболочки) на которой ставятся условия равенства нормальных скоростей (модель идеальной жидкости допускает разрывы тангенциальных скоростей), а давление в жидкости на этой поверхности является правой частью уравнения для прогиба. В связи малости перемещений контактных поверхностей, граничные условия ставятся на неподвижных поверхностях тела в конечно-разностной записи примут вид:

$$\frac{\partial(\varphi_1 + \varphi_2)}{\partial n} = \dot{y}_n, \quad \varphi_1 = -\frac{1}{\rho_0} \int_0^t P_1(t) dt \quad (4)$$

Где  $\vec{n}$ - координата по нормали к поверхности,  $\varphi_2$ -потенциал отраженных волн,  $\dot{y}_n = \frac{du_n}{dt}$  – скорость движения поверхности в направлении  $\vec{n}$ .

Условие (6) предпочтительнее аппроксимировать односторонними разностями для произвольного узла разностной сетки на поверхности  $|h| = r_0 = j_0 h_n$

$$(7) \quad \frac{\partial \varphi}{\partial n} \sim \frac{\varphi_{j_0+1}^k - \varphi_{j_0}^k}{h_n}, \quad \frac{\partial u_n}{\partial t} \sim \frac{u_n^{k+1} - u_n^k}{\tau}, \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2$$

При этом давление дифракционных и отраженных волн, которое необходимо сложить с давлением в прямой волне, чтобы получить суммарное, следует рассчитать, используя, так же как и для  $\dot{y}_n$  одностороннюю разность по времени

$$P_2 = \frac{-(\varphi_{j_0}^k - \varphi_{j_0}^{k-1})}{\tau} \quad (5)$$

**Выводы:** Таким образом, для минимизации ЧД в двумерных разностных сетках меньшим следует выбирать шаг по распространению волны. Минимизация ЧД происходит при удовлетворении верхнего предела устойчивости Куранта для гиперболических уравнений.

$$\tau \leq \tau_* = h_x \min \left( \frac{1}{\sqrt{\lambda_1^2 c_2^2 + c_1^2}} * \frac{1}{\sqrt{\lambda_1^2 c_1^2 + c_2^2}} \right) \quad (6)$$

где  $C_1$  и  $C_2$ - скорости волн расширения и сдвига.

### Список литературы

1. Султантазиева А.К., Айтбаева М.А., Курманалиев К. Взаимодействие жесткой пластины с акустической волной давления. //Известия КГТУ им. И.Раззакова №26-Б. ИУ ТЕКНИК, 2012 с. 253-260.
2. Курманалиев К. Длинноволновая асимптотика дисперсионных операторов упругих волн в корпусных системах. //Известия КГТУ им. И.Раззакова №19-Б.ИИ ТЕКНИК, 2010 с.113-114.

УДК 163.631

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ТАЯНИЯ МЕРЗЛОГО ГРУНТА ПОД ОСНОВАНИЕМ ПРУДА ХВОСТОХРАНИЛИЩА

*Джаманбаев М.Дж. д.ф-м.н., профессор, Турсункулова З.С. старший преподаватель, Душенова У.Дж. старший преподаватель, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, [jamanbaev@mail.ru](mailto:jamanbaev@mail.ru)*

Цель статьи: Приводится методика определения глубины таяния мерзлого грунта под основанием водоема. Методика основана на сочетании аналитического решения с идеей метода конечных элементов, которая позволила численно определять коэффициент температуропроводности путем идентификации аналитического решения задачи теплопроводности, используя данные наблюдения о температуре грунта, а также находит движение фронта таяния мерзлого грунта с течением времени.

**Ключевые слова:** мерзлый грунт, цианистая вода, фронт таяния, коэффициент температуропроводности.

## DETERMINATION OF DEPTH OF THAWING OF FROZEN SOIL UNDER TAILINGS DAM POND BASIS

*professor Jamanbaev M. Dj, senior Lecturer Tursunkulova Z.S, senior Lecturer Dushenova U. DjKyrgyz State Technical University. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira ave. 66, [jamanbaev@mail.ru](mailto:jamanbaev@mail.ru)*

The purpose of the article: The technique of determining the depth of thawing of frozen soil under the base of the reservoir. The technique is based on a combination of analytical solutions with the idea of the finite element method, which has allowed numerically determine the thermal diffusivity by the identification of the analytical solutions of the problem of heat conductivity, using surveillance data on soil temperature, and motion of the front is the melting of the frozen soil over time.

**Keywords:** frozen soil, cyanic water, front of thawing, heat diffusivity coefficient.

**Введение.** Изучение температурного режима хвостохранилища, расположенного в условиях вечной мерзлоты является одним из важных задач проблемы экологической безопасности. Из-за таяния вечной мерзлоты под основанием пруда хвостохранилища может произойти фильтрация цианистой жидкости. Поэтому определение зоны таяния вечной мерзлоты под влиянием температуры цианистой воды в хвостохранилище (цианистая жидкость не замерзает зимой) дает ответ на вопрос происходят ли фильтрация вредной жидкости в окружающую среду или нет. Для определения зоны таяния вечной мерзлоты необходимо знать значения коэффициента температуропроводностей мерзлого грунта, определение которой, является трудной задачей в лабораторных условиях т.к. при бурении мерзлого грунта для отбора проб, естественное состояние грунта нарушается из-за таяния льда. Поэтому необходимо методика определения коэффициента температуропроводности мерзлого грунта в естественном состоянии.

**Постановка задачи.** Пруд хвостохранилища зимой наполняется цианистой водой (отходы) т.е. в начале наполнения пруда основание считается мерзлой. Вода в пруде не

замерзает и имеет плюсовую температуру воды в пруде  $+4C^0$  или  $+8C^0$ . Под влиянием плюсовой температуры начинается таяния основания пруда. Требуется определить коэффициент температуропроводностей и движение фронта таяния мерзлого грунта под основанием пруда, как решение начально-краевой задачи теплопроводности.

**Методика исследования (решения).** На основе математической модели теплопроводности в талых и мерзлых грунтах (1)–(4) определяется значения коэффициентов температуропроводностей из начальной условия модели (2). Затем строится аналитическое решение задачи теплопроводности отдельно для зоны таяния и для мерзлой зоны (5). Используя эти аналитические решения, численно находятся глубина таяния мерзлого грунта под основанием пруда как решение уравнения (4). Математическая модель задачи имеет вид: теплоперенос в талых и мерзлых грунтах моделируется уравнениями

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T_{\partial}}{\partial t} &= a_{\tau} \frac{\partial^2 T_{\partial}}{\partial x^2}, 0 \leq x \leq h \\ \frac{\partial T_M}{\partial t} &= a_M \frac{\partial^2 T_M}{\partial x^2}, h \leq x \leq L \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

и начально-граничными условиями.

Начальные условия:

$$\text{при } t = 0; \quad x \in [0, h]; \quad T_{\tau} = f_1(x), \quad x \in [h, L], \quad T_M = f_2(x). \quad (2)$$

Граничные условия:

$$\begin{aligned} \text{При } x=0, \quad T_{\tau} &= T_{\text{в}}, \\ \text{При } x=h, \quad T_{\tau} &= T_M = T_0 \\ \text{при } x=L, \quad T_M &= T_1. \end{aligned} \quad (3)$$

где соответственно -  $T_0$ ,  $T_1$  температура таяния мерзлого грунта и температура вечной мерзлоты. Условие сопряжения на границе талого и мерзлого грунта описывается уравнением:

$$\lambda_{\partial} \left[ \frac{\partial T_{\partial}}{\partial \delta} \right]_{\delta=h} - \lambda_M \left[ \frac{\partial T_M}{\partial \delta} \right]_{\delta=h} = q_0 w \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (4)$$

где  $T_{\tau}$  – температура зоны талого грунта;  $T_M$  – температура мерзлого грунта;  $T_0$  – температура таяния льда в грунте;  $T_{\text{в}}$  – температура воды;  $T_{\text{п}}$  – температура дна пруда, для упрощения задачи считаем, что температура воды и дна пруда считается одинаковыми:  $a_{\tau}, a_M, \lambda_{\tau}, \lambda_M$  – коэффициенты температуропроводности, теплопроводности грунта в талом и мерзлом состояниях;  $h$  – глубина протаивания;  $w$  – количество льда в грунте;  $q_0$  – теплота плавления льда.

Использование идеи метода конечных элементов (МКЭ) позволяет автоматически удовлетворят начальные и граничные условия задачи. В качестве базисных функций используются линейно-независимые частные решения уравнения теплопроводности (1)

$$T_1(x, t, a) = e^{-\sqrt{\frac{2\pi}{a}}x} \cos\left(\sqrt{\frac{2\pi}{a}}x - 4at\right),$$

$$T_2(x, t, a) = e^{-\sqrt{\frac{2\pi}{a}}x} \sin\left(\sqrt{\frac{2\pi}{a}}x - 4at\right).$$

Рассматривается конечная глубина под основанием пруда хвостохранилища длиной  $L$ , за которой температура грунта почти не изменяется. Эта длина, в отличие от МКЭ, разбивается на два элемента. Первый элемент начинается от основания пруда до фронта таяния, который является неизвестной и подвижной. Второй элемент начинается от фронта таяния до вечной мерзлоты  $L$ . В каждом элементе строится аналитическое решение задачи теплопроводности, удовлетворяющее начально-краевым условиям



$$\begin{aligned} T_T(x, t, a) &= N_i^1(x, t, a) * T_B + N_j^1(x, t, a) * T_0, \\ T_M(x, t, a) &= N_i^2(x, t, a) * T_0 + N_j^2(x, t, a) * T_1, \end{aligned} \quad (5)$$

где

$$N_i^k(x, ta) = \frac{T_2(x_j, t, a) * T_1(x_i, t, a) - T_2(x_i, t, a) * T_1(x_j, t, a)}{T_2(x_j, t, a) * T_1(x_j, t, a) - T_2(x_i, t, a) * T_1(x_j, t, a)},$$

$$N_j^k(x, ta) = \frac{T_2(x_i, t, a) * T_1(x_i, t, a) - T_2(x_i, t, a) * T_1(x_i, t, a)}{T_2(x_j, t, a) * T_1(x_j, t, a) - T_2(x_i, t, a) * T_1(x_j, t, a)}.$$

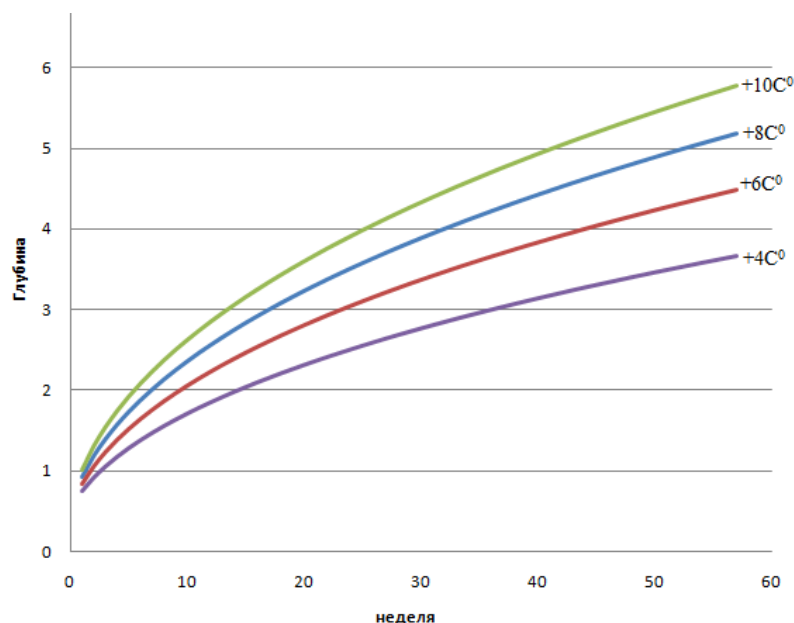
аналоги функции формы МКЭ т.е. при  $x = x_i$ ,  $N_i=1$ ,  $N_j=0$ ;  $k$  – номер элемента. В момент заполнения длина первого элемента (зона таяние) будет очень маленькой по сравнению со второй. С течением времени этот элемент будет увеличиваться т.е. будет происходить таяния мерзлого грунта под влиянием плюсовой температуры воды в пруде, а второй элемент будет уменьшатся. Подвижная точка (фронт таяния) находится численно, решением обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка, методом Рунге-Кутты (4).

Особенность данного подхода заключается в том, что все время используется три заданные постоянные температуры: на основании пруда поддерживается постоянная температура воды  $+4C^0$  или  $+6C^0$ , на границе таяния постоянная  $+0.01C^0$ , которая движется вместе с фронтом таяния и на конце глубины  $L$  за которой поддерживается постоянная минусовая температура (вечная мерзлота)  $-1.86C^0$ . Используя данные температуры в каждые моменты времени на каждом элементе численно находятся коэффициенты теплопроводностей как решение трансцендентного уравнения

$$\begin{aligned} N_i^1(x, t, a) * T_B + N_j^1(x, t, a) * T_0 &= T^*, \\ N_i^2(x, t, a) * T_0 + N_j^2(x, t, a) * T_1 &= T^{**}, \end{aligned}$$

где  $T^*$ ,  $T^{**}$  средние значения температуры в середине каждого элемента. **Результаты исследований.** Данный алгоритм апробирован на конкретном примере численным экспериментом предполагая температуру воды на дне пруде постоянной равной  $+4C^0$ ,  $+6C^0$  на период одного года. Результаты численного эксперимента приведены на (рис 1). Как видно из (рис 1.) При температуре  $+4C^0$  в течении года глубина таяния достигает 3,65458854, а при  $+6C^0$  достигает 4,482202548

В течении года разница в температуре 80 см между глубинами



**Вывод.** Предложена новая методика определения глубины таяния мерзлого грунта с идентификацией коэффициента температуропроводностей.

#### Литература

1. Джаманбаев М.Дж. Методы решения коэффициентных задач процессов переноса / М.Дж.Джаманбаев // Известия КГТУ им. И.Раззакова.-2011.-№ 22.- С. 99-104.
2. Джаманбаев М.Дж. Методика расчета теплопереноса в горных породах/ М.Дж.Джаманбаев, С.Кадыркулова // Известия Кыргызского технического университета им. И. Раззакова.- 2005.-Вып.7.-С.129 -133.
3. Feldman G. M. Forecast soil temperature regime and development of cryogenic processes. The Science. 1977. 171s.
4. Goy L., Fabre D., Menard G. Modeling of Rock Temperatures for Deep Alpine Tunnel
5. Projects // Rock Mechanics and Rock Engineering. 1996. V. 29. N 1. 1-18.
6. Zhan R.B. Design, construction and operation of hydraulic construction of low pressure in the permafrost zone. Yakutsk: Publishing House of SB RAS IMZ. 2000. 160.

УДК 535.321.54:624.131.3

### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ, КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООБМЕНА ГРУНТА

*Джаманбаев М. Дж., Турсункулова З.С, Душенова У.Дж.*

*Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, [jamanbaev@mail.ru](mailto:jamanbaev@mail.ru)*

Цель статьи: Приводится методика определения температуры, коэффициентов температуропроводности и теплообмена численно-аналитическим способом, используя данные натурных наблюдений температуры.

**Ключевые слова:** мерзлый грунт, температурный режим сооружений, коэффициент теплообмена, теплоперенос, теплопроводность, коэффициент температуропроводностей, коэффициент теплообмена.

### TECHNIQUE OF DETERMINATION OF TEMPERATURE, SOIL HEAT EXCHANGE COEFFICIENTS

*Jamanbaev M. Dj, Tursunkulova Z.S, Dushenova U. Dj, Kyrgyz State Technical University. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira ave. 66, [jamanbaev@mail.ru](mailto:jamanbaev@mail.ru)*

Article purpose: The technique of determination of temperature, coefficients of heat diffusivity and heat exchange is given in the numerical and analytical way, using data of natural supervision of temperature.

**Keywords:** frozen soil, temperature condition of constructions, heat exchange coefficient, heat transfer, heat conductivity, coefficient of heat diffusivities, coefficient of heat exchange.

В связи со строительством и эксплуатацией горнодобывающих предприятий в мерзлых грунтах, вопросы исследования температурного режима сооружений, является

актуальной и прикладной задачей. Одним из важных вопросов при исследовании температурного режима является знание достоверных значений теплофизических свойств мерзлого и талого грунта в естественных условиях. Общеизвестных методик определения теплофизических свойств грунта не существует, особенно для мерзлых грунтов т.к. при бурении мерзлых грунтов для отбора проб, льда, содержащиеся в грунтах оттаивают и нарушается естественное состояние грунта. Кроме того определение коэффициента теплообмена также относится к трудным задачам. Поэтому разработка методики определения теплофизических свойств грунта имеет важное значение.

**Постановка задачи.** Методом идентификации математической модели теплопереноса определить коэффициенты теплопроводностей мерзлых и талых грунтов, а также коэффициенты теплообмена, используя данные натурных наблюдений. В качестве примера рассматривается температурный режим основания хвостохранилища т.е. под влиянием температуры воды пруда хвостохранилища определить температуры грунта.

**Методика решения.** Используя линейно-независимые частные решения уравнения теплопроводности и идею метода конечных элементов, строится аналитическое решение уравнения теплопроводности, удовлетворяющее начально-краевым условиям [1]. С помощью построенного аналитического решения по аналогии МКЭ [3], из начальной условия задачи, определяется коэффициент теплопроводности, как решение трансцендентного уравнения. Коэффициент теплообмена определяется из уравнения граничной условия третьего рода, используя заданное начальное условие температуры грунта. Остановимся подробнее на этом алгоритме. Математическая модель процесса переноса тепла в талых и в мерзлых грунтах в одномерной постановке описывается следующим образом [4,5]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T_{\delta}}{\partial t} &= a_T \frac{\partial^2 T_{\delta}}{\partial x^2}, 0 \leq x \leq h \\ \frac{\partial T_M}{\partial t} &= a_M \frac{\partial^2 T_M}{\partial x^2}, h \leq x \leq \infty \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Начальные условия:

$$\text{при } t = 0; \quad x \in [0, h]; \quad T_M = f_1(x), \quad T_T = f_2(x). \quad (2)$$

Граничные условия:

$$\text{при } x=0, \quad R(t) + P(t) + E(t) + \lambda_T \left[ \frac{\partial T_T}{\partial x} \right]_{x=0} = 0; \quad (3)$$

$$\text{при } x=h, \quad T_T = T_M = T_0$$

Условие сопряжения на границе талого и мерзлого грунта:

$$\lambda_{\delta} \left[ \frac{\partial T_{\delta}}{\partial \delta} \right]_{\delta=h} - \lambda_M \left[ \frac{\partial T_M}{\partial \delta} \right]_{\delta=h} = q_0 w \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (4)$$

где  $T_T$  - температура талого слоя грунта;  $T_M$  - температура мерзлого грунта;  $T_0$  - температура таяния льда в грунте;  $a_T, a_M$  - коэффициенты теплопроводности грунта в талом и мерзлом состояниях;  $\lambda_T, \lambda_M$  - коэффициенты теплопроводности грунта в талом и мерзлом состояниях;  $h$  - глубина протаивания;  $w$  - количество льда в грунте;  $R(t); P(t); E(t)$  - соответственно радиационный, конвективный составляющие теплообмена и теплота на испарение;  $q_0$  - теплота плавления льда.

Для построение аналитического решения данной задачи согласно идее МКЭ в качестве базисных функций выбирается линейно-независимые частные решения уравнения теплопереноса. Вид частного решения выбирается в отличие от работы [2] не произвольно, а так, чтобы она соответствовала физике процесса, т.е. по глубине температура грунта убывает, а по времени периодически изменяется

$$T_1(x, t, a) = e^{-\sqrt{\frac{2\pi}{a}}x} \cos\left(\sqrt{\frac{2\pi}{a}}x - 4at\right),$$

$$T_2(x, t, a) = e^{-\sqrt{\frac{2\pi}{a}}x} \sin\left(\sqrt{\frac{2\pi}{a}}x - 4at\right) \quad (5)$$

Рассматриваемая область разбивается на конечные элементы согласно температурного режима грунта, т.е., где изменение температуры происходит быстрее, разбивается на мелкие элементы, а где изменение температуры происходит медленнее, разбивается на крупные элементы. В каждом элементе аналитическое решение строится по аналогии МКЭ следующим образом

$$T^k(x, t, a) = N_i^k(x, t, a) * T_i + N_j^k(x, t, a) * T_j, \quad (6)$$

где

$$N_i^k(x, ta) = \frac{T_2(x_j, ta) * T_1(x, ta) - T_2(x, ta) * T_1(x_j, ta)}{T_2(x_j, ta) * T_1(x_j, ta) - T_2(x_i, ta) * T_1(x_j, ta)},$$

$$N_j^k(x, ta) = \frac{T_2(x, ta) * T_1(x_i, ta) - T_2(x_i, ta) * T_1(x, ta)}{T_2(x_j, ta) * T_1(x_j, ta) - T_2(x_i, ta) * T_1(x_j, ta)}. \quad (7)$$

аналоги функции формы МКЭ,  $k$  – номер элемента. Коэффициенты температуропроводности « $a$ » каждого элемента находятся как решение трансцендентного уравнения (6), удовлетворяя начальное условие (2). Здесь  $T_i^{(0)}$ ,  $T_j^{(0)}$  начальное температурное поле, полученные из натуральных наблюдений. Для нахождения поле температуры грунта в любое другое время, здесь не решается система линейных алгебраических уравнений как в МКЭ, а находится из условия сшивания решений между конечными элементами области. В качестве условия сшивания в работе [2] использовалась непрерывность кондуктивного теплопереноса. В данной статье в качестве условия сшивания рассмотрено условие теплообмена между элементами области т.е. конвективный теплоперенос. Трудность такого подхода заключалась в неизвестности коэффициента теплообмена между водой и основанием пруда, а также аналогии коэффициента теплообмена между грунтами т.е. между элементами области. Теплообмен между элементами зависит от мощности теплового потока идущее со стороны основания пруда и холодного потока, идущие со стороны вечной мерзлоты. Поэтому коэффициенты теплообмена на стыках элементов будут разными. Используя начальное условие для температуры из уравнения граничного условия третьего рода т.е. из условия теплообмена находятся коэффициенты теплообмена.

После определения коэффициентов температуропроводностей и теплообмена, температурное поле грунта для последующих времен находятся из условия разности температурных потоков между элементами области. Временной шаг берется не очень большими, а выбирается из физики процесса так, чтобы изменение температуры грунта была незначительной. Затем вычисленные значения температуры грунта в другом временном шаге, используя их как начальное условие и процесс определения коэффициентов температуропроводностей, теплообмена и температуры грунта повторяется заново по изложенному алгоритму. На стыках границ или элементов области ставится два условия теплообмена т.е. на дне пруда ставится два условия для теплового потока, идущий со стороны пруда и со стороны грунта

$$\frac{\partial T_B}{\partial x} = \gamma_1^- (T_B - T_1), \quad x = 0. \quad (8)$$

$$\frac{\partial T_T}{\partial x} = \gamma_1^+ (T - T_B), \quad x = 0. \quad (9)$$

Здесь условие (8) означает поток тепла, идущий со стороны пруда, а условие (9) поток тепла со стороны грунта основания хвостохранилища,  $T_B$  - температура воды пруда;  $T_1$  – температура грунта основания пруда;  $T_T = T^k(x, t, a) = N_i^k(x, t, a) * T_i + N_j^k(x, t, a) * T_j$ , температура грунта в  $k$ -ом элемента, с помощью которой находятся коэффициенты температуропроводностей для каждого элемента;  $\gamma_1^-$ ,  $\gamma_1^+$  - коэффициенты

теплообмена между водой и грунтом, грунтом и водой. Коэффициенты теплообмена находятся, используя начальные условия температуры и вычисленные коэффициенты температуропроводностей при  $t_0 = 0$ .

$$\gamma_1^- = \frac{\partial T_B / \partial x}{T_B^{(0)} - T_1^{(0)}}, \quad \gamma_1^+ = \frac{\partial T_G / \partial x}{T_1^{(0)} - T_B^{(0)}} \quad (10)$$

Используя найденные значения коэффициентов теплообмена, находятся значения температуры в последующие моменты времени для первого элемента «1»

$$T_1 = \frac{(T_B \gamma_1^- - \partial T_B / \partial x)}{\gamma_1^-}, \quad T_2 = \frac{(-\frac{\gamma_1^+}{\gamma_1^-} * \frac{\partial T_B}{\partial x} - \frac{\partial N_i}{\partial x} * T_1)}{\partial N_j / \partial x} \quad (11)$$

Температура грунта для последующих элементов находится из условия сшивания, т.е. из уравнения, характеризующее разность температурных потоков на стыках элементов. На стыке элементов «1» и «2» имеем уравнение

$$\frac{\partial T_G^{(1)}}{\partial x} - \frac{\partial T_G^{(2)}}{\partial x} = \gamma_2^-(T_2 - T_3) - \gamma_2^+(T_2 - T_1)$$

или

$$T_3 = \frac{\gamma_2^- T_2 - \gamma_2^+ (T_2 - T_1) - \frac{\partial T_G^{(1)}}{\partial x} + \frac{\partial N_i^{(2)}}{\partial x} * T_2}{\gamma_2^- - \partial N_j^{(2)} / \partial x} \quad (12)$$

Коэффициенты теплообмена  $\gamma_2^-$ ,  $\gamma_2^+$  находятся из условия теплообмена, используя начальное условие для температуры

$$\gamma_2^- = \frac{\partial T_G^{(1)} / \partial x}{T_2^{(0)} - T_3^{(0)}}, \quad \gamma_2^+ = \frac{\partial T_G^{(2)} / \partial x}{T_2^{(0)} - T_1^{(0)}} \quad (13)$$

Повторяя этот алгоритм находим последующие значения температуры грунта.

Такой подход в отличие от обычных численных методов, не проводится решение системы алгебраических уравнений, т.е. нет операций приближенного вычисления производных и интегралов, а они вычисляются аналитически. В таком случае избавляемся от вычислительных погрешностей. Достоверность предложенного алгоритма проверялась на практическом примере, где использовались данные наблюдения температуры грунта с помощью термисторов из наблюдательной скважины глубиной 20м. Эта глубина разбита неравномерно на 10 элементов. В табл.1 приведено значения коэффициентов температуропроводностей по глубинам, найденные как решения трансцендентной уравнения (6) с точностью  $\varepsilon = 0.002$ . Как видно из табл.1 значения коэффициентов температуропроводностей до глубины 7.53м. постоянны и равны 0.2765, а от 7.53м. до 20м. также постоянны и равны 4.402. В табл.2 приведены значения коэффициентов теплообмена на стыках элементов, вычисленные по формуле.

Таблица 1

Значения коэффициентов температуропроводностей

x	4.53-5.53	5.53-6.53	6.53-7.53	7.53-8.53	8.53-9.53	9.53-11.53	11.53-14.53	14.53-19.53
a	0,2765501	0,27655	0,27655	4,40155	4,40155	4,40155	4,40155	4,40155

Таблица.2

Значения коэффициентов теплообмена на стыках элементов

x	4,53	5,53	6,53	7,53	8,53	9,53	11,53	14,53	19,53
M[k]	-0,5380083	-17,85291	9,311128	-100,3299	-54,04002	5,554611	17,77161	5,358785	-10,43885
M1[k]	-0,0721688	19,10033	-526,9399	25,18457	3,698798	-25,88969	-3,78001	-10,96662	1,12968

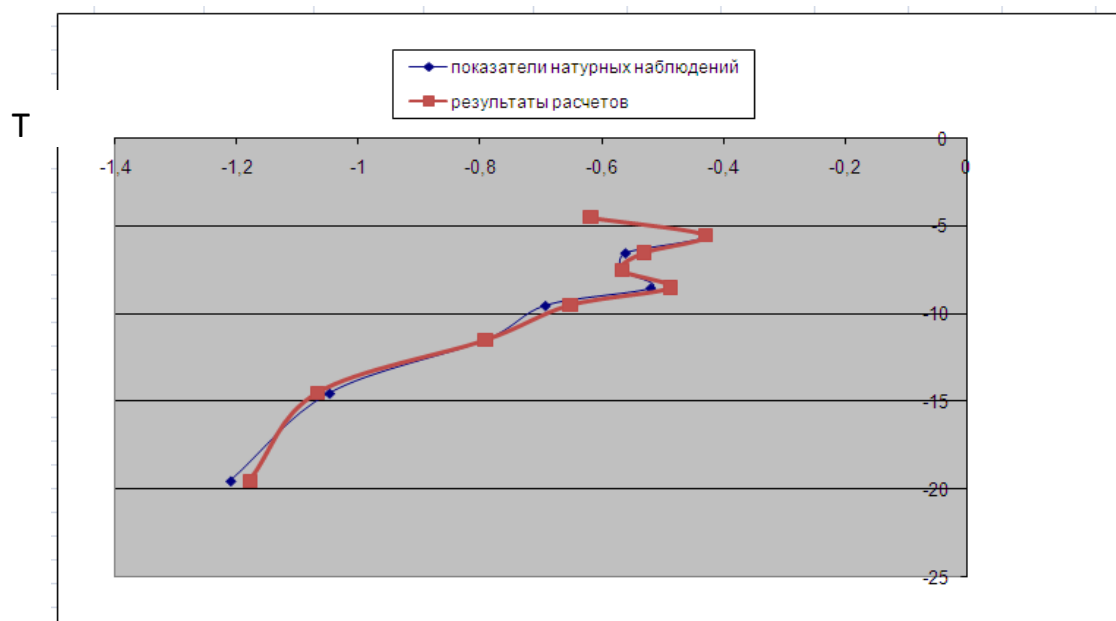


Рис.2 Графики значения температуры, вычисленные теоретическим способом  $x$  ле из натуральных наблюдений.

(12). Вторая строка  $M[k]$  соответствует коэффициентам теплообмена, характеризующий поток тепла, идущий со стороны дна пруда, а третья строка  $M1[k]$  соответствует коэффициентам теплообмена, характеризующий поток тепла со стороны вечной мерзлоты. Используя найденные теплофизические параметры, определены значения температуры грунта в разные времена и в разных глубинах по формуле (11) и (12). На рис.2 показано графики значения температуры, вычисленные теоретическим способом и данные из натуральных наблюдений. Как видно из графика они почти совпадают. Это подтверждает правильность подхода и алгоритма определения температуры грунта, коэффициентов теплопроводностей и теплообмена.

### Список литературы

1. Джаманбаев М.Дж. Методы решения и идентификации параметров математической модели процессов переноса /Джаманбаев М.Дж.- Бишкек: Илим, 1996
2. Джаманбаев М.Дж. Методика расчета теплопереноса в горных породах / М.Дж. Джаманбаев, С. Кадыркулова. // Известия Кыргызского технического университета им. И. Раззакова.- 2005.-№ 7.-С129 -133.
3. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов/ Л. Сегерлинд. Пер.с англ. –М.: Мир, 1979
4. Томирдиаро С.В. Тепловые расчеты оснований в районах вечной мерзлоты/ С.В. Томирдиаро.– Магадан, 1963
5. Цытович Н.А.. Механика мерзлых грунтов (общая и прикладная) / Н.А. Цытович. М.:Высшая школа, 1973

УДК 624.1

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СООРУЖЕНИЙ С МЕРЗЛЫМИ ГРУНТАМИ

*Шекеев Кубан Рыспаевич, ст.преподаватель, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [kuban\\_sh@mail.ru](mailto:kuban_sh@mail.ru)*

Прочность и устойчивость возведенных инженерных сооружений в условиях многолетнемерзлых грунтов может быть обеспечена различными способами. В данной статье рассматривается способ возведения сооружений с сохранением мерзлого состояния основания.

**Ключевые слова:** инженерные сооружения, мерзлый грунт, мерзлое состояние основания, вечная мерзлота, глубина промерзания, глубина протаивания, температурный режим грунта, фундамент, теплотехнический расчет, тепло, тепловой баланс, охладительные устройства.

## MANAGEMENT OF PROCESS OF INTERACTION OF CONSTRUCTIONS WITH FROZEN SOIL

*Shekeev Kuban Rys. senior teacher, Kyrgyzstan, 720044, s.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov e-mail: [kuban\\_sh@mail.ru](mailto:kuban_sh@mail.ru)*

Durability and stability of the built engineering constructions in the conditions of frozen soil can be provided in various ways. In this article the way of construction of constructions with preservation of a frozen condition of the basis is considered.

**Keywords:** engineering constructions, frozen soil, frozen condition of the basis, permafrost, frost penetration depth, thawing depth, temperature condition of soil, base, heattechnical calculation, heat, thermal balance, cooling devices.

**Введение.** Хвостохранилище рудника расположено на высоте 3800 м. в условиях вечной мерзлоты, где среднегодовая температура воздуха равна  $-7.6^{\circ}$ . Изучение влияния климатических характеристик местности на инженерные сооружения и соблюдение проектных решений ТЭО при строительстве и в эксплуатации, позволяет обосновать надежность и устойчивость сооружения. По данным наблюдений, протаивание мерзлого грунта начинается с мая до сентября и с сентября по май происходит замерзание горной породы. При промерзании и оттаивании горной породы в течение года, происходит изменение их текстуры, структуры, теплофизических и особенно физико-механических свойств. В зависимости от состава горных пород (глинистых мелкодисперсных пород) при промерзании и протаивании грунтов происходит их пучение и осадки. Пучение грунтов может происходить неравномерно. В результате этого связи между элементами сооружений нарушаются, образуются трещины и происходят деформации. Поэтому при промерзании грунтов возникают опасные для устойчивости сооружений криогенные явления, а оттаивание может привести к потере их связности.

В данной работе рассмотрено влияние зданий и сооружений на температурный режим грунта. В литературе и на практике имеется классификация инженерно-геокриологических решений по способам обеспечения нормальной работы и устойчивости сооружений, получившая применительно к основаниям и фундаментам наименование классификации "по принципам или методам строительства". Выбор метода строительства следует считать важнейшим принципиальным решением, определяющим дальнейший ход проектирования и строительства.

Классификация по принципам и методам строительства [ 2 ]:

**Сохранение мерзлого состояния основания** получило широкое применение в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов в области фундаментостроения и начинает применяться при строительстве плотин и других гидротехнических сооружений, а также в шахтном и дорожном строительстве. Используют этот метод преимущественно в

тех случаях, когда протаивание грунтов сопровождается значительным ухудшением их качеств. Опыт позволяет считать, что при наличии такого рода грунтов и при возможности сохранения их в мерзлом состоянии этот метод должен быть признан наилучшим. Суровые климатические условия и низкая температура воздуха и многолетнемерзлых грунтов облегчают использование метода сохранения мерзлого состояния грунта, но он применим и при сравнительно мягких климатических условиях.

**Приспособление конструкций сооружения к неравномерным осадкам основания при протаивании** используется в случае затруднительности сохранения мерзлого состояния грунта при сравнительно небольшой неравномерности ожидаемой осадки. Предельным можно считать случай, когда приспособление конструкций сооружения к осадке перестает быть необходимым, т. е. случай возведения сооружений на грунтах, практически несжимаемых и не изменяющих своих свойств при протаивании, например, на прочной скале, плотно слежавшемся галечнике, гравии и песке.

**Предпостроечное протаивание грунтов** и улучшение их строительных свойств является искусственным приведением условий строительства на многолетнемерзлых грунтах к обычным условиям строительства. При фундаментостроении и отчасти при устройстве плотин с предпостроечным протаиванием многолетнемерзлых грунтов устраняется самый опасный момент существования сооружения, связанный с протаиванием основания, - уменьшается величина, и, что особенно важно, скорость осадки сооружения. Метод предпостроечного протаивания применим при различных грунтах, допускающих отведение избытка воды после протаивания, и может иметь особенно важное значение при строительстве на грунтах, сильно насыщенных льдом и характеризующихся значительными тепловыми осадками. В настоящее время этот метод вполне освоен и признан рациональным для оснований, сложенных песками и галечниками [ 3 ].

Изучению метода строительства сооружений с сохранением мерзлого состояния основания посвятили свои работы многие ученые. К ним можно отнести работы С.В. Томирдиаро (1960), К.Ф. Войтковского (1954), В.П. Ушкалова (1959), Г.В. Порхаева, Г.М. Фельдмана, Н.А. Цытовича и др. Однако получить аналитическое решение, учитывающее все факторы, влияющие на процесс протаивания под сооружениями из-за сложности процесса, представляют определенные трудности. В данной работе произведены расчеты оснований и фундаментов с сохранением мерзлого состояния грунта.

**Целью исследования** является изучение степени влияния сооружения на протаивание грунта с помощью вычислительного эксперимента, а также выработка рекомендаций для сохранения грунта в мерзлом состоянии с целью обеспечения устойчивости сооружений.

**Метод исследования.** Известно, что теплофизические свойства грунта тела плотины изменяются с течением времени при укладке и трамбовке, при промерзании и протаивании. При численной реализации математической модели, теплофизические свойства грунта задаются с большими погрешностями из-за сложности лабораторных или экспериментальных работ по определению их. Общепризнанных методик определения коэффициента теплопроводности не существует. В данной работе используется численно-аналитический метод [ 1 ], позволяющий с достаточной точностью одновременно определять коэффициент теплопроводности и решение задачи теплопереноса с использованием данных натуральных наблюдений температуры грунта. В частности использовались данные термисторов, расположенных в теле плотины. Точность и достоверность полученных результатов проверялись сравнением численно-аналитических решений с данными наблюдений [ 1 ].

При проектировании фундаментов с сохранением мерзлого состояния грунтов в их основании проводятся теплотехнические расчеты:



Как видно из рисунка 1, в тепловой баланс подпольного пространства входят следующие составляющие теплообмена [ 4 ]:

1. Тепло, поступающее из помещения в подпольное пространство через перекрытие ( $Q_1$ ).
2. Тепло, теряемое в атмосферу через цоколь здания ( $Q_2$ ).
3. Тепло, поступающее из грунта основания в период промерзания деятельного слоя под сооружением ( $Q_4$ ).
4. Тепло, идущее на протаивание сезоннопротаивающего слоя и обогрев многолетнемерзлой толщи ( $Q_4$ ).
5. Тепло, удаляемое посредством вентилирования подпольного пространства той или иной вентиляционной системой ( $Q_5$ ).
6. Тепло, теряемое в грунт основания за счет разности температур многолетнемерзлой толщи и поверхности грунта в подпольном пространстве, а также потери тепла в атмосферу через грунт за счет боковых теплопоток ( $Q_6$ ).

Составляющие теплового баланса и приведенные ниже для их вычисления формулы справедливы для поверхностных охлаждающих устройств любого типа.

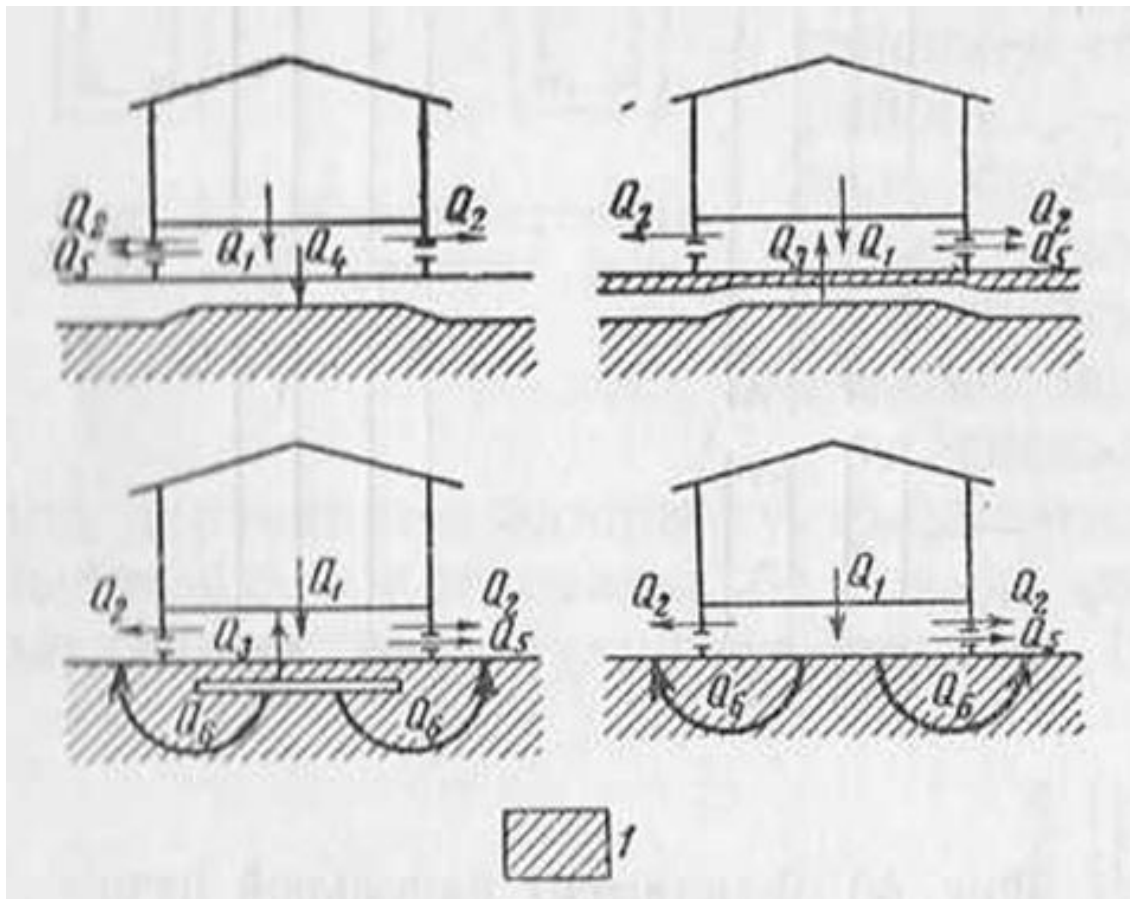


Рис. 1. Схемы тепловых потоков в вентилируемом подполье в разное время года:

1 – мерзлый грунт (стрелками показано направление потоков тепла)

Расчет производится по следующей схеме:

1. Определяется расчетная (наиболее низкая) температура воздуха в подпольном пространстве в летнее время из условия недопустимости образования в подполье конденсата водяных паров.

$$\vartheta_{II} = \frac{\vartheta_1 - \alpha_H R_{II} \vartheta_{II} + \vartheta}{1 - \alpha_H R_{II}} \quad (1)$$

$$\vartheta_{II} = \frac{\vartheta_1 \sqrt{\pi \alpha t} + 2 \lambda_M R_{II} \vartheta_0}{\sqrt{\pi \alpha t} + 2 \lambda_M R_{II}} + \vartheta \quad (1.1)$$

2. Составляется тепловой баланс подпольного пространства, из которого находится воздухообмен, требующийся для поддержания в подпольном пространстве необходимой температуры воздуха в летнее время.

$$Q_1 + Q_2 + Q_5 + Q_6 = 0. \quad (2)$$

3. Определяется глубина протаивания грунта под сооружением в летнее время.

$$h = -\lambda_T R + \sqrt{(\lambda_T R + h_0)^2 + \lambda_T \frac{\vartheta_{II} - \vartheta_3}{40\omega} t + \lambda_M \frac{\vartheta_{II} - \vartheta_3}{40\omega \sqrt{\pi \alpha}} (\sqrt{t_0 + t} - \sqrt{t_0})} \quad (3)$$

4. Определяется температура воздуха в подпольном пространстве в зимнее время, необходимая для замораживания всего протаявшего летом слоя грунта.

$$-\sum (\vartheta_{II} - \vartheta_3) t = \frac{40\omega}{\lambda_M} (2h \lambda_M R + h^2) \quad (4)$$

5. Составляется тепловой баланс подпольного пространства, по которому находится требуемый в зимнее время воздухообмен; определяется возможность сохранения мерзлого состояния грунтов в основании здания без вентилирования подпольного пространства.

6. Производится расчет вентиляционного устройства, если согласно п. 5 выявилась необходимость вентилирования.

**Этапы расчета:** Сначала рассчитывается температура воздуха в подполье по формуле 1:

в мае -  $-1,6^\circ$ , в июне -  $6,9^\circ$ , в июле -  $11,6^\circ$ , в августе -  $9,6^\circ$ , в сентябре -  $2,0^\circ$ .

Далее из уравнения теплового баланса вычисляется величина воздухообмена  $M$ . Величина  $M = -0,0031$  кг/сек. Отрицательный знак температуры воздуха в подполье означает, что протаивания в подполье данном месяце нету. Это означает, что для определения температуры воздуха в подполье формула (1) не подходит, пересчет по формуле (1.1) дает результат -  $1,4^\circ$ . Составив новое уравнение теплового баланса получим  $M = 0,0044$  кг/сек.

Итак, для каждого месяца определяются величины:  $\vartheta_{II}$ ,  $h$ ,  $M$ .

После вычисления этих величин рассчитывается число отрицательных градусочасов, необходимых для промерзания грунта, протаявшего за лето. Он определяется из формулы (4). Число отрицательных градусочасов равно 15860.

Сравнивая найденную величину с суммой зимних среднемесячных отрицательных температур можно увидеть, что за данный период грунт может быть легко проморожен.

После промерзания слоя сезонного протаивания около сооружения и его основания тепловой баланс принимает вид:

В это время вентилирование можно значительно ослабить и даже вообще прекратить, если будет удовлетворено соотношение:

$$Q_1 \leq |Q_2 + Q_6| \quad (5)$$

В нашем расчете условие (5) не выполняется, это означает, что при таких исходных данных при закрытых отверстиях под сооружениями произойдет оттаивание грунта.

Для ориентировочного учета теплотерь  $Q_6$  можно использовать табл. 1, в которой даны предельные размеры отапливаемых зданий (в м), под которыми при определенных условиях мерзлое состояние грунтов основания может быть сохранено без вентилирования и даже без подполья исключительно за счет теплотоков через мерзлый грунт. В качестве вводных величин в табл. 1 входят:

средние температуры поверхности грунта (практически средние температуры наружного воздуха) за четыре наиболее холодные месяца зимы -  $\vartheta_{нг}$ ;  
 температура грунта на глубине нулевых колебаний -  $\vartheta_0$ ;  
 температура в помещении  $\vartheta_1$ ;  
 термическое сопротивление пола  $R_{п.}$

Таблица 1

**Предельные размеры отапливаемых зданий, под которыми для сохранения мерзлого состояния основания не требуется охладительных устройств, м**

ЭНГ	90	91	5	10	15	20	30
		РП					
-50	-10	1	15x10	10x20	5x10	-	-
		2	30x60	20x40	10x20	5x10	-
		3		30x60	20x40	10x20	5x10
-25	-5	1	5x10	-	-	-	-
		2	20x40	10x20	5x10	-	-
		3	30x60	20x40	10x20	5x10	-
-10	-2	1	3x6	-	-	-	-
		2	7x14	5x10	-	-	-
		3	10x20	7x14	5x10	-	-

Опыт показывает, что воздухообмен в открытых подпольях и подпольях, вентилируемых посредством отверстий, осуществляется в основном за счет ветрового напора. В вентилируемых подпольях кратковременное повышение или понижение температуры и количества обмениваемого воздуха, вызываемые временным затишьем или непродолжительным сильным ветром в течение нескольких часов или даже дней, не оказывают влияния на тепловой режим подполья, осредненный за относительно длительный период времени. Это обстоятельство позволяет осреднять при расчете воздухообмена температуру воздуха в подполье, а также скорость ветра и температуру наружного воздуха.

Расчеты проводились по формулам:

$$Q_1 = \frac{F_{п.}}{R_{п.}} (\vartheta_1 - \vartheta_{п.})t; \tag{6}$$

$$Q_2 = \frac{F_{ц.}}{R_{ц.}} (\vartheta_{нв} - \vartheta_{п.})t, \tag{7}$$

$$Q_4 = -80\omega F_{п.} \left[ -h_0 - \lambda_T R + \sqrt{(h_0 + \lambda_T R)^2 + \lambda_T \frac{\vartheta_{п.} - \vartheta_3}{40\omega} t} \right],$$

$$Q_5 = 864(\vartheta_{нв} - \vartheta_{п.})Mt, \tag{8}$$

$$Q_6 = \lambda_M (\vartheta_{нг} - \vartheta_{пг}) \left\{ 4 \sqrt{\frac{t}{\pi a}} (dl + sb - 2sd) - \frac{2(d+s)}{\pi} t \left[ 3,576 + \ln \frac{(l-s)^2}{4at} \right] \right\} +$$

$$\frac{8\lambda_M sd}{\sqrt{\pi a}} (\vartheta_0 - \vartheta_3) (\sqrt{t_{п.} + t} - \sqrt{t_{п.}}), \tag{9}$$

где были подставлены следующие исходные данные:

Таблица 2

**Исходные данные, применяемые при расчете**

<b>l</b>	м	10	Полудлина здания
<b>s</b>	м	9,5	расстояние от центра здания до середины цоколя в направлении длины
<b>b</b>	м	5	Полуширина здания
<b>d</b>	м	4,5	расстояние от центра здания до середины цоколя в

			направлении ширины
<b>R<sub>ц</sub></b>	м <sup>2</sup> час*град/ккал	1,6	Термическое сопротивление цоколя
<b>Толщ.ц</b>	м	1	Толщина цоколя
<b>выс.подп</b>	м	0,45	Высота подполья
<b>λ<sub>г</sub></b>	ккал/м*час*град	1,9	Коэффициент теплопроводности талого грунта
<b>λ<sub>м</sub></b>	ккал/м*час*град	2,2	Коэффициент теплопроводности мерзлого грунта
<b>α<sub>м</sub></b>	м <sup>2</sup> /час	0,004	Коэффициент температуроводности грунта
<b>w</b>	кг/м <sup>3</sup>	200	Количество замерзшей воды в грунте
<b>t</b>	час	720	Расчетный интервал времени
<b>θθ</b>	град	-6	Температура толщи на глубине годовых нулевых амплитуд
<b>aH</b>	ккал/м <sup>2</sup> *час*град		Коэффициент теплоотдачи поверхности грунта
при протаив		10	
при промерз		15	

**Выводы.** 1. Сохранение мерзлого состояния основания сооружений приводит к положительному результату при соблюдении предельных размеров сооружений и внимательном учете природных условий (табл. 1). Если же размеры сооружений не соответствуют данным таблицы, нужно установить в подполье дополнительные охлаждающие устройства.

2. Особое внимание следует обратить на подведение подземных санитарно-технических коммуникаций и ввод их в здания, фундаменты которых рассчитаны на сохранение мерзлого состояния грунтов основания. Неправильный ввод таких коммуникаций может вызвать нарушение теплового режима.

#### Список литературы

1. Джаманбаев М.Дж. Методы решения и идентификация параметров математической модели процессов переноса / М.Дж. Джаманбаев. - Бишкек: Илим, 1996.- 121 с.
2. Цытович Н.А. Основы геокриологии / Н.А.Цытович, И.Я. Баранов. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1959
3. Жуков В.Ф. Предпостроечное протаивание многолетнемерзлых оснований фундаментов (обоснование нового метода строительства) / В.Ф. Жуков - Изд-во АН СССР, 1958.
4. Порхаев Г.В. Расчет вентилирующих подполий зданий, возводимых по принципу сохранения вечной мерзлоты / Г.В. Порхаев // Труды Института мерзлотоведения АН СССР, т. XI, Изд-во АН СССР, 1952.

**ГОРНОЕ ДЕЛО**

УДК 622.02 (075.8)

**ПОВЕРХНОСТНАЯ ЭНЕРГИЯ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД**

*Тажиббаев Кушбак Тажиббаевич, д.т.н, зав.лаб. института геомеханики и освоения недр НАН Кыргызской Республики*

*Султаналиева Рая Мамакеевна, к.ф.-м.н, проф. КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр.Мира 66, +996 705578159, e-mail:raia-ktu@mail.ru*

*Конушбаева Айнура Токтосуновна, ст. преп. каф. «Физика» КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан 720044, г.Бишкек, пр.Мира 66, e-mail: aikat80@mail.ru*

Представлены результаты определения поверхностной энергии минералов различных авторов и методов. Установлено, что значения поверхностной энергии по данным различных методов различается между собой вследствие не точных определений вновь образованной поверхности и величины энергии затрачиваемой непосредственно на образование новой поверхности.

**Ключевые слова:** руды, минералы, поверхностная энергия, анизотропия, методы определения поверхностной энергии.

**SUPERFICIAL ENERGY OF MINERALS AND MOUNTAINBREEDS**

*Tajibaev Kushbak Tajibaevich, doctor of engineering sciences, to the managing laboratory of institute geomechanics and mastering of bowels of the earth theNational academy of sciences of KR.*

*Sultanalieva Raia Mamakeevna, candidate of Physical and Mathematical Sciences, prof. The Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, c. Bishkek, Mira 66, +996 705578159, e-mail:raia-ktu@mail.ru*

*Konushbaeva Ainura Toktosunovna, senior teacher The Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, c. Bishkek, Mira 66, e-mail: aikat80@mail.ru*

The results of determining the surface energy of minerals of different authors and method is presents. It is established that the values of the surface energy according to various methods differ among themselves by not precise definitions of the newly formed surface and the energy consumed directly in the formation of a new surface.

**Keywords:** ores, minerals, superficial energy, anisotropy, methods of determination of superficial energy.

**Введение.** Поверхностная энергия – это энергия, сосредоточенная на границе раздела фаз, избыточная по сравнению с энергией в объеме. При увеличении поверхности раздела фаз полная удельная поверхностная энергия (на единицу поверхности) характеризует увеличение энергии системы. Она равна сумме механической работы образования единицы площади поверхности и поглощаемой при этом теплоты [1].

Понятия поверхностная энергия твердых тел связывается с явлениями разрушения. При разрушении горных пород, сопровождающейся образованием новой поверхности, затрачиваемая энергия расходуется на упругие деформации, на образование теплоты и на

поверхностную энергию. Поверхностная энергия связана с межмолекулярным взаимодействием, так как состояние частиц (атомов, молекул) на границе раздела фаз отличается от состояния в объеме фаз вследствие некомпенсированности силовых полей частиц на поверхности раздела. Состояние поверхности и поверхностные силы играют существенную роль в тех случаях, когда поверхность сильно развита (например, в высокодисперсных системах), при получении вещества в виде тонких пленок, когда сфера действия поверхностных сил соизмерима с толщиной пленок, в капиллярных явлениях. При образовании поверхности раздела фаз работа затрачивается против некомпенсированных сил межчастичного взаимодействия на поверхности. Поверхностная энергия определяется как работа образования единицы площади поверхности или как сила, приложенная к контуру на поверхности и препятствующая увеличению поверхности.

Поверхностная энергия  $\sigma$  как это определена из устойчивых опытов разрушения растяжением на различных типов горных пород бывают в порядке  $10^3$  эрг/см<sup>2</sup> [1]. Основной источник противоречий данных  $\sigma$  приписывалось неправильному учету полноты вновь образованной поверхности при распространении трещины через зернистую среду. Один аспект предположения исследований остаточной пластической деформации в горных породах является оценка содействия такой деформации к процессам разрушения. Несмотря на незаконченность работы, подтверждено, что оно является причиной значительного различия этих величин и порядков в монокристаллах и горных породах [1].

В основном  $\sigma$  вычисляется из внешней энергии требуемой для распространения устойчивой трещины разрыва через горную породу и из площади вновь образованной поверхности  $S$ , следующим образом:

$$\sigma = \frac{U}{2S}; \left[ \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2} \right],$$

где  $U$  - энергия образования поверхности,  $\sigma$  - можно рассматривать как избыток энергии на единицу площади, или как силу, которую необходимо приложить к единице длины, чтобы разорвать поверхностный слой.

Действительная поверхностная энергия  $\sigma$  еще называется удельной поверхностной энергоемкостью разрушения твердых материалов. Всякий кристалл обладает внутренней и поверхностной энергией. Внутренняя энергия измеряется той работой, которую нужно затратить, чтобы разделить кристалл на частицы (атомы, ионы, молекулы) и удалить их на такие расстояние друг от друга, при которой прекращается взаимодействие между ними. Эта внутренняя энергия пропорциональна объему кристалла и для двух кристаллов одного того же вещества, имеющих одинаковые объемы она одинакова. Кроме того, кристалл обладает поверхностной энергией, которая пропорциональна поверхности кристалла. Следовательно, полная энергия кристалла состоит из внутренней энергии и поверхностной энергии. Поверхностная энергия различных граней кристалла различна. Удельная поверхностная энергия зависит от температуры и от того, в какой среде находится кристалл.

В объемах молекулярные силы, действующие на молекулу со стороны соседних молекул, взаимно компенсируются. В поверхностном слое такой компенсации нет, и на поверхностные молекулы действуют силы, направленные внутрь наиболее плотной фазы (имеется виду соприкосновение двух фаз, например, твердые тела и жидкость). Эти силы компенсируются тем, что происходит сжатие поверхностного слоя, и силы упругости производят компенсацию. Поверхностный слой находится в упруго напряженном состоянии, и это вызывает сгущение энергии на поверхности. Поверхностная энергия твердых тел падает с повышением температуры.

В жидкостях молекулы могут легко перемещаться и процесс образования новой поверхности можно считать практически обратимым процессом. В твердых телах образование новой поверхности является необратимым процессом, так как частицы твердого тела могут перемещаться с большим трудом (исключение процесс расщепления слюды в вакууме и т.п.). Для жидкостей поверхностный слой имеет одинаковые свойства по всем направлениям, а в кристаллах поверхностный слой обладает различными свойствами по разным направлениям (розетки твердости). Поверхностные энергии разных плоскостей кристалла различны. Если возьмем аморфное тело или кристалл, у которого нет плоскостей спайности и поверхностная энергия одинакова для всех плоскостей, то розетка твердости обращается в круг. Спайностью называется способность кристаллов некоторых минералов раскалываться по определенным плоскостям, плоским параллельным сеткам кристаллических решеток. Плоскость спайности совпадает с той плоскостью, для которой удельная поверхностная энергия разрушения  $\sigma$  имеет наименьшее значение. Наиболее вероятным значением для поверхностной энергии грани куба кристаллов каменной соли можно принять  $\sigma_{(100)}=300$  эрг/см<sup>2</sup> [4].

Измерения удельной работы разрушения показывают, что большая часть энергии переходит в теплоту и лишь очень небольшая часть расходуется на диспергирование. Более правильно было бы, если говорить о рассеивании большей части энергии не в виде теплоты, а в виде напряженного возмещения.

Для разрушения тела необходимо затратить некоторую энергию, довести упругие напряжения в нем до определенного значения и затем затратить энергию на самый процесс разрушения, т.е. на процесс образования новых поверхностей. Энергия, затраченная на образование в теле упругих деформаций, после разрушения тела, переходит в теплоту. Часть же энергии расходуемая на разрушение очень мала.

Прочность кристаллов зависит от сил взаимодействия между ионами или атомами, от конструкции кристаллической решетки, от междоатомных или ионных расстояний и от валентности ионов.

**Методы исследования.** Экспериментальное измерение поверхностной энергии в горных породах представляет собой трудную задачу из-за медленного (по сравнению с жидкостью) протекания релаксационных процессов и большой диссипации энергии при разрушении и образовании новой поверхности, что обычно затрудняет рассмотрение этого процесса как изотермического, обратимого.

Существует несколько методов измерения поверхностной энергии, из которых наиболее достоверные результаты дает метод нулевой ползучести (Таммана-Удина), основанный на наличии у тела вязкой ползучести, то есть способности при достаточно высокой температуре медленно течь под действием приложенной силы. Графическая интерполяция величины этой силы к значению, при котором вязкая ползучесть уравнивается поверхностным натяжением, позволяет определить поверхностную энергию.

В работе [2] дается теория процесса абразивного шлифования хрупких горных пород для определения  $\sigma$ , а также методика и результаты лабораторных исследований поверхностной энергии. Установлено, что энергоемкость образования единицы новой поверхности для роговиков и диорит - порфиринов составляет  $1,6 \div 1,65$  Дж/м<sup>2</sup>  $\approx 1600$  эрг/см<sup>2</sup>. Методы сверления и взаимного шлифования, выполненные в порядке контрольного, дают приблизительно такие же результаты. Показатель поверхностной энергии хорошо коррелирует с энергоемкостью разрушения горных пород взрывом. Характеристику поверхностной энергии можно положить в основу прогнозирования гранулометрического состава отбиваемой породы взрывом. Для гетерополярных решеток типа *NaCl* поверхностная энергия  $\sigma$  в эрг/см<sup>2</sup> для грани куба может быть вычислена согласно элементарной теории Я. И. Френкеля по формуле:

$$\sigma_{(100)} = 0,016 \frac{e^2}{r^3}$$

где  $e$  - элементарный заряд,  $r$  - расстояние между соседними ионами противоположного знака.

## Значения поверхностной энергии некоторых солей

Таблица 1

соль	$\sigma_{(100)}$ , эрг/см <sup>2</sup>		$r$ , Å <sup>0</sup>
	Борн и Штерн	Френкель	
<i>LiCl</i>	-	205	2,57
<i>NaCl</i>	150	164	2,81
<i>NaBr</i>	118	140	2,99
<i>KCl</i>	107	121	3,15
<i>KBr</i>	92	97	3,30
<i>KJ</i>	75	83	3,51

Из таблицы 1 видно, что поверхностная энергия обусловлена с внутренним строением вещества и пропорционально зависит от  $r$ .

Следует заметить, что кристаллы, выращенные из растворов, обладают меньшей прочностью (меньшей  $\sigma$ ) по сравнению с кристаллами, выращенными из расплавов, так как при выращивании из растворов попадает вода и ослабляет связи.

Маятниковый склерометр дает возможность располагать хрупкие тела в ряд по возрастающей поверхностной энергии. В работе [3] регистрация площади сдвига для устойчивого разрушения является точным значением  $U$ , при условии, что некоторая энергия теряется в форме тепла и звука незначительно. Наибольший источник ошибок заключается в действительности в измерении истинной площади поверхности разрушения. Эта площадь принимается как (а) номинальная площадь, если поверхность совершенно ровная; (б) номинальная поверхность скорректированная для каждой стороны разрыва и (с) номинальная площадь скорректированной оптически определенным коэффициентом подсчета топографии. На наилучшем из этих данных площадь несколько 10 -100 раз меньше, для того чтобы достигать реальных значений  $\sigma$  (таблица 2). Вычисления  $\sigma$  из устойчивых разрушений изгибом, сопротивление срезу балок (прорез балок) несколько меньше, чем предварительно опубликованные значение для подобных горных пород. Хотя эти значения тоже по величине на один два порядка больше, чем  $\sigma$  для соответствующих монокристаллов.

Таблица 2

Поверхностная энергия для избранных материалов [3].

Материал	Энергия (поверхностная энергия) разрушения, (10 <sup>4</sup> эрг/см <sup>2</sup> )	Источник
1) Данные из прорезанных балок.		
Силикаты	3,0	Моувензаден
Стекло	0,34	— " —
— " —	0,54	— " —
— " —	0,53	— " —
— " —	0,50	— " —
— " —	0,55	
2) Данные из метода (расслаивание) Гильмана.		
Кварц (1011)	0,023	Сантапани-Гапта
Кварц (1010)	0,035	Брейс и Валпе
	0,041	— " —



Известняк 1	0,050	—"—
Известняк 2	0,103	Пекинс и Бартлет
Известняк (Индиана)	3,8	—"—
Песчаник (Аризон.)	1,9	—"—
Известняк 3	4,2	—"—
Известняк 4	12,7	Перкинс и Креч
Песчаник	1,7 *	—"—
	3,5 *	—"—
3) Гранит	8,8 *	
Мрамор		Фрутон Рад и
Известняк (Индиана)	5,0±0,5+	Моувензаден
	5,0±1,5+	
	2,0 – 11,0 ++	

Примечания: \* – Моувензаден и Фурутан-Рад показали, что  $\sigma$  изменяется нагреванием и от незащищенности поверхностей. Значения перечисленные здесь не трактуется для образцов разрушенных в комнатной температуре и при атмосферном давлении.

+ – Колебание значений на 50 процент глубины прореза.

++ – Колебание значений для различных направлений разрушения относительно залегания индианского известняка. Данные для кальцитированного песчаника такие же, как для известняка.

Известны также следующие косвенные методы определения поверхностной энергии.

**Метод абразивного шлифования.** При шлифовании громадная часть затраченной энергии расходуется на упругие деформации и переходит в теплоту, а очень небольшая часть, но определенная часть энергии расходуется на диспергирование, т.е. на увеличение поверхностной энергии системы. Если сделать предположение, что при определенном абразиве на диспергирование расходуется одна и та же часть затраченной работы при шлифовании различных кристаллов и что частицы порошков, образующихся в результате шлифования, одинаковы для различных кристаллов, то получается ряд полезных соотношений. (Методом абразивного шлифования можно определять отношения поверхностных энергий различных кристаллов).

**Метод сверления.** Если произвести сверление сверлом с острым кончиком, то диаметр лунки линейно возрастает с увеличением число оборотов  $n$  при усилнии подачи  $P=const$  и линейно возрастает с нагрузкой  $P$  при  $n=const$ . Из угловых коэффициентов этих прямых определяли относительное значение поверхностных энергий.

**Метод взаимного шлифования.** Этот метод заключается в том, что два кристалла от руки взаимно шлифуются с подсыпкой какого-либо абразивного порошка. оказывается, что отношение ошлифованных масс не зависит от продолжительности шлифования, от степени нажатия и мало зависит от рода и зернистости абразива. У Кузнецова В. Д. ряд расположений по взаимному шлифованию, оказался такой же, как по шкале Мооса. При этом он полагает, что объемы ошлифованных слоев обратно пропорциональны

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

поверхностным энергиям (удельным):

Значения  $\sigma$  в эрг/см<sup>2</sup>

Таблица 3

	соль авторы	NaCl	NaBr	NaJ	KCl	KBr	KJ
1	Борн и Штерн	150,2	118,7	95,9	107,5	91,6	74,9
2	Френкель	164	140	107	121	118	83
3	Жданов	210	174	-	-	115	113

4	Бимюлер	86,7	69,5	50,7	91,4	76,6	59,4
5	Леннард-Джонс	93	90	88	75	73	72
6	и Дент	77	76	79	56	54	58
7	Дент	114	106	87	97,5	89	85

В таблице 3 приведены значения поверхностной энергии по данным различных авторов для грани (100) некоторых солей.

Поверхностная энергия и анизотропия не совместимы друг с другом. Это вытекает из того, что поверхностная энергия  $\sigma$  равняется той работе, которую необходимо затратить, чтобы перевести (атомы, ионы или молекулы) из внутренних частей на единицу поверхности или чтобы образовать единицу новой поверхности. Эта работа не является вектором и не может быть анизотропной. Однако для всех кристаллов с явной плоскостью спайности почти по всем методам получается как бы анизотропия поверхностной энергии. На первый взгляд здесь наблюдается анизотропия поверхностной энергии, в действительности же никакой анизотропии нет, а только результат скалывания зависит от расположения плоскости скола относительно плоскостей спайности. Кажущаяся анизотропия поверхностной энергии кристаллов каменной соли наблюдается при шлифовании, при царапании, при определении твердости по методу затухающих колебаний. Однако если учесть во всех этих случаях расположение сил производящих выколы частичек, то определится только одно значение поверхностной энергии для грани куба  $\sigma_{(100)}$ . Все очень сложные явления при царапании, при шлифовании и т.д. в которых резко проявляется анизотропия, можно объяснить существованием двух систем плоскостей спайности неодинакового совершенства [4].

#### Выводы:

1. Показатель поверхностной энергии не зависит от трещиноватости и слоистости горных пород при точном определении истинной вновь образованной поверхности и количество энергии, расходуемой непосредственно на образование новой поверхности данной горной породы, и является интегральной характеристикой удельной поверхностной энергоёмкости разрушения.

2. Значительные расхождения значений поверхностной энергии при определении разными методами и авторами, главным образом, обусловлены значительной погрешностью определения вновь образованной поверхности разрушения и величины энергии разрушения за вычетом диссипативных потерь.

3. Существующие косвенные методы (метод абразивного шлифования, метод сверления, метод взаимного шлифования) дают не точные результаты определений  $\sigma$  вследствие не точности определения вновь образованной поверхности, так как до разрушения существует в материале внутренние поверхности ослабления (трещины, дефекты структуры) учет которых этими методами не осуществляется.

4. Для наиболее точного определения величины поверхностной энергии горных пород и минералов необходимо разработать точные методы определения вновь образованной поверхности и учета диссипативных потерь энергии при разрушении.

#### Список литературы

1. Трубецкой К.И. Современные проблемы разрушения массивов горных пород / К.И.Трубецкой, С.Д. Викторов -М.-1987.
2. Березин В.К. Исследование поверхностной энергии горных пород методом абразивного шлифования / Березин В.К. - М.: Недра, 1984.
3. Моувензаден А. Н. Способ определения энергии поверхности-разрушении горных пород. Авт. св. СССР № 1123118, кл. H05B 6/64, 1977.
4. Кузнецов В. Д. Поверхностная энергия твердых тел/ В. Д. Кузнецов М.- 1964.

**ИННОВАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ**

УДК 681.5

**СИНТЕЗ САУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ НАМОТКИ  
ДЛИННОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Оморов Туратбек Турсунбекович**, д.т.н., проф., член-корреспондент Национальной академии наук Кыргызской Республики (НАН КР), заведующий лабораторией Института физико-технических проблем и материаловедения им. Ж. Жеенбаева НАН КР, 720071, г.Бишкек, проспект Чуй, 265

**Жолдошов Толкунбай**, к.т.н., научный сотрудник лаборатории Института физико-технических проблем и материаловедения им. Ж. Жеенбаева НАН КР, 720071, г.Бишкек, проспект Чуй, 265,

**Кожекова Гуланда Анарбековна** к.т.н.,старший научный сотрудник лаборатории Института физико-технических проблем и материаловедения им. Ж. Жеенбаева НАН КР, 720071, г. Бишкек, проспект Чуй, 265

**Джолдошов Бекболот Оморович**, д.т.н., проф. КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызста, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [bekbolot2009@yandex.ru](mailto:bekbolot2009@yandex.ru)

**Цель статьи:** рассматривается задача проектирования регулятора системы автоматического управления (САУ) процессом намотки длинномерных материалов, математическое описание которой дается уравнениями с переменными параметрами. Динамический расчет САУ осуществляется с использованием метода синтеза систем с переменной структурой на основе принципа гарантируемой динамики.

**Ключевые слова:** система автоматического управления (САУ), регулятор, технологический процесс, намотка материалов, управление взаимосвязанными электроприводами, математическая модель, система с переменной структурой, синтез, принцип гарантируемой динамики, метод расчёта САУ.

**SYNTHESIS OF ACS OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF WINDING THE LONG-  
LENGTH MATERIALS**

**Omorov Turatbek Tursunbekovich**, the Dr. Sci. Tech., the prof., member-correspondent of National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic (NAS KR), head of laboratory of Institute of physical-technical problems and material science of them. J. Jeenbaeva the national Academy of Sciences of the KYRGYZ Republic, 720071, Bishkek, Prospekt Chuy, 265,

**Dzholdoshov Bekbolot Omorovich**, the Dr. Sci. Tech., the prof. KSTU. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66, e-mail: [bekbolot2009@yandex.ru](mailto:bekbolot2009@yandex.ru)

**Kojekova Hulanda Anarbekovna**, Ph. D.,senior researcher of the Institute of physicotechnical problems and material science of them. J. Jeenbaeva the national Academy of Sciences of the KYRGYZ Republic, 720071, Bishkek, Prospekt Chuy, 265,

**Dzhunushaliev Urambi Bolotbekovich**, engineer of the Institute of physicotechnical problems and material science of them. J. Jeenbaeva the national Academy of Sciences of the KYRGYZ Republic, 720071, Bishkek, Prospekt Chuy, 265,

**The purpose:** of this article we consider the problem of designing the controller of the automatic control system (ACS) a process of winding the long-length materials, the mathematical description of which is given by the equations with variable parameters. Dynamic

calculation of aucs is performed using a method of synthesis of variable structure systems based on the principle of guaranteed dynamics.

**Keywords:** automatic control system (ACS), the regulator, technological process, the winding material, management of the interconnected electric drives, mathematical model, the system with variable structure, synthesis, the principle of guaranteed dynamics, the method of calculating the ACS.

Динамическое проектирование систем автоматического управления (САУ) нестационарными объектами представляет большие трудности, несмотря на то, что для синтеза соответствующих регуляторов в теории управления существует ряд методов [1-4]. В работе [5] на основе принципа гарантируемой динамики [5,6,7] предложен альтернативный метод расчета САУ с переменной структурой для указанного класса объектов, суть которого заключается в следующем.

Рассматривается нестационарный линейный многомерный управляемый объект, математическая модель которого задана в отклонениях в пространстве состояний:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= A(t)x(t) + B(t)u(t), \\ x(t_0) &= x^0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$  –  $n$ -мерный вектор состояния объекта в отклонениях;  $u(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)]^T$  –  $m$ -мерный вектор управляющих воздействий; вещественные матрицы  $A(t) = \{a_{ij}(t)\}_{n \times n}$ ,  $B(t) = \{b_{\alpha i}(t)\}_{m \times n}$ ;  $x^0$  – вектор начального состояния объекта в начальный момент времени  $t_0$ ;  $T$  – знак транспонирования.

Считается, что объект обладает свойством управляемости, а компоненты вектора состояния  $x(t)$  измеряются.

Проблема состоит в синтезе автоматического регулятора, обеспечивающего проектируемой системе управления заданные динамические свойства, т.е. устойчивость замкнутой САУ и требуемые показатели качества системы по точности и быстродействию.

Далее предполагается, что синтезируемый регулятор строится в виде линейной обратной связи по вектору состояния  $x(t)$ , т.е. его структура задается в виде

$$u(t) = K(t)x(t), \quad (2)$$

где матрица регулятора  $K(t) = \{k_{vi}(t)\}_{m \times n}$ .

С учетом закона управления (2) векторное уравнение объекта (1), замкнутого обратной связью, имеет вид

$$\dot{x}(t) = S(t)x(t),$$

где матрица замкнутой системы  $S(t) = \{s_{ij}(t)\}_{n \times n}$ .

Для синтеза искомого закона управления  $u(t)$  используется следующий результат [5,6].

**Теорема 1.** Пусть  $x_i(t) \neq 0$ ,  $i = \overline{1, n}$ , и для каждого  $t_0$  и  $t > t_0$  выполняются условия

$$\int_{t_0}^t x_i(t) \dot{x}_i(t) dt < 0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Тогда модули невязок  $|x_i(t)|$  с течением времени убывают и

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_i(t) = 0, \quad i = \overline{1, n}.$$

На основе теоремы 1 в [5] получены условия, при выполнении которых обеспечиваются критериальные соотношения (3).

**Теорема 2.** Пусть управляемый объект и алгоритм управления описываются соответственно соотношениями (1) и (2). Тогда, для выполнения критериальных условий (3) параметры замкнутой САУ должны определяться по формулам:

$$s_{ij}(t) = s_{ij}^* \text{sign}[x_i(t)x_j(t)], \quad i, j = \overline{1, n}, \quad (4)$$

а матрица регулятора должна удовлетворять соотношению

$$B(t)K(t) = S(t) - A(t), \quad (5)$$

где  $S_{ij}^*$  — отрицательные вещественные параметры ( $s_{ij}^* < 0$ ).

В результате проблема синтеза регулятора для многомерной линейной нестационарной системы (1) сводится к решению матричного уравнения (5) относительно матрицы линейной обратной связи  $K(t)$ .

В случае, когда  $m=n$ , а  $B(t)$  имеет обратную матрицу  $B^{-1}(t)$ , матрица регулятора  $K(t)$  определяется в явной форме:

$$K(t) = B^{-1}(t)[S(t) - A(t)] \quad (6)$$

В противном случае, а также когда  $B(t)$  не является квадратной, нахождение решения уравнения (5) можно осуществить на основе обобщенного обращения  $B^+(t)$  матрицы  $B(t)$  [4]:

$$B^+ = [B^\Delta \hat{A}]^{-1} B^\Delta \quad (7)$$

Тогда квазирешение матричного уравнения (5) дается формулой:

$$K(t) = B^+(t)[S(t) - A(t)] \quad (8)$$

Формулировка задачи управления взаимосвязанными электроприводами. Теперь рассмотрим задачу динамического расчета регулятора САУ технологическим процессом намотки длинномерных материалов с использованием изложенного выше метода. Данный объект (рис. 1) является составной частью технологического комплекса и состоит из двух электроприводов [5].

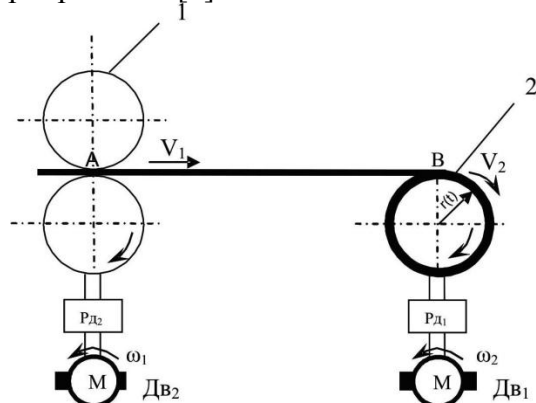


Рис. 1. Кинематическая схема системы

Обрабатываемый материал (лента, проволока и др.) наматывается на приемную катушку 2 проходя через валки 1, вращение которых обеспечивает соответствующие двигатели (Дв1, Дв2). В процессе управления момент инерции Дв2 возрастает, так как при этом увеличивается диаметр катушки  $r(t)$ . При этом в целях повышения показателей качества технологического процесса возникает проблема взаимосвязанного и функционального управления электроприводами, входящими в структуру технологического комплекса. Важной

задачей является поддержание определенных соотношений между переменными системы, характеризующие протекание технологического процесса. В качестве основных параметров процесса при этом служат линейные скорости движения материала  $V_1(t)$  и  $V_2(t)$  в соответствующих местах (точке А и В) и длина обрабатываемого материала между ними.

Математическая модель рассматриваемой системы получена в виде следующей системы уравнений [7]:

$$\begin{aligned} \dot{V}_1(t) &= a_{11} V_1(t) + b_{11} u_1(t), \\ \dot{V}_2(t) &= a_{22} V_2(t) + a_3 V_2^2(t) + b_{22} u_2(t), \\ \dot{r}(t) &= a_4(t) V_2(t), \\ \dot{J}_2(t) &= c_2 r^3(t) \dot{r}(t), \end{aligned} \tag{9}$$

где  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$  – напряжения на входе усилителей мощности, которые являются управляющими воздействиями первого и второго двигателей;

$J_1$ ,  $J_2$  – моменты инерции, приведенные к валам соответствующих двигателей; параметры системы

$$\begin{aligned} a_{11} &= -\frac{k_1 \beta_1}{J_1}, & a_{22} &= -\frac{\beta_2 k_2}{J_2(t)}, & a_3 &= a_3(r) = \frac{c_1 k_2}{r^2(t)}, \\ b_{11} &= \frac{k_1 \eta_1}{J_1}, & b_{22} &= b_{22}(r) = \frac{r_2 r(t) k_2}{J_2(t)}, & a_4 &= a_4(r) = \frac{c_1}{r(t)}. \end{aligned} \tag{10}$$

Здесь  $k_1, k_2, \eta_1, \eta_2, \beta_1, \beta_2, c_1$  – постоянные коэффициенты.

Вначале сформулируем технологические требования к проектируемой системе управления. Введем величины:

$l^*$  – расстояние между точкой касания валков 1 (точка А) и верхней частью (точка В) приемной катушки (рис.1);

$l(t)$  – фактическая длина обрабатываемого длинномерного материала (полотна) между точками А и В в момент времени  $t$ .

Синтерзируемой регулятор САУ должен обеспечивать:

стабилизацию выходных переменных системы  $V_1(t)$  и  $V_2(t)$  на уровне желаемого значения  $V^*$  линейных скоростей:

$$\begin{aligned} V_1(t) &= V^* = \text{const}, \\ V_2(t) &= V^* = \text{const}. \end{aligned} \tag{11}$$

выполнение технологического условия:

$$l(t) = l^*, \tag{12}$$

что позволяет достичь определенного натяжения обрабатываемого материала;

допустимое время управления  $T_i, i = \overline{1,3}$ .

В результате задача динамического проектирования САУ заключается в отыскании законов управления  $u_1(t)$  и  $u_2(t)$  по заданным технологическим требованиям (11), (12) и быстродействию системы  $T_i, i = \overline{1,3}$ .

Уравнения объекта в переменных состояния. Введем следующие переменные:

$$l_1(t) = \int_0^t V_1(\tau) d\tau, \quad l_2(t) = \int_0^t V_2(\tau) d\tau, \tag{13}$$

где  $l_1(t)$ ,  $l_2(t)$  – длины обрабатываемого материала через точку А и В соответственно в момент времени  $t$ .

Рассматривается разность

$$\Delta \ell(t) = \ell_1(t) - \ell_2(t),$$

которая с учетом формул (13) выражение имеет вид:

$$\Delta \ell(t) = \int_0^t (V_1 - V_2) d\tau. \quad (14)$$

Для обеспечения технологического условия (11) отклонение  $\Delta \ell(t)$  должно стремиться к нулю:

$$\Delta \ell(t) \rightarrow 0.$$

В целях учета условия (14) необходимо получить соответствующее уравнение динамики отклонения  $\Delta \ell(t)$  длины обрабатываемого материала от заданного значения  $\ell^*$ , которое можно определить путем дифференцирования по  $t$  левой и правой частей соотношения (14):

$$\dot{\Delta \ell}(t) = V_1(t) - V_2(t).$$

Введем следующие переменные состояния:

$$x_1(t) = v_1(t) - v_1^*,$$

$$x_2(t) = v_2(t) - v_2^*,$$

$$x_3(t) = \Delta \ell(t).$$

В результате линейные уравнения объекта в отклонениях запишутся в виде

$$\dot{x}_1 = a_1 x_1 + b_1 u_1$$

$$\dot{x}_2 = \tilde{a}_2 x_2 + b_2 u_2$$

$$\dot{x}_3 = a_1 x_1 + (2a_3 V_2^* - a_2) x_2 + b_1 u_1 + b_2 u_2. \quad (15)$$

Систему уравнений (15) можно записать в матричной форме (1):

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t),$$

где  $x(t) = [x_1(t), x_2(t), x_3(t)]^T$  - вектор состояния объекта;  $u(t) = [u_1(t), u_2(t)]^T$  - вектор управляющих воздействий;  $A(t)$  и  $B(t)$  - вещественные матрицы:

$$A(t) = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 \\ 0 & \tilde{a}_2 & 0 \\ a_1 & a_3 V_2^* - a_2 & 0 \end{bmatrix}; \quad B(t) = \begin{bmatrix} b_1 & 0 \\ 0 & b_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix}.$$

В соответствии с изложенным выше методом синтеза САУ закон управления  $u(t)$  определяется соотношением (2), а матрица регулятора

$$K(t) = B^+(t)[S(t) - A(t)]$$

При этом обобщенное обращение  $B^+(t)$  матрицы  $B(t)$  определяется формулой (7), а элементы матрицы  $S(t)$  имеют вид:

$$\begin{aligned} s_{11}(t) &= s_{11}^* \text{sign}[x_1^2(t)], & s_{21}(t) &= s_{21}^* \text{sign}[x_2(t)x_1(t)], \\ s_{12}(t) &= s_{12}^* \text{sign}[x_1(t)x_2(t)], & s_{22}(t) &= s_{22}^* \text{sign}[x_2^2(t)], \\ s_{13}(t) &= s_{13}^* \text{sign}[x_1(t)x_3(t)], & s_{23}(t) &= s_{23}^* \text{sign}[x_2(t)x_3(t)], \end{aligned} \quad (16)$$

$$s_{31}(t) = s_{31}^* \text{sign}[x_3(t)x_1(t)],$$

$$s_{32}(t) = s_{32}^* \text{sign}[x_3(t)x_2(t)],$$

$$s_{33}(t) = s_{33}^* \text{sign}[x_3^2(t)].$$

При этом вычисления показывают, что

$$B^+(t) = \begin{bmatrix} \frac{2}{3b_1} & -\frac{1}{3b_1} & \frac{1}{3b_1} \\ \frac{1}{3b_2} & \frac{2}{3b_2} & \frac{1}{3b_2} \end{bmatrix}$$

$$S(t) - A(t) = \begin{bmatrix} s_{11} - a_1 & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} - \tilde{a}_2 & s_{23} \\ s_{31} - a_1 & s_{32} - (2a_3V_2^* - a_2) & s_{33} \end{bmatrix}.$$

Таким образом матрица регулятора определяется соотношением:

$$K(t) = \begin{bmatrix} \frac{2}{3b_1} & -\frac{1}{3b_1} & \frac{1}{3b_1} \\ -\frac{1}{3b_2} & \frac{2}{3b_2} & \frac{1}{3b_2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} s_{11} - a_1 & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} - \tilde{a}_2 & s_{23} \\ s_{31} - a_1 & s_{32} - (2a_3V_2^* - a_2) & s_{33} \end{bmatrix}, \quad (17)$$

а ее элементы определяются следующими выражениями:

$$k_{11}(t) = -\frac{s_{21}}{3b_1} - \frac{2(a_1 - s_{11})}{3b_1} - \frac{a_1 - s_{31}}{3b_1};$$

$$k_{12}(t) = \frac{a_2 + s_{32} - 2V_2^* a_3}{3b_1} + \frac{2s_{12}}{3b_1} + \frac{\tilde{a}_2 - s_{22}}{3b_1};$$

$$k_{13}(t) = \frac{2s_{13}}{3b_1} - \frac{s_{23}}{3b_1} + \frac{s_{33}}{3b_1};$$

$$k_{22}(t) = \frac{a_2 + s_{32} - 2V_2^* a_3}{3b_2} - \frac{s_{12}}{3b_2} - \frac{2(\tilde{a}_2 - s_{22})}{3b_2};$$

$$k_{23}(t) = \frac{2s_{23}}{3b_2} - \frac{s_{13}}{3b_2} + \frac{s_{33}}{3b_2};$$

$$k_{21}(t) = \frac{2s_{21}}{3b_2} + \frac{a_1 - s_{11}}{3b_2} - \frac{a_1 - s_{31}}{3b_2};$$

В результате искомый закон управления имеет вид:



$$\begin{aligned}
 u_1(t) &= \left( \frac{s_{21}}{3b_1} \cdot \frac{2(a_1-s_{11})}{3b_1} + \frac{a_1-s_{31}}{3b_1} \right) x_1 + \left( \frac{(a_2+s_{32}-2V_2^* a_3)}{3b_1} + \frac{2s_{12}}{3b_1} + \frac{\tilde{a}_2-s_{22}}{3b_1} \right) x_2 + \\
 &\quad + \left( \frac{2s_{13}}{3b_1} - \frac{s_{23}}{3b_1} + \frac{s_{33}}{3b_1} \right) x_3; \\
 u_2(t) &= \left( \frac{2s_{21}}{3b_2} + \frac{a_1-s_{11}}{3b_2} - \frac{a_1-s_{31}}{3b_2} \right) x_1 - \left( \frac{s_{12}}{3b_2} - \frac{a_2+s_{32}-2V_2^* a_3}{3b_2} + \frac{2(\tilde{a}_2-s_{22})}{3b_2} \right) x_2 + \\
 &\quad + \left( \frac{2s_{23}}{3b_2} - \frac{s_{13}}{3b_2} + \frac{s_{33}}{3b_2} \right) x_3.
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

Расчет параметров синтезированного регулятора с законом управления (18) выполнен при следующих параметрах технологического объекта:

$$\begin{aligned}
 J_1 &= 0,02 \text{ кг} \cdot \text{с}^2, & \beta_1 &= 0,01 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}, & \eta_1 &= 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{рад} / (\text{В} \cdot \text{с}^2), \\
 J_2(t_0) &= 0,03 \text{ кг} \cdot \text{с}^2, & \beta_2 &= 0,018 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}, & \eta_2 &= 0,16 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{рад} / (\text{В} \cdot \text{с}^2).
 \end{aligned}$$

При этом элементы матриц A(t) и B(t) имеют следующие выражения:

$$\begin{aligned}
 a_{11} &= -0,5 \text{ с}^{-1}, & a_{22} &= \frac{-0,018}{J_2(t)}, & a_3 &= \frac{0,16 \cdot 10^{-3}}{r^2(t)}, & \tilde{a}_3 &= a_2 + 6a_3, \\
 b_{11} &= 5,0 \text{ рад} / (\text{В} \cdot \text{с}^2), & b_{22} &= \frac{r(t)}{J_2(t)}, & c_1 &= 0,01, & c_2 &= 0,001.
 \end{aligned}$$

Задание для регулятора определим следующим образом:

$$V_1(t) = V_2(t) = V^* = 3,5 \text{ в} / \text{с},$$

а требования к быстродействию условиями:

$$T_1 \text{ J } 3,0 \text{ с}, \quad T_2 \text{ J } 3,0 \text{ с}, \quad T_3 \text{ J } 3,5 \text{ с}.$$

При этом параметры синтезированного закона управления u(t) принимают следующие значения:

$$s_{ij}^* = -0,5, \quad i, j = \overline{1,3}.$$

В целях определения качества и эффективности с проектированной САУ проведено ее компьютерное моделирование с использованием программной системы MATLAB/Simulink. Полученные при этом результаты при различных начальных условиях показаны на рис. 2 – 5.

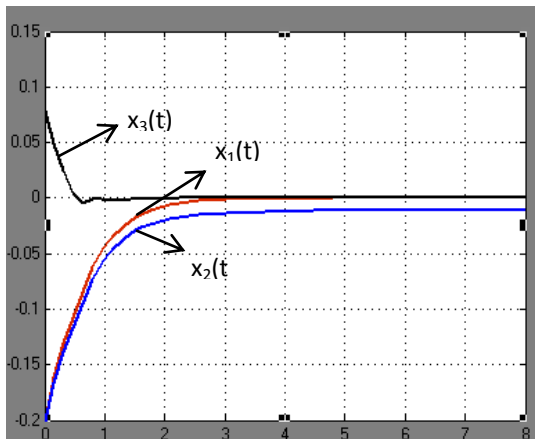


Рис.2. Переходные процессы по x(t)

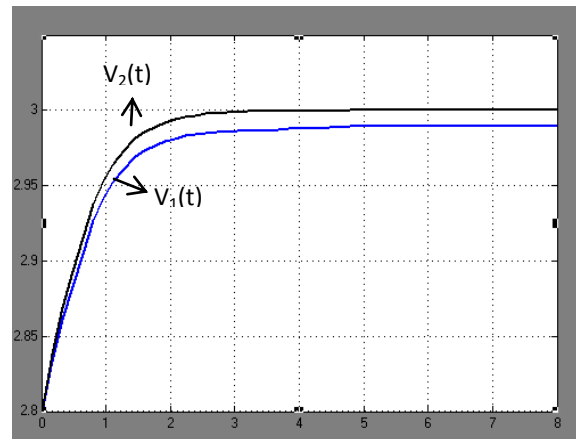
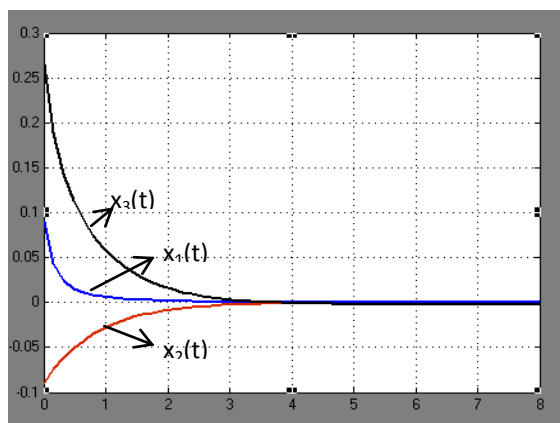
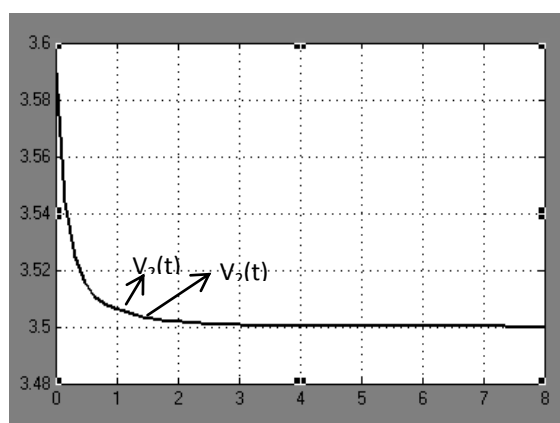


Рис.3 Переходные процессы по V(t)

Рис.5. Переходные процессы по  $x(t)$ Рис.5 Переходные процессы по  $V(t)$ 

Анализ полученных результатов показывает, что спроектированная САУ обладает заданными показателями качества управления технологическим процессом намотки длинномерных материалов.

### Литература

1. Анжело Г.Д. Линейные системы с переменными параметрами/ Г.Д. Анжело - М.: Машиностроение, 1974.- 288 с.
2. Джолдошев Б.О. Разработка методов и алгоритмов управления многомерными системами по заданным инженерным показателям качества/ Б.О. Джолдошев.- Бишкек, Илим, 2011. –165с.
3. Емельянов С.И Теория систем с переменной структурой / С.И. Емельянов, В.И. Уткин, В.А. Таран - М.: Наука, 1970. – 592 с.
4. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза / Петров Б.Н. и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
5. Солодовников В.В. Спектральные методы расчета и проектирования систем управления / В.В.Солодовников, А.Н. Дмитриев, Н.Д. Егупов– М.: Машиностроение, 1986.- 440 с.
6. Omorov T.T., Dzholdoshev B.O., R.N. Kurmanalieva R.N. Synthesis of the control system by electric drives // Journal of Yasar University, 2008. – №9. Vol.: 3.
7. Джолдошев Б.О. Синтез робастного управляющего устройства для многомерного объекта управления / Б.О. Джолдошев // Проблемы информатики и энергетики АН РУз. – Ташкент .2011.- № 2 – С. 75–78

УДК 519.642.7

### ОБ ОДНОЙ ГРАНИЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ ПОРОДНЫХ МАССИВОВ

**Исмаилов Бактыбек Искакович**, д.т.н., профессор, Институт автоматики и информационных технологий НАН КР, Кыргызстан, 720071, г.Бишкек, пр. Чуй, 265., e-mail: bismailov47@gmail.com

**Раматов Кубаныч Садинович**, к.т.н., доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: kramatov@mail.ru

Цель статьи – выработка подхода к исследованию напряженно-деформированного состояния анизотропных массивов горных пород. Получены конечные соотношения для основных формул, применяемых для численного решения геомеханических задач методом граничных элементов. В работах [8, 4, 5] установлено, что большинство горных пород обладает значительной упругой анизотропией при термодинамических условиях, соответствующих глубине их залегания. В связи с этим, одной из глобальных геомеханических задач является исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) массивов горных пород, обладающих этим видом структурных особенностей.

**Ключевые слова:** породный массив, изотропность, анизотропность, граничные интегральные уравнения, тензор напряжения, матрица характеристик, фундаментальное решение.

### ABOUT ONE OF THE BOUNDARY-ELEMENTS MODEL OF ANISOTROPIC ROCK MASSES RESEARCH

*Ismailov Baktybek Is.* Doct. of tec. Sciences, Professor, Kyrgyzstan, 720071, Bishkek, IAIT of NAS e-mail: [bismailov47@gmail.com](mailto:bismailov47@gmail.com)

*Ramatov Kubanych Sa.* PhD (Engineering), Associate, Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, KSTU named after I.Razzakov e-mail: [kramatov@mail.ru](mailto:kramatov@mail.ru)

The purpose of this article is the construction of anisotropic rocks stress-deformed condition researchs approach is described. Final expressions for the basic formulas applied to the numerical decision of geomechanical problems by the boundary elements method are received. In works [6, 8, 9] it is established, that the majority of rocks possesses considerable elastic anisotropy under the thermodynamic conditions corresponding to their depth burial. In this connection, one of global geomechanical problems is research of the stress-deformed conditions (SDC) of the rocks masses possessing this kind of structural features.

**Keywords:** rock mass, isotropous, anisotropous, boundary integral equation, tensor of stress, matrix of characteristics, fundamental solution.

Получение развернутой формы основных соотношений ГЭ-моделирования для исследования анизотропных породных массивов.

Для решения поставленной задачи используется метод граничных интегральных уравнений (ГИУ), который имеет альтернативное название метода граничных элементов (МГЭ).

В работе [5] приведен широкий обзор литературы по анизотропии упругих свойств веществ Земли при различных термодинамических условиях.

Для анизотропного массива основное граничное интегральное уравнение (ГИУ) имеет тот же вид, что и для изотропного, т.е. [10]

$$c_{ij}u_j(\xi) + \int_s P_{ij}(x, \xi)u_j(x)ds = \int_s U_{ij}(x, \xi)p_j(x)ds. \quad (1)$$

Здесь  $P_{ij}(x, \xi)$  и  $U_{ij}(x, \xi)$  - фундаментальные тензоры, получаемые из решения задачи Кельвина для анизотропного тела;  $u_j(x)$  и  $p_j(x)$  - граничные смещения и нагрузки. В случае произвольной анизотропии фундаментальный тензор  $U_{ij}$  может быть получен из известной зависимости

$$U_{ij}(x, \xi) = \frac{1}{8\pi^2 r} \oint_{|\rho|=1} K_{ij}^{-1}(\rho) ds, \quad (2)$$

в которой контурный интеграл берется по одиночной окружности, имеющей центр в точке  $\xi$  и лежащей в плоскости, перпендикулярной вектору  $\vec{r}$ , соединяющему точки  $x$  и  $\xi$ . При этом функция  $K_{ij}^{-1}(\rho)$  представляет собой матрицу, обратную матрице характеристик:

$$K_{ij}^{-1} = c_{ijk\ell} \rho_k \rho_\ell,$$

где  $c_{ijk\ell}$  - тензор упругих характеристик анизотропного тела. Контурный интеграл в (2) аналитически можно вычислить только для некоторых частных случаев. Он зависит только от направления вектора  $\vec{r}$ , поэтому является несингулярным и, следовательно, при его вычислении можно применить методы численного интегрирования.

Для большей эффективности численной реализации подобной процедуры предложено представление:

$$G_{ij}(v_1, v_2) = \oint_{|\rho|=1} K_{ij}^{-1}(\rho) ds. \quad (3)$$

Здесь  $v_1$  и  $v_2$  определяют ориентацию вектора  $\vec{r}$ . Сравнивая (2) и (3), получим

соотношение  $U_{ij} = \frac{G_{ij}}{8\pi^2 r}$ , из которого путем дифференцирования по координатам  $x$  можно определить второй тензор  $P_{ij}$ . Для случая транслопных материалов фундаментальное решение можно получить в замкнутом виде [6]. Закон Гука для ортотропного упругого материала в общем виде записывается следующим образом [2]:

$$e_{11} = s_{11}\sigma_{11} + s_{12}\sigma_{22} + s_{13}\sigma_{33}, \quad (4)$$

или

$$\begin{aligned} e_{22} &= s_{21}\sigma_{11} + s_{22}\sigma_{22} + s_{23}\sigma_{33}, & e_{33} &= s_{31}\sigma_{11} + s_{32}\sigma_{22} + s_{33}\sigma_{33}, \\ e_{23} &= \frac{1}{2}s_{44}\sigma_{23}, & e_{13} &= \frac{1}{2}s_{55}\sigma_{13}, & e_{12} &= \frac{1}{2}s_{66}\sigma_{12}, \end{aligned}$$

где индексы 1, 2, 3 соответствуют индексам  $x, y, z$ .

Соотношения между коэффициентами  $s_{ij} = s_{ji}$  и техническими постоянными устанавливаются сравнением формул (3) и (4). Поскольку условие  $s_{ij} = s_{ji}$  требует, чтобы

$$\frac{v_{ij}}{E_j} = \frac{v_{ji}}{E_i} \quad (\text{здесь суммирование по } j \text{ не производится}),$$

то для ортотропного материала можно задать лишь девять упругих характеристик. Чтобы функция упругой энергии была положительно определенной, необходимо ввести следующие ограничения на упругие постоянные [1]:

$$\begin{aligned} E_1 > 0, & \quad E_2 > 0, & \quad E_3 > 0, & \quad G_{12} > 0, & \quad G_{23} > 0, & \quad G_{13} > 0, \\ 1 - v_{12}v_{21} > 0, & \quad 1 - v_{23}v_{32} > 0, & \quad 1 - v_{13}v_{31} > 0, \\ 1 - v_{12}v_{21} - v_{13}v_{31} - v_{23}v_{32} - 2v_{12}v_{23}v_{31} > 0, \end{aligned}$$

которые оказываются полезными при проверке пригодности значений упругих постоянных, найденных как экспериментально, так и полученных в результате вычислений. Они гарантируют также, что все вычисленные напряжения, деформации и все подкоренные выражения в функциях податливости являются действительными числами.

Если наложить на упругие параметры условия упругой симметрии по отношению к повороту, например,  $E_1 = E_3$ ,  $G_{12} = G_{23}$ , то выражения (4) будут связывать компоненты

напряжений и деформаций в транстропном материале.

Таким образом, транстропное тело можно полностью задать при помощи пяти упругих параметров (например,  $E_1, E_2, G_{12}, \nu_{13}, \nu_{12}$ ). Состояние плоской деформации для плоскости  $x, y$  определяется условиями  $e_{33} = e_{13} = e_{23} = 0$ . В этом случае из (4) находим, что

$$\begin{aligned} \sigma_{13} &= 0, \quad \sigma_{23} = 0, \quad \sigma_{33} = -(s_{13}\sigma_{11} + s_{23}\sigma_{22})/s_{33}, \\ e_{11} &= \left( s_{11} - \frac{s_{13}^2}{s_{33}} \right) \sigma_{11} + \left( s_{12} - \frac{s_{13}s_{23}}{s_{33}} \right) \sigma_{22}, \\ e_{22} &= \left( s_{12} - \frac{s_{13}s_{23}}{s_{33}} \right) \sigma_{11} + \left( s_{22} - \frac{s_{23}^2}{s_{33}} \right) \sigma_{22}, \quad e_{12} = \frac{1}{2} s_{66} \sigma_{12}. \end{aligned}$$

Отсюда

$$\sigma_{11} = c_{11}e_{11} + c_{12}e_{22}, \quad \sigma_{22} = c_{12}e_{11} + c_{22}e_{22}, \quad \sigma_{12} = 2c_{66}e_{12}, \quad (4)$$

где 
$$c_{11} = \left( s_{22} - \frac{s_{23}^2}{s_{33}} \right) / s_0^2, \quad c_{12} = - \left( s_{12} - \frac{s_{13}s_{23}}{s_{33}} \right) / s_0^2, \quad \tilde{n}_{22} = \left( s_{11} - \frac{s_{13}^2}{s_{33}} \right) / s_0^2, \quad \tilde{n}_{66} = \frac{1}{s_{66}},$$
  

$$s_0^2 = s_{11}s_{22} - s_{12}^2 + (2s_{12}s_{13}s_{23} - s_{11}s_{23}^2 - s_{22}s_{13}^2) / s_{33}.$$

Решение задачи о сосредоточенной силе в ортотропной упругой среде можно представить в виде

$$\begin{aligned} U_1^1 &= k \left( \frac{\gamma_1}{q_1} \ln r_1 - \frac{\gamma_2}{q_2} \ln r_2 \right), & U_2^1 &= k \left( -\arctg \frac{y_1}{x} + \arctg \frac{y_2}{x} \right), \\ U_1^2 &= k \left( -\arctg \frac{y_1}{x} + \arctg \frac{y_2}{x} \right), & U_2^2 &= -k \left( \frac{q_1}{\gamma_1} \ln r_1 - \frac{q_2}{\gamma_2} \ln r_2 \right), \\ \sigma_{12}^1 &= kc_{66} \left( \frac{1-q_1}{q_1} \frac{y_1}{r_1^2} - \frac{1-q_2}{q_2} \frac{y_2}{r_2^2} \right), & \sigma_{11}^1 &= kc_{66} \left( \frac{1+q_1}{\gamma_1 q_1} \frac{x}{r_1^2} - \frac{1+q_2}{\gamma_2 q_2} \frac{x}{r_2^2} \right), \\ \sigma_{22}^1 &= kc_{66} \left( -\frac{\gamma_1(1+q_1)}{q_1} \frac{x}{r_1^2} + \frac{\gamma_2(1+q_2)}{q_2} \frac{x}{r_2^2} \right), & \sigma_{12}^2 &= kc_{66} \left( \frac{1+q_1}{\gamma_1} \frac{x}{r_1^2} - \frac{1+q_2}{\gamma_2} \frac{x}{r_2^2} \right), \\ \sigma_{11}^2 &= kc_{66} \left( \frac{1+q_1}{\gamma_1^2} \frac{y_1}{r_1^2} - \frac{1+q_2}{\gamma_2^2} \frac{y_2}{r_2^2} \right), & \sigma_{22}^2 &= -kc_{66} \left( (1+q_1) \frac{y_1}{r_1^2} - (1+q_2) \frac{y_2}{r_2^2} \right), \end{aligned} \quad (5)$$

где  $k = \frac{1}{2\pi c_{66}(q_1 - q_2)}$ ,  $y_i = \frac{y}{r_i}$ ,  $r_i^2 = x^2 + y_i^2$ ; величины  $\gamma_i$  и  $q_i$  определяются через упругие постоянные материала; постоянные  $\gamma_1^2$  и  $q_2^2$  являются корнями квадратного уравнения

$$c_{11}c_{66}\gamma^4 + [c_{12}(c_{12} + 2c_{66}) - c_{11}c_{22}]\gamma^2 + c_{66}c_{22} = 0; \quad (6)$$

постоянные  $q_i$  связаны с  $\gamma_i^2$  соотношениями  $q_i = \frac{(c_{11}\gamma_i^2 - c_{66})}{(c_{12} + c_{66})}$ . При этом зависимости (5)

записаны из соображений, что оба корня  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  вещественны и положительны.

Согласно [3] для анизотропного тела функция Эри определяется из уравнения

$$s_{22} \frac{\partial^4 U}{\partial x^4} - 2s_{26} \frac{\partial^4 U}{\partial x^3 \partial y} + (2s_{12} + s_{66}) \frac{\partial^4 U}{\partial x^2 \partial y^2} - 2s_{16} \frac{\partial^4 U}{\partial x \partial y^3} + s_{11} \frac{\partial^4 U}{\partial y^4} = 0,$$

а характеристическое уравнение имеет вид

$$s_{11}\mu^4 - 2s_{16}\mu^3 + (2s_{12} + s_{66})\mu^2 - 2s_{26}\mu + s_{22} = 0. \quad (7)$$

Подставляя эти значения в уравнение (7) для осей, повернутых так, чтобы было  $s_{16} = s_{61} = 0$ , получим

$$c_{22}s_0^2\mu^4 + \left(-2c_{12}s_0^2 + \frac{1}{c_{66}}\right)\mu^2 + c_{11}s_0^2 = 0$$

или  $c_{22}c_{66}\mu^4 - (c_{12}(c_{12} + 2c_{66}) - c_{11}c_{22})\mu^2 + c_{11}c_{66} = 0.$  (8)

Из сравнения (3.41) с (3.39) следует, что  $\gamma_i^2 = -\frac{1}{\mu_i^2}$ ,  $\gamma_i = \frac{i}{\mu_i}$ . В работе [5] показано,

что для горных пород  $\mu_1 = i$ ,  $\mu_2 = i\sqrt{P}$  и, следовательно,  $\gamma_1 = 1$ ,  $\gamma_2 = \frac{1}{\sqrt{E_1/E_2}}$ . Здесь

$P = E_1/E_2$  - параметр, характеризующий связь сдвигового модуля с другими информационными характеристиками. В случае, когда  $\gamma_1 = \gamma_2 = 1$ , предельный переход в формулах (5) позволяет получить соотношения для изотропного материала, причем

$$c_{11} = c_{22} = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}, \quad c_{66} = G = \frac{E}{2(1+\nu)}, \quad c_{12} = c_{21} = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}.$$

Поскольку предельный переход в выражениях (5) соответствует вычислению предела

$$f = \lim_{q_1 \rightarrow q_2} \frac{F_1 - F_2}{q_1 - q_2},$$
 (9)

то последний заменяется производной  $f = \frac{\partial F}{\partial q}$ . При проведении вычислений учтем, что

$$\gamma = 1, \quad q = 1, \quad \gamma_{,q} = \frac{1}{4(1-\nu)}, \quad y_{,q} = -y\gamma_{,q}.$$
 (10)

После некоторых выкладок с учетом (9) и (10) из формул (5) получим

$$U_1^1 = \frac{1}{2\pi c_{66}} \left[ \ln \sqrt{x^2 + y^2} \left( \frac{\gamma_{,q}}{q} - \frac{\gamma}{q} \right) + \frac{\gamma}{q} \frac{yy_{,q}}{(x^2 + y^2)} \right] = -\frac{1}{8\pi G(1-\nu)} \left[ (3-4\nu) \ln r - \frac{x^2}{r^2} + 1 \right],$$

$$U_1^2 = \frac{1}{2\pi c_{66}} \left( -\frac{x^2}{x^2 + y^2} \frac{y_{,q}}{x} \right) = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \frac{xy}{r^2}, \quad U_2^1 = -\frac{1}{2\pi c_{66}} \left( \frac{x^2}{x^2 + y^2} \frac{y_{,q}}{x} \right) = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \frac{xy}{r^2},$$

$$U_2^2 = -\frac{1}{2\pi c_{66}} \left[ \ln \sqrt{x^2 + y^2} \left( \frac{1}{\gamma} - \frac{q\gamma_{,q}}{\gamma^2} \right) + \frac{q}{\gamma} \frac{yy_{,q}}{(x^2 + y^2)} \right] = -\frac{1}{8\pi G(1-\nu)} \left[ (3-4\nu) \ln r - \frac{y^2}{r^2} \right],$$

$$\sigma_{11}^1 = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{x}{x^2 + y^2} \frac{\gamma q - (1+q)(q\gamma_{,q} + \gamma)}{\gamma^2 q^2} - \frac{1+q}{\gamma q} \frac{x 2y y_{,q}}{(x^2 + y^2)^2} \right] = -\frac{1}{4\pi(1-\nu)} \left[ 2(1-\nu) \frac{x}{r^2} + \frac{x(x^2 - y^2)}{r^4} \right],$$

$$\sigma_{11}^2 = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{x}{x^2 + y^2} \frac{\gamma^2 - (1+q)2\gamma\gamma_{,q}}{\gamma^4} + \frac{1+q}{\gamma^2} \frac{(x^2 + y^2)y_{,q} - 2y^2 y_{,q}}{(x^2 + y^2)^2} \right] = -\frac{1}{4\pi(1-\nu)} \left[ 2\nu \frac{y}{r^2} + \frac{y(x^2 - y^2)}{r^4} \right],$$

$$\sigma_{22}^1 = -\frac{1}{2\pi} \left[ \frac{x}{x^2 + y^2} \frac{q((1+q)\gamma_{,q} + \gamma) - \gamma(1+q)}{q^2} - \frac{\gamma(1+q)}{\gamma^2} \frac{2xy y_{,q}}{(x^2 + y^2)^2} \right] = -\frac{1}{4\pi(1-\nu)} \left[ 2\nu \frac{x}{r^2} + \frac{x(x^2 - y^2)}{r^4} \right],$$

$$\sigma_{22}^2 = -\frac{1}{2\pi} \left[ \frac{y}{x^2 + y^2} + (1+q) \frac{(x^2 + y^2)y_{,q} y 2y y_{,q}}{(x^2 + y^2)^2} \right] = -\frac{1}{4\pi(1-\nu)} \left[ 2(1-\nu) \frac{y}{r^2} - \frac{y(x^2 - y^2)}{r^4} \right],$$

$$\begin{aligned} \sigma_{12}^1 &= \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{y}{x^2 + y^2} \frac{q - (1+q)}{q^2} + \frac{1+q}{q} \frac{(x^2 + y^2)y_{,q} - 2y^2y_{,q}}{(x^2 + y^2)^2} \right] = \frac{1}{2\pi(1-\nu)} \left[ -(1-2\nu) \frac{y}{r^2} - \frac{2yx^2}{r^4} \right], \\ \sigma_{12}^2 &= -\frac{1}{2\pi} \left[ \frac{x}{x^2 + y^2} \frac{\gamma - (1+q)y_{,q}}{\gamma^2} + \frac{1+q}{q} \frac{(-2xy)y_{,q} - 2y^2y_{,q}}{(x^2 + y^2)^2} \right] = \\ &= -\frac{1}{2\pi(1-\nu)} \left[ (1-2\nu) \frac{x}{r^2} + \frac{2xy^2}{r^4} \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

Следует отметить, что выражения (11) полностью совпадают с соответствующими выражениями ядер для изотропных тел в условиях плоской деформации. Поэтому, так как они получены из (5) с помощью предельного перехода, можно заключить, что анизотропные ядра представлены верно. С учетом этого, нетрудно получить выражения для фундаментальных тензоров  $U_{ij}$  и  $P_{ij}$ , входящих в уравнение (1). Все вычислительные приемы, разработанные для изотропной среды, справедливы и для анизотропной. Отличие состоит лишь в фундаментальных тензорах.

### Выводы:

На основе анализа структурных особенностей массивов горных пород показано применение ГЭ-моделирование для решения задачи об определении НДС массивов, а также получены соотношения для учета их анизотропных свойств. Особенностью предложенного подхода является то, что для исследования анизотропных массивов используются известные подходы для изотропных массивов с разницей в форме представления интегральных ядер.

### Список литературы

1. Крауч С. Методы граничных элементов в механике твердого тела / С. Крауч, А. Старфилд - М.: Мир, 1987.
2. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела / С.Г. Лехницкий.- М.: Наука, 1977. - 416 с.
3. Новацкий В. Теория упругости/ В. Новацкий.- М.: Мир, 1975.
4. Руппенейт К.В. Механические свойства горных пород / К.В. Руппенейт М.: Углетехиздат, 1954.
5. Чесноков Е.М. Сейсмическая анизотропия верхней мантии Земли / Е.М. Чесноков.- М.: Наука, 1977. - 144 с.
6. Ержанов Ж.С. Напряжения в анизотропном массиве, ослабленном вертикальной выработкой круглого сечения / Ж.С. Ержанов, А.Я. Синяев // Вестник АН Каз.ССР,- 1968.- №10.
7. Кожухметов К.Х. О граничных интегральных уравнениях анизотропного тела / К.Х. Кожухметов, О.Ф. Кравченко, Р.Д. Нурмамбетова // Аналитические и численные методы решения задач математики и механики. - Алма-Ата: Наука, 1984.
8. Тархов А.Г. К вопросу об анизотропии упругих свойств в горных породах // Материалы ВСЕГЕИ. Общ.сер.1940, №5.-с. 87-96.
9. Тентиев Ж.Т. Моделирование слоистой конструкции анизотропными слоями эквивалентной однородной средой с эффективными упругими характеристиками/ Ж.Т. Тентиев и др.// Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура 1997.- №3
10. Раматов К.С. О возможностях метода граничных элементов при моделировании континуальных систем / К.С.Раматов // Вестник Кыргызского отделения международной академии энергетики им. А.Эйнштейна 2007.-№ 2(6).- С. 100-104.