

Настоящий выпуск научно-технического журнала включает в себя материалы Международной научно-технической конференции **«Роль и место машиностроения в развитии приоритетных отраслей экономики»**, посвященной 60-летию кафедры Технологии машиностроения.

Сейчас не возможно представить жизнь человека без его связи с техникой. Она окружает его повсюду, облегчая и ускоряя его труд на производстве и в быту, в корне преобразая этот труд, создает возможность целенаправленного использования неограниченных сил природы в интересах человека. Развитие научно-технического процесса вызывает необходимость постоянного совершенствования используемых орудий производства, что в свою очередь требует дальнейшего углубления и расширения знаний людей, создающих эту технику и обслуживающих ее.

Технической основой перевооружения всех отраслей народного хозяйства является машиностроение, развитие которого постоянно требует притока нового пополнения высококвалифицированных специалистов. Подготовкой таких специалистов занимается, в частности, факультет транспорта и машиностроения КГТУ им И. Раззакова и одна из ведущих его кафедр – кафедра «Технология машиностроения».

Кафедра «Технология машиностроения» и её судьба тесно связаны с развитием машиностроения в Кыргызстане. Эвакуированные в 1941 году из западных областей Советского Союза заводы положили начало созданию этой отрасли промышленности в республике. Закончилась война, заводы перешли на выпуск мирной продукции. Машиностроение развивалось. Уже наши заводы выпускали токарно-винторезные станки, пресс-подборщики и другие машины, а инженеров машиностроителей в Киргизии было очень мало. Количественный рост машиностроения республики не мог дальше продолжаться без соответствующего притока на предприятия инженерных кадров, достаточное количество которых мог дать свой вуз, которым и стал созданный в 1954 году Фрунзенский политехнический институт. В 1955 году осуществлен первый набор студентов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»

Кафедрой подготовлено около пяти тысяч инженеров механиков, в том числе около ста специалистов из таких стран как Куба, Афганистан, Боливия, Индия, Непал, Перу и др. Всего же около семидесяти выпускников кафедры стали кандидатами технических наук, одиннадцать из них удостоены ученой степени доктора наук. Многие выпускники кафедры стали крупными руководящими работниками машиностроительных предприятий и объединений, организаторами производства, а Ж.И. Ибраимов и А.М. Муралиев в свое время возглавляли Правительство Кыргызской Республики. Кафедра по праву гордится своими выпускниками, которые внесли большой вклад в организацию, развитие и совершенствование машиностроения республики, его научно-технической базы.

От имени многотысячного коллектива Кыргызского государственного технического университета имени И. Раззакова поздравляю коллектив кафедры Технологии машиностроения со знаменательным юбилеем и желаю дальнейших творческих успехов на ниве науки и образования.

Главный редактор,
профессор
М.Дж. Джаманбаев

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. И. РАЗЗАКОВА

ISSN 1694-5557

ИЗВЕСТИЯ

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА**
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2018

№2 (46)

Бишкек

Издательский центр «Текник» 2018

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- М.Дж. Джаманбаев* - доктор физико-математических наук, профессор; ректор КГТУ им.И.Раззакова, главный редактор
- Р.М.Султаналиева*- доктор физико-математических наук, профессор; проректор по НРиВС КГТУ им.И.Раззакова, заместитель главного редактора
- Р.Н.Аскарбеков*- кандидат физико-математических наук, доцент, ответственный секретарь
- К.А. Абдымаликов*– доктор экономических наук, профессор;
- А.А.Акматакулов* – доктор педагогических наук, профессор;
- А.А. Акунов* - доктор исторических наук, профессор;
- М.З.Алматов* – доктор технических наук, профессор
- М.Б. Баткибекова*– доктор химических наук, профессор;
- У.Н. Бримкулов*– доктор технических наук, профессор, чл.-корр. НАН КР;
- И.В. Бочкарев*– доктор технических наук, профессор;
- Ж.И. Батырканов*– доктор технических наук, профессор;
- У.Р.Давлятов* – доктор технических наук, профессор;
- Б.О.Джолдошев* – доктор технических наук, профессор;
- М.С. Джуматаев*– доктор технических наук, профессор, академик НАН КР;
- Т.Б.Дуйшеналиев* - доктор физико-математических наук, профессор;
- Т.Ш. Джунушалиева*– доктор химических наук, профессор;
- Т.А. Джунуев* - доктор технических наук, профессор;
- А.Ж. Жайнаков*– доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН КР;
- К.Ж.Жумабаев* – доктор экономических наук, профессор;
- К.М.Иванов.* – доктор технических наук, профессор (Россия)
- А.С. Иманкулова*– доктор технических наук, профессор;
- Г.Дж.Кабаева* – доктор физико-математических наук, профессор;
- К.Ч. Кожоголов*– доктор технических наук, чл.-корр. НАН КР;
- Т.Ы. Маткеримов*– доктор технических наук, профессор;
- М.М.Мусульманова*- доктор технических наук, профессор
- К.О. Осмонбетов*– доктор геолого-минералогических наук, профессор;
- Н.Д. Рогалев*– доктор технических наук, профессор (Россия);
- А.Т. Татыбеков*– доктор технических наук, профессор;
- Ж.Ж. Тургумбаев*– доктор технических наук, профессор;
- А.Н. Тюреходжаев*– доктор физико-математических наук, профессор (Казахстан);
- Д.В.Янко*- доктор технических наук, профессор.

Журнал выходит ежеквартально.

Все материалы, поступающие в редколлегию журнала, проходят независимое рецензирование.

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE KYRGYZ REPUBLIC
KYRGYZ STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER I.RAZZAKOV**

JOURNAL

**KYRGYZ STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED
AFTER I.RAZZAKOV**

THEORETICAL AND APPLIED SCIENTIFIC TECHNICAL JOURNAL

2018

№ 2 (46)

Bishkek

Publishing center “Tehnik” 2018

EDITORIAL BOARD:

M.Dj.Djamanbaev, D.Sc. (Physical and Mathematical), professor, rector of Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, editor -in -chief;

R.M.Sultanalieva, D. Sc. (Physical and Mathematical), professor, vice-rector for Research and Foreign Relations, Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, assistant of editor;

R.N.Askarbekov, C. Sc. (Physical and Mathematical), associate professor, Executive Secretary

K.A. Abdymalikov, D. Sc. (Economic), Professor;

A.A. Akmatkulov, D.Sc. (Pedagogic), Professor;

A.A. Akunov, D. Sc. (Historics), Professor;

M.Z.Almamatov, D. Sc. (Engineering), Professor;

M.B. Batkibekova, D. Sc (Chemistry), Professor;

U.N. Brimkulov, D. Sc. professor, corresponding member of the National Academy KR;

I.V. Bochkarev, D. Sc. (Engineering), Professor;

Zh.I. Batyrkanov, D. Sc. (Engineering), Professor

U.R. Davlyatov, D.Sc. (Engineering), Professor;

B.O. Djoldoshev, D.Sc. (Engineering), Professor;

M.S. Dzhumataev, Dr. Sc. (Engineering), Professor, member of the Academy KR;

T.B. Duishenaliev, D.Sc. (Physical and Mathematical), Professor;

T.S. Dzhunushalieva, D. Sc (Chemistry), Professor;

T.A. Dzhunuev, D. Sc. (Engineering), Professor;

A.Z. Zhaynakov, D.Sc. (Physical and Mathematical), Professor, member of the Academy KR;

Zh.K.Zhumabaevich, D. Sc. (Economic), Professor;

K.M. Ivanov, D.Sc. (Physical and Mathematical), Professor, (Russia);

A.S. Imankulova, D.Sc. (Engineering), Professor;

G.Dj.Kabaeva, D. Sc. (Physical and Mathematical), Professor;

K.C. Kozhogulov, D.Sc. (Engineering), Professor, corresponding member of the National Academy KR;

T.Y. Matkerimov, D.Sc. (Engineering), Professor;

M.M.Musulmanova, D. Sc (Engineering), Professor;

K.O. Osmonbetov, D. Sc. (Geology-min), Professor;

N.D. Rogalev, D.Sc. (Engineering), Professor (Russia);

A.T. Tatybekov, D. Sc. (Engineering), Professor;

J.J. Turgumbaev, D. Sc. (Engineering), Professor;

A.N. Tyurehodzhaev, D.Sc. (Physical and Mathematical), professor, (Kazakhstan);

D.V.Yanko, D.Sc. (Engineering), Professor.

The journal is published quarterly
All materials that come to the Editorial Board of the journal
are subject to independent peer-review

СОДЕРЖАНИЕ

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«РОЛЬ И МЕСТО МАШИНОСТРОЕНИЯ В РАЗВИТИИ ПРИОРИТЕТНЫХ
ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ», ПОСВЯЩЕННОЙ
60-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ «ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

| | | |
|------------|---|------------|
| 1. | <i>Абышев О.А., Омуралиев У.К., Яблочников Е.И.</i> Разработка системы принятия решений, на основе данных мониторинга технологического оборудования..... | 15 |
| 2. | <i>Адигамов Н.С., Дьяченко Е.И.</i> Управление риском и принятие решений при расчёте конструкций на надёжность..... | 23 |
| 3. | <i>Дуйшеналиев Т.Б., Аскарбеков Р.Н.</i> Моделирование деформаций резинометаллических опор..... | 28 |
| 4. | <i>Дуйшеналиев Т.Б., Дуйшембиев А.С.,</i> Градиенты перемещения в координатах Лагранжа и Эйлера..... | 36 |
| 5. | <i>Жумалиев Ж. М., Сопоев М.К., Осмонов. Т. М.</i> Разработка технологии плазменной резки металлов на базе установки АПР-404. | 40 |
| 6. | <i>Киприянов К.В., Падун Б.С.</i> Производственная киберфизическая система изготовления оптических изделий. | 49 |
| 7. | <i>Мамбеталиев Т.С., Дыйканбаева У.М.</i> Литейная лаборатория кафедры «Технологии машиностроения»: настоящее и будущее..... | 58 |
| 8. | <i>Мамбеталиев Т.С.</i> Системный анализ уплотнения литейных форм и стержней..... | 66 |
| 9. | <i>Орузбаева Г.Т.</i> Исследование твердости древней керамики Кыргызстана..... | 73 |
| 10. | <i>Рагрин Н.А., Айнабекова А.А., Дыйканбаева У.М.</i> Разработка и обоснование закономерностей повышения показателей качества отверстий, обработанных сверлением..... | 77 |
| 11. | <i>Рычков Б.А.</i> О критерии прочности горных пород..... | 89 |
| 12. | <i>Сарымсаков Б.А., Байжигитов Э., Исакбеков Н.А.</i> Разработка организационно-технических мероприятий для повышения безопасности дорожного движения..... | 94 |
| 13. | <i>Тимофеева О.С., Дроздов А.Г. Яблочников Е.И.</i> Цифровая подготовка литейного производства..... | 100 |
| 14. | <i>Трегубов А.В., Карпушевич З.Г.</i> Основные параметры дискового алмазного инструмента, влияющие на производительность резания природного камня. | 108 |
| 15. | <i>Трегубов А.В., Карпушевич З.Г., Абышев О.А.</i> Разработка стенда для автоматического регулирования режимов работы камнеобрабатывающего станка..... | 113 |
| 16. | <i>Усубаматов Р.Н., Сартов Т.Э., Оморова А. И.</i> О математических моделях производительности технологических машин..... | 120 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 17. | Белекова Ж.Ш. Рекомендуемые сварочные режимы для алюминиевого сплава (Al-Mg) 5083 при сварке СМТ..... | 127 |
| 18. | Муслимов А.П., Алмасбеков А.А. Двухконтурное автоматическое устройство регулирования подачи инструмента и зазора в гидростатических направляющих суппорта станка. | 131 |

**МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕТЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ «ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ»
ВУЗОВ – УЧАСТНИКОВ РОССИЙСКО-КЫРГЫЗСКОГО КОНСОРЦИУМА
ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ**

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

| | | |
|----|--|-----|
| 1. | Джамакеева А.Д. Разработка технологии мясорастительного полуфабриката для детского питания | 136 |
| 2. | Егорова Елена Юрьевна Современные подходы к получению протеиновых напитков на растительной основе..... | 143 |
| 3. | Мусульманова М.М., Мамбетова А.Ш. Дизайнерские продукты питания в решении региональных проблем макро- и микронутриентной недостаточности..... | 150 |
| 4. | Супонина Т.А., Овсянникова А.С. Разработка рецептуры сахарного печенья с пониженным содержанием глютена | 158 |
| 5. | Турганбаева А.С., Абдираимова Н.А., Абдыкадырова Н. Изучение активности ферментов крови у кур в эмбриональном и раннем постэмбриональном периодах..... | 166 |
| 6. | Халмурзина М.Д. Разработка новых видов начинок в производстве шоколада | 171 |

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

| | | |
|----|--|-----|
| 1. | Иманкулова А.С., Курманалиева А.К. Новые направления использования отходов кожевенного производства | 176 |
| 2. | Рысбаева И.А., Мазарипова А.М. Исследование физико-механических свойств нового комплексного материала специального назначения..... | 182 |

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

| | | |
|----|---|-----|
| 1. | Борбиева Д.Б., Джунушалиева Т.Ш. Исследование химического состава меда, произведенного в Нарынской, Ошской и Таласской областях КР..... | 189 |
| 2. | Джунушалиева Т.Ш., Баткибекова М.Б., Борбиева Д.Б. К вопросу утилизации отходов гальванических цехов | 196 |

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

| | | |
|----|--|-----|
| 1. | Алтангэрэл ЭНХ-АМГАЛАН Выбор рода тока для электрификации железных дорог Монголии..... | 202 |
| 2. | Абышев О.А., Трегубов А.В. Методы организации производственных кибер-физических систем | 211 |
| 3. | Тэттэр А.Ю., Тэттэр В.Ю. Работа ОМГУПСа в международной ассоциации транспортных университетов стран Азиатско-Тихоокеанского региона..... | 218 |

| | | |
|--|---|-----|
| 4. | Шерипкан у.Э., Сарымсаков Б.А. Формирование водителем первичной информации о дорожно-транспортной среде..... | 226 |
| 5. | Шишкалова М.А., Свистула А.Е., Матиевский Г.Д. Повышение эффективности двойной подачи топлива в ДВС путём уменьшения потерь топливо-воздушной смеси..... | 231 |
| ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СЕТИ И СИСТЕМЫ | | |
| 1. | Жээнбеков А.А., Сарыбаева А.А. Оценка точности распознавания изображений в двунаправленной ассоциативной памяти..... | 239 |
| 2. | Каткова С.Н., Исаков Р.Т. Обоснование выбора средств разработки программного обеспечения сжатия видеоданных для систем видеонаблюдения..... | 244 |
| 3. | Кириллин Г., Шаршеева К., Исраилова Н., Алымкулов С., Курбаниязов А., Завьялов П. Сезонный смешанный режим евразийских озер: основные драйверы и климатические тенденции | 251 |
| 4. | Конокбаева А.К. Численный алгоритм параметрической оптимизации стандартных законов управления в локальной системе..... | 257 |
| 5. | Маматова Г.Т., Алибаев А.П., Усенов К.Ж. Исследование напряженно-деформированного состояния пород в окрестности карьера при выемке запасов полезного ископаемого комбинированным способом..... | 263 |
| 6. | Мананников Н.А., Исраилова Н.А. Проектирование 8-ми разрядного одноктактового процессора с RISC архитектурой на базе ПЛИС..... | 270 |
| 7. | Осмонова Н.Т., Алибаев А.П., Усенов К.Ж. Изучение напряженно-деформированного состояния массива дна карьера при отработке подкарьерных запасов..... | 276 |
| 8. | Пелевин В.В., Шаршеева К.Т., Коновалов Б.В., Завьялов П.О. Тентиева С.М., Алымкулов С.А., Исследования биооптических характеристик оз. Иссык-Куль ультрафиолетовым флуоресцентным лазерным лидаром..... | 281 |
| 9. | Пресняков К.А., Керимкулова Г.К. Устройство для измерения поверхностной скорости воды..... | 290 |
| 10. | Санжаров А.С., Баракова Ж.Т. Методы оценки исследований информационной безопасности и компьютерных угроз..... | 296 |
| 11. | Джолдошев Б.О., Темиркулова Н.Т., Кемелов Т. Структурный синтез управляющего устройства турбогенераторами..... | 302 |
| АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ | | |
| 1. | Рахимов К.Р. О единой основе теорий генерации и передачи электрической энергии..... | 308 |
| 2. | Шамсутдинов М.М., Таштанбаева В.О. Выбор и обоснование рабочих частот в шахтном стволе..... | 311 |
| 3. | Уманова Н.Д., Махмутов А.М. Зарядка мобильных телефонов с помощью солнечных батарей..... | 317 |
| 4. | Урсова И.Р. Особенности гидродинамики и конвективного теплопереноса в открытой электрической дуге во внешнем аксиальном магнитном поле..... | 322 |

| | | |
|--|---|-----|
| 5. | Шведов Г.В., Маматеминов Т.Б. Анализ потерь электроэнергии в электрических сетях ОАО «Ошэлектро»..... | 331 |
| 6. | Бочкарев И.В., Галбаев Ж.Т. Электромеханическое тормозное устройство с повышенным тормозным моментом для электродвигателей..... | 342 |
| ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА И МАТЕМАТИКА | | |
| 1. | Джумагулов К.Р. Решение обратно-нелокальной задачи, сводящейся к интегральному уравнению Вольтерра третьего рода..... | 349 |
| 2. | Кутунаев Ж.Н., Рахматали кызы Э., Кубанычбек кызы Т. Создание математической модели колебаний струны и ее применение..... | 356 |
| 3. | Муслимов А.П., Гинятуллина А.М. Исследование динамики силового цилиндра универсальной автоматической системы управления режимами работ станка | 360 |
| 4. | Муслимов А.П., Гинятуллина А.М. Математическая модель регулятора расхода жидкости с жесткой механической связью..... | 366 |
| ГОРНОЕ ДЕЛО И ТЕХНОЛОГИИ | | |
| 1. | Берикова Г.К., Бакиров К.Б. Магнитная восприимчивость в районе активных разломов..... | 372 |
| 2. | Берикова Г.К., Бакиров К.Б. Изучения влияния давления и температуры на петрофизические свойства горных пород..... | 378 |
| ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ | | |
| 1. | Гагаринская Г.П., Гагаринский А.В., Кузнецова И.Г., Шмидт А.В. Управление социально - экономическими аспектами повышения эффективности человеческих ресурсов нефтедобывающих предприятий..... | 384 |
| ИННОВАЦИИ И ПРОБЛЕМЫ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ | | |
| 1. | Асаналиев М.К., Алдибекова К.А. Современные образовательные технологии, используемые в процессе преподавания..... | 393 |
| 2. | Темирбекова А. Новая конституция, принятая в 1993 году 5 мая и изменения принятые в период 1994-2003 года..... | 399 |

CONTENTS

**MATERIALS OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL
CONFERENCE "ROLE OF MACHINE-BUILDING IN DEVELOPMENT OF
PRIORITY SECTORS OF ECONOMICS", DEDICATED TO
60th ANNIVERSARY DEPARTMENT "TECHNOLOGY OF MACHINE-BUILDING"**

| | | |
|------------|---|------------|
| 1. | <i>Abyshev O.A., Omuraliev U.K., Yablochnikov E.I.</i> Development of the decision-making support system on the basis of technological equipment monitoring data..... | 15 |
| 2. | <i>Adigamov N.S., Diachienko E.I.</i> Management by risk and making decision at calculation of constructions on reliability | 23 |
| 3. | <i>Duishenaliev T.B., Askarbekov R.N.</i> Modeling of deformations of rubber-metallic supports..... | 28 |
| 4. | <i>Duishenaliev T.B., Duyshembiev A.S.</i> Gradients of displacement in lagrange and euler coordinates..... | 36 |
| 5. | <i>Jumaliev J.M., Sopoev M.K., Osmonov T.M.</i> Development of technology of plasma cutting of metals on the basis of plant APR-404..... | 40 |
| 6. | <i>Kipriianov K., Padun B.</i> Industrial cyber physical system for optical device manufacturing..... | 49 |
| 7. | <i>Mambetaliev T., Dyikanbaeva U.</i> Foundry laboratory of the department of mechanical engineering: currently and in the future..... | 58 |
| 8. | <i>Mambetaliev T.</i> Die systemanalyse der gießformstoff- und kernformstoffsverdichtung | 66 |
| 9. | <i>Oruzbaeva G.T.</i> Research of hardness for ancient ceramics of Kyrgyzstan..... | 73 |
| 10. | <i>Ragrין N.A., Ainabekova A.A., Dyikanbaeva U.</i> Development and substantiation of regularities of increasing quality factors of processed holes drilling | 77 |
| 11. | <i>Rychkov B.A.</i> About the criterion of rock strength..... | 89 |
| 12. | <i>Sarymsakov B.A., Baizhigitov E.B., Isakbekov N.A.</i> Implementation of organizational and technical measures to improve road safety at the intersection of Togolok Moldo and Zhibek zholu streets in Bishkek..... | 94 |
| 13. | <i>Timofeeva O., Drozdov A., Yablochnikov E.</i> Digital preparation of the injection molding production..... | 100 |
| 14. | <i>Tregubov A.V., Karpushevich Z.G.</i> The main parameters of disk diamond tools that affect performance of cutting natural stone..... | 108 |
| 15. | <i>Tregubov A.V., Karpushevich Z.G., Abyshev O.A.</i> Stand development for automatic control of the operation modes of stone processing machine..... | 113 |
| 16. | <i>Usubamatov R.N., Sartov T.E., Omorova A.I.</i> Productivity theory for industrial engine eering..... | 120 |
| 17. | <i>Belekova Zh.Sh.</i> Recommended welding regimes for aluminum alloy (Al-Mg) 5083 for welding SMT. | 127 |

18. *Muslimov A.P., Almasbekov A.A.*
 Double-contoured automatic device for tool feed and clearance control in the hydrostatic carriage guides..... 131

**MATERIALS OF THE IV INTERNATIONAL NETWORK OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE "INTEGRATION PROCESSES IN SCIENTIFIC-TECHNICAL AND EDUCATIONAL SPACE"
 HEI- PARTICIPANTS OF THE RUSSIAN-KYRGYZ CONSORTIUM OF TECHNICAL UNIVERSITIES**

FOOD TECHNOLOGY

1. *Dzhamakeyeva A.Dzh.*
 Development of the technology of meat-plant semi-finished product for children feed 136
2. *Egorova E.J.*
 Modern approaches to generating protein drinks of vegetable-based..... 143
3. *Musulmanova M.M., Mambetova A.Sh.*
 Designer foodstuffs in the decision of regional problems of macro- and micro-nutrient deficiency..... 150
4. *Suponina T.A., Ovsyannikova A.S.*
 Development of a recipe for sugar biscuits with reduced gluten content..... 158
5. *Turganbaeva A.S., Abdiraimova N.A., Abdykadyrova N.S.*
 Study of the activity of blood enzymes in chickens in the embryonic and early postembryonic periods..... 166
6. *Halmurzina Malika.D.*
 Development of new types of fillings in the production of chocolate..... 171

TECHNOLOGY OF TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY

1. *Imankulova A.S., Kurmanalieva A.K.*
 New directions of utilization of wastes of leather production..... 176
2. *Rysbaeva I.A., Mazaripova A.M.*
 Investigation of physico-mechanical properties of a new complex material of special purpose..... 182

CHEMISTRY AND CHEMICAL TECHNOLOGIES

1. *Borbieva D.B., Djunushalieva T.Sh.*
 The study of the in Naryn, Osh and Talas regions of the KR 189
2. *Djunushalieva T.Sh. Batkibekova M.B., Borbieva D.B.*
 To the question of the wastes utilizing of galvanic shops..... 196

TRANSPORT AND ENGINEERING

1. *Altangerel ENKH-AMGALAN*
 The choice of type of current for railway electrification of Mongolia..... 202
2. *Abyshv O.A., Tregubov A.V.*
 Organization methods of industrial cyber-physical systems..... 211
3. *Tetter A.Y., Tetter V.Y.*
 Work OMGUPS in the international association for transport universities in Asia-Pacific region..... 218
4. *Sheripkan u.E., Sarymsakov B.A.*
 Formation of the primary information on the road-transport environment by the driver..... 226

| | | |
|---|---|-----|
| 5. | <i>Shishkalova M.A., Svistula A.E., Matievskiy G.D.</i> Improving the efficiency of dual fuel feed in the engine by reducing fuel-air mixture losses..... | 231 |
| INFORMATION TECHNOLOGIES, NETWORKS AND SYSTEMS | | |
| 1. | <i>Jeenbekov A.A., Sarybaeva A.A.</i> An accuracy assessment of image recognition in two-directional associative memory | 239 |
| 2. | <i>Katkova S., Iskakov R.</i> Rationale for the choice of development tools video compression software for video surveillance system..... | 244 |
| 3. | <i>Kirillin G., Sharsheeva K., Israilova N., Alymkulov S., Kurbaniyazov A., Zavalov P.</i> Seasonal mixing regime of eurasian lakes: major drivers and climatic trends..... | 251 |
| 4. | <i>Konokbaeva A.K.</i> Numerical algorithm of parametric optimization of standard laws of management in the local system..... | 257 |
| 5. | <i>Mamatova G.T., Alibaev A.P., Usenov K.Zh.</i> Investigation of the stress-deformed state of the vicinity of the quarry while recycling reserves of mineral resources used by a combined method..... | 263 |
| 6. | <i>Manannikov N.A., Israilova N.A.</i> Designing a 8-multi-discharge one-step processor with risc architecture on the fpga basis..... | 270 |
| 7. | <i>Osmonova N.T., Alibaev A.P., Usenov K.Zh.</i> Study of the stressed-deformed state of the career dense massive in the processing of subsecurity reserves..... | 276 |
| 8. | <i>Pelevin V.V., Sharsheeva K.T., Konovalov B.V., Zavalov P.O., Tentieva S.M., Alymkulov S.A.</i> Studies of bio-optical characteristics of Lake Issyk-Kul with ultraviolet fluorescent laser lidar..... | 281 |
| 9. | <i>Presnyakov K.A., Kerimkulova G.K.</i> Device for measuring surface water speed..... | 290 |
| 10. | <i>Sanzharov A.S., Barakova Zh.T.</i> Methods of estimation of researches of information security and computer threats.... | 296 |
| 11. | <i>Djoldoshov B.O., Temirkulova N.T., Kemelov T.</i> Structural synthesis of the control device by turbogenerators..... | 302 |
| ACTUAL PROBLEMS IN ENERGY | | |
| 1. | <i>Rakhimov K.R.</i> On a unified basis of theories of generation and transmission of electrical energy..... | 308 |
| 2. | <i>Shamsutdinov M.M., Tashtanbaeva V.O.</i> A choice and ground of working frequencies are in mine barrel..... | 311 |
| 3. | <i>Umanova N.D., Mahmutov A.M.</i> Charging of mobile phones with the help of solar batteries..... | 317 |
| 4. | <i>Urusova I.R.</i> Peculiarities of hydrodynamics and convective heat transfer in open electric arc in external axial magnetic field..... | 322 |
| 5. | <i>Mamateminov T.B.</i> Analysis of loss of electricity in electric networks ojse "Oshelectro"..... | 331 |
| 6. | <i>Bochkarev I.V., Galbaev J.T.</i> Electromechanical brake device with high brake moment for electric motors..... | 342 |

APPLIED MECHANICS AND MATHEMATICS

1. **Dzhumagulov K.R.**
Solution of a nonlocal inverse problem reducible to the integral equation of a volterra type of the third kind..... 349
2. **Kutunaev Zh.N., Rahmatali kyzy A., Kubanychbek kyzy T.**
Creation of the mathematical model of the string oscillations and its usage..... 356
3. **Muslimov A.P., Ginyatullina A.M.**
Power cylinder frequency-response analysis of universal automatic control system of tool usage parameters..... 360
4. **Muslimov A.P., Ginyatullina A.M.**
The mathematical model of liquid flow regulator with a rigid mechanical connection 366

MINING AND TECHNOLOGY

1. **Berikova G.K., Bakirov K.B.**
Magnetic susceptibility in the area of active faults..... 372
2. **Berikova G.K., Bakirov K.B.**
Studying the influence of pressure and temperature on the petrophysical properties of rocks..... 378

ECONOMIC SCIENCES

1. **Gagarinskaia G.P., Gagarinskii A.V., Kuznetcova I.G., Smidt A.V.**
Management of social and economic aspects of increasing the efficiency of human resources of oil producing enterprises..... 384

INNOVATIONS AND PROBLEMS IN ENGINEERING EDUCATION

1. **Asanaliyev M.K., Aldibekova K.A.**
Modern educational technologies used in teaching process..... 393

HUMANITARIAN SCIENCES

1. **Temirbekova A.**
The new constitution adopted in 1993 on May 5 and changes adopted in the period.. 399

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 65.011.56

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ
МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Абышев Оман Аскарбекович, M.S.Eng., M.S.IT, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66. Тел: 0556-188-140, e-mail: muras_a@bk.ru, ORCID ID 0000-0002-6365-0153

Омуралиев Усен Касымович, к.т.н., профессор, кафедра ТМ КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66. Тел: 0772-341-057, e-mail: uomuraliev@mail.ru

Яблочников Евгений Иванович, к.т.н., доцент, кафедра ТПС СПб НИУ ИТМО, Российская Федерация, 197101, г.Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49. Тел: +7-921-947-63-12, e-mail: eugeny_tps@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена рассмотрению основных вопросов и результатов работы в рамках проводимых научных исследований за период обучения в магистратуре. Рассмотрено актуальное состояние проблем развития цифровых производств, используемые методы исследований. Описаны основные элементы и архитектура разрабатываемой системы поддержки принятия решений. Предложен проект системы на базе решения инструментов бизнес-анализа. Приведены выводы и достигнутые результаты исследования.

Ключевые слова: цифровое производство, автоматизация производства, кибер-физическая система, информационные технологии, теория принятия решений, системы принятия решений, производственная система, цифровое производство

**DEVELOPMENT OF THE DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM ON THE
BASIS OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT MONITORING DATA**

Abyshev Oman Askarbekovich, M.S.Eng., M.S.IT, KSTU n.a. I.Razzakov, The Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek city, Ch. Aitmatov ave 66. Tel.: 0556-188-140, e-mail: muras_a@bk.ru, ORCID ID 0000-0002-6365-0153

Omuraliev Usen Kasymovich, Cand.sc.(Eng), professor, TM department of KSTU n.a. I.Razzakov, The Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek city, Ch. Aitmatov ave 66. Tel: 0772-341-057, e-mail: uomuraliev@mail.ru

Yablochnikov Evgenij Ivanovich, Cand.sc.(Eng), ass.professor, IT department of ITMO University, The Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverkskij pr. 49, Tel: +7-921-947-63-12, e-mail: eugeny_tps@mail.ru

Abstract. Proposed article is devoted to consideration of main issues and results of the research study in the framework of master degree program. The current state of the problems of digital manufacturing development and the research methods used are examined. Main elements and architecture of the DSS system are described. The project of the DSS system is proposed on the basis of business analysis tools. Conclusions and results of the research are presented.

Key words: digital manufacturing, industrial automatization, cyber-physical system, informational technologies, decision-making theory, decision-making system, industrial system, digital manufacturing

Современные промышленные предприятия имеют сложную организационную структуру, определяемую широким спектром экономической деятельности, территориальной распределенностью производственных мощностей, многообразием деловых контрагентов и поставщиков.

Возрастающая динамика и дифференциация производственных и бизнес-процессов, обусловленная экономической ситуацией, а также новыми условиями взаимодействия «производитель-покупатель», вызванная стремлением обеспечить индивидуальные запросы и потребности заказчиков, все чаще заставляет менеджмент пересматривать прежние подходы к планированию, организации и управлению производством.

Сложившаяся ситуация на глобальном рынке показывает, что тенденция к ориентации производства товаров и услуг на индивидуальные вкусы потребителей требует изменения моделей организации производственных процессов, с учетом перехода от концепции управления отдельными ресурсами и функциональными подразделениями к управлению единой производственной системой, связывающей вместе деятельности всех структур промышленного предприятия.

Использование современных информационно-управляющих систем, основанных на математическом аппарате и методах теории принятия решений и исследования операций, позволяет обеспечить достижение оптимальных параметров производственных процессов на этапе проектирования и эксплуатации.

В этой связи новым вектором развития глобальной и национальной экономики, основанной на цифровых информационных технологиях, выступает развитие и внедрение необходимой для этого инфраструктуры – диджитализация (от англ. Digitalization – оцифровывание) среды.

Повышенный интерес к цифровым технологиям среди предприятий самых разных отраслей экономики обусловлен стремлением производителей укрепить свое положение на рынке, а также получения актуальной информации о последних тенденциях в этой сфере и возможностей их внедрения для достижения максимальной пользы и эффективности.

Актуальность исследования данной тематики обусловлена влиянием изменений, вызванных развитием и внедрением новых информационных технологий, на процессы принятия управленческих решений в экономике, управлении и организации современных высокотехнологичных цифровых производств.

Научная новизна данной работы заключается в определении архитектуры системы и совокупности технологий для принятия управленческих решений на основе данных мониторинга технологического оборудования.

Цель данной работы заключается в исследовании и разработке проекта информационно-управляющей системы поддержки и принятия управленческих решений, как элемента единого информационного пространства цифрового производства.

В рамках достижения поставленной цели был определен следующий **ряд задач:**

- Исследовать современное состояние и проблемы развития предметной области, методы принятия управленческих решений и архитектуру построения систем поддержки и принятия решений;
- Исследовать современные технологии в области передачи данных, мониторинга промышленного оборудования и создания киберфизических производственных систем;
- Определить и спроектировать состав, структуру и модели взаимодействия ИСУ СППР с единой информационной средой производственного предприятия;
- Разработать и предложить единую бизнес-модель, организационную структуру

и модели взаимодействия ИСУ СППР, как элемента современного цифрового производства;

- Реализовать предложенную модель взаимодействия ИСУ СППР.

Методы исследования

1. Теоретические методы

1.1. Системный анализ технических решений

Изучение и исследование объекта как системы взаимосвязанных компонентов. Рассмотрение и выявление подсистем и связей между элементами. Оценка взаимосвязанности и согласованности элементов проектируемой системы;

1.2. Литературный обзор источников

Поиск априорной информации в литературных источниках, в том числе отраслевых периодических изданий, научной литературы, трудов и материалов научно-практических конференций и семинаров.

1.3. Моделирование и идеализация

Создание, исследование и анализ моделей объектов исследования. Идеализация моделей для формирования и проверки гипотез.

1.4. Анализ существующих и синтез новых проектных решений

Изучение, анализ и оценка существующих решений в исследуемой области. Выявление недостатков и путей их улучшения. Синтез новых проектных решений на основании проведенного анализа.

2. Эмпирические методы

2.1. Анализ рыночной среды и экспертных мнений

Наблюдение за внешней средой – рынком информационных технологий, специального и общего машиностроения. Поиск лучших практик. Интервью с владельцами бизнеса, специалистами и заинтересованными лицами.

2.2. Тестовые испытания системы / Экспериментальный метод

Оценка эффективности и рациональности предлагаемых моделей архитектуры разрабатываемой системы. Исследование режимов работы, стабильности входных и выходных данных. Выявление и устранение несоответствий

Промышленность как основа экономического роста

Многие экономисты, политологи и государственные деятели большинства экономически развитых стран обращаются к теме развития собственного сектора обрабатывающей промышленности, машиностроения и станкостроения, привлекая внимание к тому факту, что богатство общества в целом и успех сервисной (цифровой) экономики в частности, зависят от технических и технологических возможностей промышленности. Ведущие мировые страны проводят целенаправленную инвестиционную политику, для достижения превосходства в производственной сфере и технологиях, наукоемких отраслях, инновациях и научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках.

Тенденции в области мирового потребительского рынка, являющегося основным фактором экономического развития, обозначили новые векторы и сферы потенциального роста производительности промышленных производств: сервис-ориентированное взаимодействие с потребителями и заказчиками в виртуальной среде, облачные распределенные вычисления, хранение и защита информации, коллективное потребление и использование товаров и услуг, децентрализация управления и др.

В этой связи для отечественной промышленности открываются как новые возможности, так и угрозы: к кратному отставанию по производительности труда, культуры производства и качеству производимой продукции и сервиса может добавиться отставание в переходе на новые принципы взаимодействия в цепочке «поставщик-потребитель». Это может привести к принципиальной невозможности конкурировать с ведущими международными промышленными концернами, как по себестоимости продукции, так и

скорости исполнении заказов. Ключевыми факторами активизации всеобщей информатизации общества становятся доступность программного обеспечения, обновление аппаратного оборудования, развитие сетевых технологий, рост виртуальных предприятий. [1-3, 5]

Параллельно с распространением идей цифровой экономики осуществляется процесс формирования цифрового рынка, который характеризуется как пул социальных, правовых и экономических отношений, складывающихся в сфере купли-продажи и обмена информационными продуктами между потребителями, производителями, посредниками.

Правительством Кыргызской Республики разрабатывается проект общенациональной программы цифровой трансформации «Таза Коом» в рамках «Стратегии устойчивого развития страны – 2040». Программой определены цели, задачи, принципы и ожидаемые результаты внедрения. [4]

Так, в рамках проведения заседания Высшего Евразийского экономического совета, было обсуждено в порядке двадцати вопросов дальнейшего сотрудничества в рамках ЕАЭС. В настоящее время реализуются проекты по вопросам интеграции различных информационных систем государств – членов Евразийского экономического союза.

Под **цифровым производством** (*Digital manufacturing*) понимается концепция и организационные модели и методы управления производственной системой, в основе которой лежит использование технологий цифрового моделирования и проектирования как самих продуктов и изделий, так и производственных процессов на всем протяжении жизненного цикла – создании цифровых двойников продукта и управление процессами его производства и эксплуатации.

Внедрение концепции, принципов и технологий цифрового производства в рамках долгосрочной стратегии развития всех отраслей промышленности представляет собой одну из актуальных проблем, стоящих перед исследователями, инженерами и правительствами стран государств-членов ЕАЭС. Для достижения этих целей правительствами стран разрабатываются и утверждаются федеральные и национальные программы развития цифровой экономики и производства.

Четвертая индустриальная революция (Industry 4.0) – это комплекс новых технологий, базирующихся на глубокой интеграции информационных технологий и производственных процессов и направленных на трансформацию промышленного производства в условиях нового технологического уклада, включающих в себя использование новых систем организации, планирования и управления предприятием.

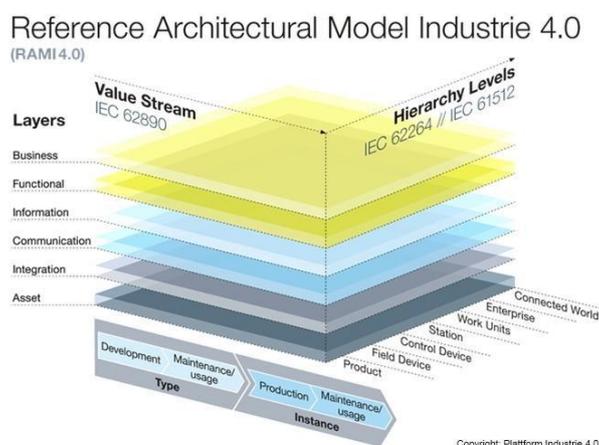


Рисунок 1 – Архитектура RAMI, предложенная немецкой ассоциацией German Electrical and Electronic Manufacturers' Association (ZVEI)

Комплекс технологий четвертой индустриальной революции основывается на рассмотрении производственной системы как **кибер-физической системы** (*cyber-physical system, CPS*) – полностью автоматизированном цифровом производстве, управляемым интеллектуальными системами в режиме реального времени, обеспечивающих появление более гибких моделей организации труда, а также взаимодействию с внешней средой и перспективой объединения в глобальную промышленную сеть. [1-3, 5]

Создается облачная модель завода, где в виртуальном пространстве воссоздается весь производственный процесс и жизненный цикл продукта – от разработки идеи, проектирования, дизайна до производства, поставки конечному заказчику, эксплуатации, обслуживания и утилизации.

Цифровая копия завода позволяет еще до начала производства выстроить оптимальную производственную, логистическую, ресурсную цепочку, рассчитать ее стоимостные показатели.

Появление дополнительных методов и механизмов управления на этапах жизненного цикла изделия позволяет использовать системный анализ и планирование для обеспечения максимальной эффективности и оптимального качества.

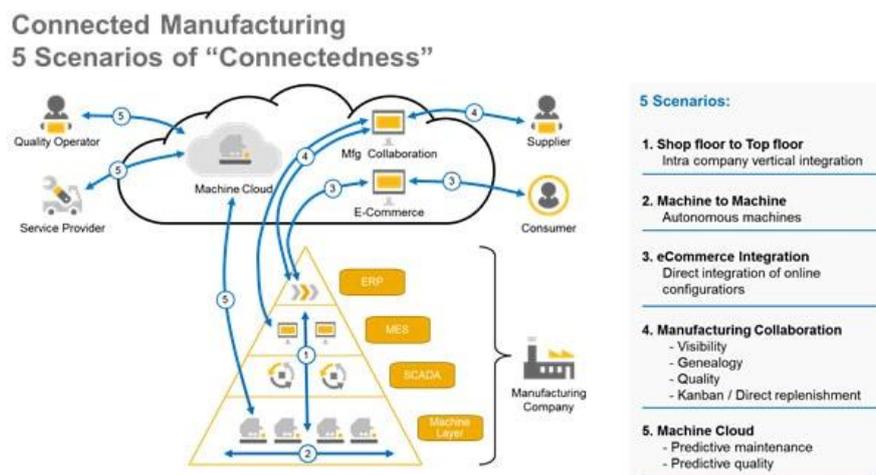


Рисунок 2 – Облачная модель взаимодействия ICPS (Industry cyber-physical system) с участниками среды. Источник: ICCPS, Lisbon, 2017

Стремясь усилить мощь и позиции организации, менеджеры и руководители ежедневно сталкиваются с препятствиями, проблемами и вопросами, ответы на которые они не могут получить при помощи операционных систем. Существующие системы управления планирования ресурсов и управления предприятием обеспечивают некоторую прозрачность операций, однако они не предоставляют аналитическую информацию и интеллектуальные ресурсы, необходимые для управления результативностью и принятия управленческих решений.

В тоже время, развитие информационных технологий и прогресс в области управления данными, количественного анализа и аналитической обработки данных значительно облегчает управление результативностью, позволяющее руководителям и рядовым сотрудникам предприятий принимать всесторонне взвешенные решения.

Выбранный курс на цифровую трансформацию объектов и процессов и их интеграцию в рамках единого информационного пространства позволит производителям обеспечить рост в условиях производства персонализированной продукции и удовлетворения индивидуальных предпочтений заказчиков, благодаря повышению гибкости, снижению затрат и барьеров для выхода на рынок, предоставляя дополнительные возможности для инноваций и инвестиций.

Системы принятия решений или поддержки и принятия решений, (СПР / СППР) – это класс информационно-управляющих человеко-машинных систем, позволяющие решать задачи информационной поддержки процессов принятия управленческих решений руководством организации на основе математических, статистических, эмпирических и эвристических методов.

Современная тенденция в развитии искусственного интеллекта позволяю использовать данные технологии и в области теории принятия решений. В этой связи является достаточно интересным и актуальным создание и внедрение интеллектуальных самообучающихся систем поддержки и принятия решений.

Назначение систем поддержки и принятия решений (СППР) – упростить процесс принятия пользователями наиболее эффективных и оптимальных решений на основе информации, получаемой от объектов и накапливаемой системой, а также тех методов ее обработки и представления, которые были заложены в основу ее работы. Это является первичной и определяющей функцией систем данного класса.

Системы SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – системы удаленного контроля и диспетчеризации получили широкое распространение и успешно используются в самых разных отраслях промышленности и экономики, где требуется обеспечивать операторский контроль и управление технологическими процессами в режиме реального времени.

Генерируемые данные и структурированная информация используется для оценки эффективности работы как единицы оборудования, так и всего производственного подразделения, принятия управленческих решений по внесению изменений в производственный процесс, а также может быть передана в более высокие системы управления производством для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции. В рамках теоретического исследования предложена классификация систем мониторинга технологического оборудования по способу мониторинга, коммуникации и уровню функциональности. [1-3, 5]

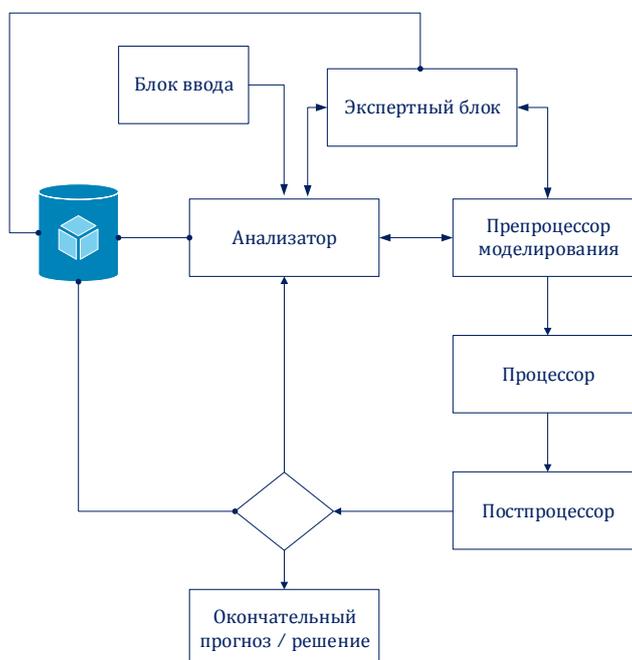


Рисунок 3 – Функциональная схема самообучающейся СППР

Проект «Интегрированный инструмент управления результативностью. СППР Business Intelligence»

Проект системы на базе подсистемы удаленного мониторинга и диспетчеризации

технологического оборудования и модуля управленческого учета экономических параметров производства. Система будет включать в себя несколько модулей, направленных на достижение комплексного сопровождения в процессе принятия управленческих решений для руководителей среднего и верхнего уровня.

Основным объектом данной системы будет являться бизнес-процесс и его критерии его результативности. Рассмотрение процесса как объекта позволит использовать систему управления бизнес-процессами как основу внедрения СППР.

Предоставления информации предполагается на витринах данных, формирующимся автоматически на базе генерируемой информации с полевого оборудования. На основании бизнес-анализа требований заказчика и существующей организационной и производственной архитектуры предлагается определить базовый набор основных метрик и зависимостей с последующим составлением технической спецификации.

Основные преимущества:

- Простота интеграции разрабатываемого решения с полевым уровнем автоматизации и системой управления бизнес-процессами;
- Гибкость настройки и конфигурирования;
- Многоцелевое использование СППР;
- Экспертная система: позволяет использование опыта специалистов в решении возникающих задач с возможностью дальнейшего обучения;
- Облачное хранение данных и инновационная структура управления базами данных позволяет обеспечить высокую скорость обработки запросов и обращений

Апробация результатов исследования. Тестовые испытания системы

Цель испытаний: реализовать устойчивую передачу данных, поступающих от технологического оборудования в систему удаленного мониторинга в режиме реального времени.

Этап 1. В рамках достигнутой договоренности для КГТУ им. И. Раззакова была предоставлена образовательная лицензия системы удаленного мониторинга Winnum. Данная лицензия была предоставлена для выполнения исследований в области построения умных производственных систем на базе имеющегося оборудования

Этап 2. Был проведен анализ оборудования кафедр на предмет возможности подключения к системе удаленного мониторинга. На данном этапе было решено в дальнейшем проводить лабораторные испытания на базе лабораторного стенда ОВЕН ПЛК.

Этап 3. На основе выбранного оборудования был сформирован перечень базовых контролируемых параметров его работы. Благодаря наличию программно-логического контроллера ОВЕН ПЛК 110-30 и предустановленных датчиков температуры и влажности, основными параметрами были соответственно выбраны «Текущая температура» и «Текущая влажность воздуха».

Этап 4. В связи с наличием готового лабораторного стенда с предустановленными датчиками температуры и влажности было решено организовать схему мониторинга на базе реальной и моделируемой системы:

- Мониторинг температуры и влажности в помещении лаборатории
- Мониторинг работы модели «биохимического реактора винного брожения»
- Мониторинг работы модели «термической муфельной печи закалки и отпуска»

Данный стенд имеет достаточное количество сетевых интерфейсов на базе ПЛК ОВЕН для работы с сетью Интернет и передачи данных по стеку протоколов ТСР/IP. В этой связи было решено использовать соединение через физический интерфейс Ethernet по Modbus ТСР/IP.

Этап 5. Были проведены серии тестовых испытаний.

Этап 6. На основании полученных результатов и выявленных технических ограничений были сформированы выводы и определены направления дальнейшей работы.

В рамках проведенного анализа технологического парка кафедр был сформирован перечень потенциальных параметров мониторинга для дальнейшего использования в СППР.

Одним из путей дальнейшей работы является дальнейшая разработка и оптимизация модели стенда для устойчивой передачи данных, поступающих от технологического оборудования в систему удаленного мониторинга в режиме реального времени на базе стека протоколов Ethernet - TCP/IP, а также интеграция стенда с СППР.

Разработанный стенд может быть основой для дальнейших исследований в области создания цифровых производственных систем, а также служить объектом для материально-технического оснащения образовательных курсов в рамках программ бакалавриата и магистратуры КГТУ им. И.Раззакова.

Выводы

Использование и внедрение систем поддержки принятия решений соответствуют современным тенденциям развития в области цифровых производств;

Системы поддержки принятия решений могут служить основой дальнейшей системной интеграции производственных процессов и технологического оборудования в цифровой среде;

Доказана работоспособность предложенной архитектуры и модели взаимодействия программно-аппаратных компонентов на примере тестового стенда.

Описание достигнутых результатов

В настоящей работе был исследован процесс разработки системы принятия решений на основе данных мониторинга технологического оборудования.

Разработка, внедрение и применение новых моделей и систем поддержки принятия решений является первым шагом к переходу к новой концепции организации производственных систем, что в свою очередь позволит повысить качество принимаемых решений, управляемость и результативность производственных процессов, обеспечить информационный обмен и координацию между промышленным оборудованием в режиме реального времени, цепочкой промышленных поставок, поставщиками, системами управления бизнесом и потребителями.

В рамках достижения цели данной работы были проведены исследования, а также разработан проект информационно-управляющей системы поддержки и принятия управленческих решений, как элемента единого информационного пространства цифрового производства. В процессе работы над проектом были расширены, углублены и систематизированы теоретические и практические знания, полученные в течение периода обучения по специальности.

Исследованы современное состояние и проблемы развития цифровых производств, недостатков современных моделей организационного управления предприятием, а также эволюция данных моделей. Выполнен анализ влияния организационного дизайна на процессы управления результативностью.

Рассмотрены методы и модели теории принятия решений, технологий разработки и архитектур систем принятия решений. Рассмотрены модели подключения технологического оборудования к цифровой производственной системе предприятия, способы передачи, хранения и обработки информации. Определено место систем принятия решений в процессе управления результативностью бизнес-процессов организации.

В рамках проектной части были разработаны и спроектированы структурные и организационные модели предлагаемой системы, сформированы диаграммы взаимодействия и алгоритмов работы. Выполнены и приведены результаты исследований и лабораторных испытаний системы. Предложена модель использования системы в рамках проекта комплексной автоматизации производственного предприятия «The Tien-Shan Shelly Rock».

Использование результатов данной работы позволит стать основой как для разработки

программного продукта на базе предложенного проекта, так и дальнейших научных исследований в области бизнес-аналитики, а также управления и организации процессов цифровой трансформации отечественных производств. Использование предлагаемого проекта СППР позволит обеспечить рост показателей качества и эффективности результатов принимаемых решений, а также достижения высокой результативности в рамках поставленных задач.

Список используемой литературы

1. Kelly K. New Rules for the New Economy: 10 radical strategies for a connected world / К. Kelly. – New York: Viking, 1998. – 224 p.
2. Кунцман А.А. Трансформация внутренней и внешней среды бизнеса в условиях цифровой экономики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=4131, дата обращения: 14.12.2016.
3. Алексеев И.В. Цифровая экономика: особенности и тенденции развития электронного взаимодействия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://interactive-plus.ru/ru/article/116328/discussion_platform, дата обращения - 14.12.2016.
4. О Программе цифровой трансформации Кыргызской Республики «Таза Коом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tazakoom.kg/site/concept/4>, дата обращения - 14.12.2016.
5. Klaus Schwab the Fourth Industrial Revolution. – World Economic Forum, 2016. – 184 с.
6. Hammer M., Champy J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. - N-Y: HarperCollins. – 332 с.
7. Коккинз Г. Управление результативностью: Как преоболеть разрыв между объявленной стратегией и реальными процессами / Гери Коккинз; Пер. с англ. – М.: Альпина Паблшер, 2016. – 316 с.
8. О. И. Ларичев. Наука и искусство принятия решений, - Москва: Издательство "Наука", 1979.
9. О. И. Ларичев. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах, Учебник, - м.: Издательство "Логос", 2000.
10. Системы поддержки принятия решений, сайт TAdviser, [Электронный ресурс], URL-адрес: http://www.tadviser.ru/index.php/Decision_Support_Systems,_DSS, дата обращения – 06.03.18.
11. Экономический сайт, руководство для экономистов, [Электронный ресурс], URL: <http://www.catback.ru/articles/theory/manage/decision.htm>, дата обращения – 06.03.18.
12. Энциклопедия АСУ ТП, [Электронный ресурс], URL-адрес: http://www.bookasutp.ru/Chapter2_9.aspx, дата обращения – 02.03.2018.
13. Н.М. Абдикеев. Реинжиниринг бизнес-процессов: учебник / Н.М. Абдикеев, Т.П. Данько, С.В. Ильдеменов, А.Д. Киселев. – 2-е изд., испр. – М.: Эксмо, 2007. – 592 с.

УДК 539.379:519.632.4

УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ РАСЧЁТЕ КОНСТРУКЦИЙ НА НАДЁЖНОСТЬ

Адигамов Николай Сабирович, д.ф.-м.н., профессор, КРСУ им. Б.Н. Ельцина, Бишкек, Кыргызстан, e-mail: nikadigamov@mail.ru;

Дьяченко Евгений Игоревич, студент магистратуры каф. физики и микроэлектроники КРСУ им. Б.Н. Ельцина Бишкек, Кыргызстан, e-mail: Diachienko1995@mail.ru

Аннотация. В работе иллюстрируется применение основ теории надежности и их использование в практике проектирования приборов, машин и конструкций. Оказывается, как правило, для учета изменчивости входящих параметров в реальных условиях случайными возмущениями пренебрегать нельзя [1-6].

Ключевые слова: напряжения, деформации, надежность, предел текучести, числовые характеристики случайных величин.

MANAGEMENT BY RISK AND MAKING DECISION AT CALCULATION OF CONSTRUCTIONS ON RELIABILITY

Adigamov Nikolay Sabirovich, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Professor, The Department of "Mechanics", Kyrgyz-Russian Slavic University named after B. N. Yeltsin, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: nikadigamov@mail.ru;

Diachienko Evgeniy Igorevich, student of city council, The Department of "Physics and microelectronics", Kyrgyz-Russian Slavic University named after B. N. Yeltsin, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: Diachienko1995@mail.ru

Abstract. The paper illustrates the application of the foundations of the theory of reliability and their use in the design practice of machines and structures. It appears, as a rule, for accounting of variability of the entering parameters in actual practice casual indignations it is impossible to neglect [1-6].

Keywords: tensions; deformations reliability limit of fluidity numerical descriptions of casual sizes.

Введение

Для более глубокого понимания физических особенностей работы проектируемых приборов, машин и конструкций в реальных условиях необходимо увеличение точности расчетов [1-6].

Было установлено, что классические детерминированные возмущения не являются основными. Это приводит к тому, что границы между закономерностью и случайностью не остаются неизменными, а меняются по мере развития познания. При большом числе наблюдений данного явления в самих случайных отклонениях наблюдаются некоторые закономерности, которые можно изучить и использовать для учета влияния случайных отклонений на течение исследуемых явлений.

Одно из основных достоинств теории вероятностей, которое позволяет ее эффективно использовать в практике проектирования механических конструкций, заключается в том, что она дает возможность количественно оценить такие понятия, как «вероятно», «мало вероятно», «большая вероятность» и т.д.

Обратим внимание еще раз на то обстоятельство, что по условию сами по себе вероятности безотказной работы системы мало полезны. Например, если $P=0,9$, то трудно сказать, хорошо или это плохо [6], но если проводятся расчеты для двух вариантов материала с учетом вероятностных свойств их механических характеристик и оказывается, что вероятность безотказной работы соответственно равна 0,9 и 0,95, то можно утверждать, что конструкция с вероятностью безотказной работы 0,95 будет лучше. Таким образом, учет случайных разбросов приводит к качественно другим оценкам «прочности», что позволяет проектировать более рациональные приборы, машины и конструкции, обладающие большей надежностью, долговечностью и ресурсом.

Материалы и методы

В рамках такого подхода классические методы расчета становятся неприемлемыми, и для получения численных результатов надо использовать вероятностные методы.

Прежде чем перейти к изложению методов оценки «прочности» конструкций в вероятностной постановке, вкратце напомним традиционные расчеты в детерминированной постановке. К таким методам относятся: метод расчета по предельным состояниям (появление пластических деформаций, устойчивость) и метод расчета по допускаемым нагрузкам [5, 6].

В методе расчета по предельным состояниям максимальная действующая нагрузка (точнее, напряженно-деформированное состояние, вызванное этой нагрузкой) сравнивается с нагрузкой, соответствующей предельному состоянию, которое определяет несущую способность конструкции. Несущая способность конструкции – наступление предельного напряженно-деформированного состояния, которое соответствует потере работоспособности конструкции или ее разрушению. Методы расчета по предельным состояниям позволяют наиболее полно использовать несущую способность конструкции.

В методе расчета по допускаемым напряжениям вводится понятие коэффициента безопасности, и допускаемое напряжение $\sigma_{доп}$ предполагается равным

$$\sigma_{доп} = [\sigma] = \frac{\sigma_{np}}{n}, \quad (1)$$

где σ_{np} – предельное напряжение (предел текучести для пластичных материалов, предел прочности для хрупких материалов, критическое напряжение, соответствующее потере статической устойчивости);

n – коэффициент безопасности.

Традиционные методы расчета (как при расчете по предельным состояниям, так и по допускаемым напряжениям) возможные случайные разбросы в явном виде не учитывают, т.е., не учитывается вероятностный характер предельных состояний конструкции. Поэтому оценивать работоспособность конструкции логичнее не по детерминированным неравенствам, а по вероятности выполнения этих неравенств:

$$P[(S - F) > 0], \quad (2)$$

где под S принято понимать случайную величину, определяющую механические характеристики материала конструкции

$$S = S(\sigma_T, \sigma_b, \mu, E, G),$$

причем σ_T – предел текучести; σ_b – предел прочности, μ – коэффициент Пуассона, E , G – модули упругости соответственно первого и второго рода.

Функция F , входящая в неравенство (2), также является случайной величиной, зависит от напряжений и деформаций и оценивает, главным образом, действительное состояние исследуемого объекта – конструкции.

С общей точки зрения предельные состояния в неравенстве (2) могут быть связаны не только с прочностными свойствами конструкции. Например, рассмотрим систему управления изменения движения объекта. За допускаемую «трубку» траекторий $S = D_0$ принято понимать некоторую расчетную замкнутую предельную область. Поэтому система управления изменения параметров объекта должна обеспечить выполнение условия (2), где в качестве $F = D(t)$ рассматривается реальная область, внутри которой находится объект в движении [6].

Расчеты

В качестве иллюстрации применения теории надежности в практике проектирования приборов и конструкций рассмотрим взаимосвязанные простейшие примеры. Следуя работе [5], рассмотрим в качестве первого примера статически определимую стальную балку

постоянного поперечного сечения, свободно лежащую на двух опорах и нагруженную вертикальной сосредоточенной силой в середине пролета (алгоритм расчета № 1). Решение этой задачи приведено в работе [5]. В качестве второй расчётной схемы примем следующие изменения в граничных условиях. Исходные данные параметров балки сохраним прежними. Изменим граничные условия: левый конец балки, свободно лежащий на опоре, жестко защемляем. Иными словами, из статически определимой балки мы получаем один раз статически неопределимую систему (алгоритм расчета № 2). Сравнение двух результатов расчета на надежность позволит сделать ряд важных выводов. В частности, расчеты должны проиллюстрировать, что надежность системы второго случая должна быть выше первого случая.

Рассмотрим статически неопределимую стальную балку постоянного поперечного сечения, нагруженную вертикальной сосредоточенной силой в середине пролета (рис. 1)

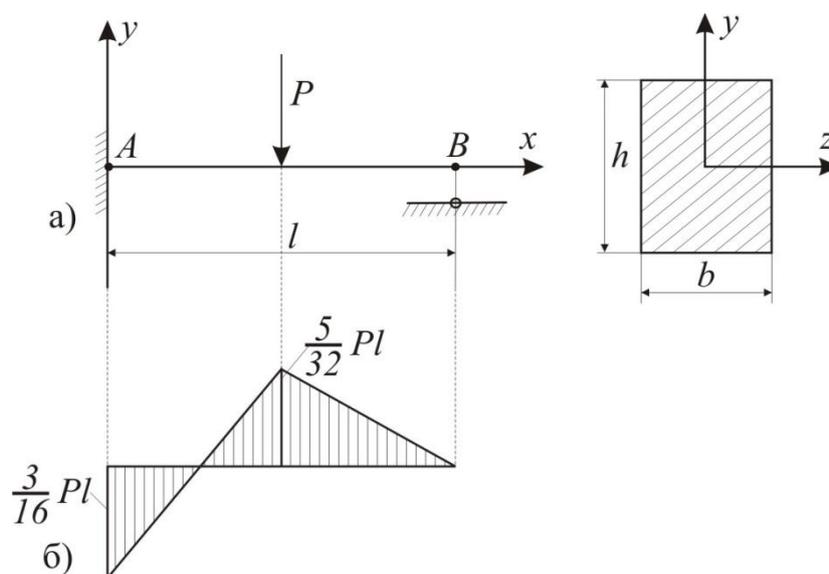


Рисунок 1. Статически неопределимая стальная балка: а) расчетная схема; б) эпюра «М» изгибающих моментов.

Условие прочности при изгибе имеет вид

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq \sigma_T, \quad (3)$$

где M_{\max} – максимальный изгибающий момент; W_z – момент сопротивления сечения; σ_T – предел текучести стали (переменная, случайная величина с нормальным законом распределения).

В нашем случае максимальное напряжение возникает в защемлении и равно

$$M_{\max} = \frac{3}{16} Pl \quad (4)$$

Момент сопротивления сечения

$$W_z = \frac{bh^2}{6} \quad (5)$$

С учетом (4) и (5) условие прочности стальной балки будет иметь вид

$$\sigma_{\max} = \frac{9Pl}{8bh^2} \leq \sigma_T \quad (6)$$

За отказ в работе конструкции примем появление краевой текучести [5]. С учетом (6) функции работоспособности (2) примет вид

$$\xi = P[(S - F) > 0] = P\left[\sigma_T - \frac{9Pl}{8bh^2}\right] \quad (7)$$

Наибольшей изменчивостью, как правило, обладает внешняя нагрузка P и предел текучести стали σ_T , поэтому примем их случайными. В качестве закона распределения этих величин принимаем нормальный закон с соответствующими параметрами (математическим ожиданием и стандартом): для нагрузки – m_p и S_p ; для предела текучести m_σ и S_σ . Геометрические размеры в выражении (7) обладают значительно меньшей изменчивостью по сравнению с P и σ_T , поэтому их случайностью можно пренебречь и принять их детерминированными. Итак, имеем функцию работоспособности ξ , линейно зависящую от случайных величин P и σ_T . Величина ξ также является случайной, и в данном случае из курса теории вероятности следует, что ее распределение подчиняется нормальному закону. Определим математическое ожидание m_ξ и стандарт S_ξ случайной величины ξ . Для этого воспользуемся основными свойствами числовых характеристик функций случайных величин [5].

$$m_\xi = m_\sigma - \frac{9m_p l}{8bh^2}, \quad (8)$$

$$S_\xi = \sqrt{S_\sigma^2 + \left(\frac{9S_p l}{8bh^2}\right)^2}. \quad (9)$$

Зная характеристики распределения случайной величины ξ , можем определить вероятность безотказной работы:

$$H = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{m_\xi}{S_\xi}\right), \quad (10)$$

где $\Phi\left(\frac{m_\xi}{S_\xi}\right)$ – интеграл вероятностей Гаусса или функция Лапласа [5].

Соответствующая вероятность отказа

$$R = 1 - H = \frac{1}{2} - \Phi\left(\frac{m_\xi}{S_\xi}\right), \quad (11)$$

Для рассматриваемой балки примем следующие исходные данные: длина $l=2$ м; ширина сечения $b=0,05$ м; высота сечения $h=0,1$ м. Внешняя случайная нагрузка P , распределенная по нормальному закону, имеет следующие параметры распределения: математическое ожидание $m_p=26$ кН; стандарт распределения $S_p=2,6$ кН. Случайный предел текучести σ_T имеет параметры: математическое ожидание $m_\sigma=2,4 \cdot 10^5$ кН/м²; стандарт распределения $S_\sigma=2,4 \cdot 10^4$ кН/м². Тогда

$$m_\xi = m_\sigma - \frac{9m_p l}{8bh^2} = 2,4 \cdot 10^5 - \frac{9 \cdot 26 \cdot 2}{8 \cdot 0,05 \cdot 0,1^2} = 123000 \left(\frac{\text{кН}}{\text{м}^2}\right),$$

$$S_\xi = \sqrt{S_\sigma^2 + \left(\frac{9S_p l}{8bh^2}\right)^2} = \sqrt{(2,4 \cdot 10^4)^2 + \left(\frac{9 \cdot 26 \cdot 2}{8 \cdot 0,05 \cdot 0,1^2}\right)^2} = 26700 \left(\frac{\text{кН}}{\text{м}^2}\right)$$

Вероятность безотказной работы

$$H = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{m_\xi}{S_\xi}\right) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{123000}{26700}\right) = \frac{1}{2} + \Phi(4,607) = 0,5 + 0,49999 = 0,99999$$

Приведем данные вероятности безотказной работы первого рассмотренного случая [5]

$$H = 0,9984.$$

Выводы

Таким образом, второй случай будет предпочтительней при эксплуатации. Эпюра распределения изгибающих моментов указывает на то, что данная статически неопределимая балка очень близка к оптимальной. Нормальный закон для соответствующих параметров распределения подразумевает приведенный расчет близким к расчету в детерминированной постановке. При использовании других законов распределения расхождение будет более существенным.

Список литературы

1. Адигамов Н.С. О прогнозировании процессов пластического деформирования материала с учетом эффектов старения. Докл. на II междунар. конф. «Проблемы управления информационными технологиями». Бишкек, 2015. С. 193-196.
2. Адигамов Н.С., Верзунов С.Н., Дьяченко Е.И. Об упругопластическом деформировании материала с учетом эффектов старения. Материалы X Всероссийской конф. по механике деформируемого твердого тела. Самара, СГТУ, 2017. Т. 1. С. 24-26.
3. Адигамов Н.С., Дьяченко Е.И. О приспособляемости конструкций при упругопластическом деформировании с учетом эффектов старения. Вестник КРСУ. Т. 17, № 5. – С. 8-12.
4. Арутюнян Р.А., Адигамов Н.С., Чебанов В.М. О закономерностях упрочнения стареющей пластической среды // Докл. АН СССР, 1987. Т. 294, № 2. С. 307-309. (Представлено академиком В.В. Новожиловым, 1987 г.).
5. Саргсян А.Е., Демченко А.Т., Дворянчиков Н.В., Джингвелашвили Г.А. Строительная механика. Основы теории с примерами расчетов: Учебник. М.: Высш. шк., 2000. – 416 с.
6. Светлицкий В.А. Статистическая механика и теория надежности. – М.: Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – С. 504.

УДК 539.379:519.632.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОР

Дуишеналиев Т.Б., Кыргызский Государственный Технический Университет им. И.Раззакова, e-mail: duishenaliev@mail.ru

Аскарбеков Р.Н. Кыргызский Государственный Технический Университет им. И.Раззакова, askarbekovu@gmail.com

Аннотация. Предлагается математическая модель упругого деформирования резинового слоя. Модель основана на новом (неклассическом) решении второй краевой задачи механики деформируемого тела и позволяет описать поведение резинометаллических опор (РМО) при воздействии распределенной или сосредоточенной нагрузки. Приводятся численные значения расчетов напряжено-деформированного состояния резины в составе однослойных и многослойных РМО.

Ключевые слова: краевая задача, тензор деформаций, тензор напряжений, перемещение, нагрузка, резина, резинометаллическая опора.

MODELING OF DEFORMATIONS OF RUBBER-METALLIC SUPPORTS

Duishenaliev T.B., Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, e-mail: duishenaliev@mail.ru

Askarbekov R.N. Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, e-mail: askarbekovu@gmail.com

Abstract. In this paper proposed mathematical model of the elastic deformation of the rubber layers. The model is based on the new (non-classical) solution of the second boundary value problem of deformable body mechanics and allows us to describe the behavior of the rubber-metal supports (RMS) under the influence of a distributed or concentrated load. The numerical value calculation stress-strain condition of the rubber in the composition of single-layer and multilayer RMS.

Keywords: boundary value problem, strain tensor, stress tensor, displacement, load, rubber, rubber-metal support.

Введение. В работе [4] реализован неклассический подход к решению статической краевой задачи механики деформируемого твердого тела. Он позволяет решать статическую краевую задачу в строгом соответствии с ее общепризнанной постановкой. Обстоятельство, что тело с заданными силами в объеме и на поверхности находится в равновесии, является исходным. Областью определения дифференциальных уравнений равновесия и совместности деформаций, а также граничных условий служит конечное состояние равновесия. В предложенном подходе это состояние должно считаться заданным, а не искомым. Иначе невозможно указать положения сил, распределенных в объеме и на поверхности тела. Этот крайне простой и естественный подход вносит в механику деформируемого тела основополагающие дополнения. В частности, выясняется, что линейный тензор Коши может описывать конечные (большие) деформации упругого тела.

Приведем постановку второй краевой задачи:

$$\sigma_{ji,j} + f_i = 0, \sigma_{ij} = \sigma_{ji}, x_i \in V, \tag{1}$$

$$\sigma_{ij,kk} + \frac{1}{1+\nu} \sigma_{kk,ij} + \frac{\nu}{1-\nu} \delta_{ij} f_{k,k} + f_{i,j} + f_{j,i} = 0, x_i \in V, \tag{2}$$

$$\sigma_{ji} n_j = p_i, x_i \in S, \tag{3}$$

где ν - коэффициент Пуассона, σ_{ij} - компоненты напряжения, f_i и p_i - соответственно внешние силы, заданные в объеме V и на границе S материального тела.

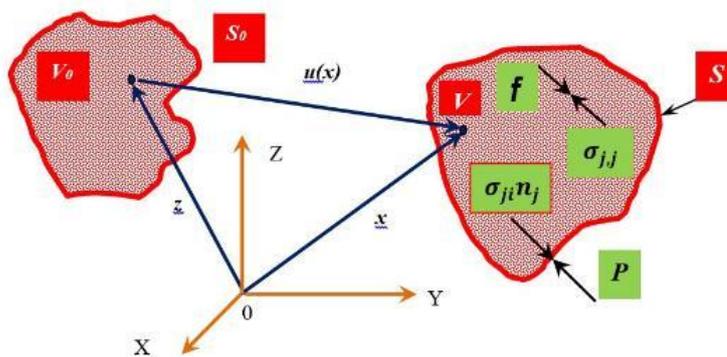


Рис. 1. Слева: состояние равновесия тела без внешних сил, справа: состояния равновесия тела с приложенными силами.

Данная постановка проиллюстрирована на рис.1. В каждой точке материального тела объемом V и границей S имеют приложенные внешние силы, которые уравновешиваются внутренними напряжениями.

Решением это краевой задачи в пространственных координатах (координатах

конечного состояния) подразумеваются функции $\sigma_{ij}(x)$, удовлетворяющие уравнениям (1-3) [4]. Из него легко определяются деформации

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{E} \left(-\nu \cdot \delta_{ij} \cdot \sigma_{kk} + (1+\nu) \sigma_{ij} \right), \quad (4)$$

где E - модуль упругости.

Перемещения $u_i(x)$ определяем по формулам Чезаро [4]:

$$u_i(x) = u_i(x^0) + \omega_{ij}(x^0) \left(x_j - x_j^0 \right) + \frac{1}{E} \int_l \left(\varepsilon_{ik}(y) + \left(x_j - y_j \right) \left(\varepsilon_{k,ij}(y) - \varepsilon_{k,ji}(y) \right) \right) dy_k,$$

где l - линия в области V , x^0 - начальная точка этой линии, $u_i(x^0), \omega_{ij}(x^0)$ -

постоянные интегрирования.

1. Моделирование напряженно-деформированного состояния однослойной резинометаллической опоры (РМО)

Зададимся областью определения уравнений статической краевой задачи в виде указанной на рис. 2 резинометаллического элемента с одним резиновым слоем. Начало прямоугольной декартовой системы координат поместим в самом центре, что соответствует положению $(X, Y, Z) = (0, 0, 0)$.

Итак, под обозначением V будем подразумевать следующую область

$$-0.05 \leq x_1 \leq 0.05, \quad -0.05 \leq x_2 \leq 0.05, \quad 0 \leq x_3 \leq 0.1 \quad (5)$$

Рассмотрим вторую краевую задачу без массовых сил

$$\sigma_{ji,j} = 0, \quad \sigma_{ij} = \sigma_{ji}, \quad x_i \in V, \quad (6)$$

$$\sigma_{ij,kk} + \frac{1}{1+\nu} \sigma_{kk,ij} = 0, \quad x_i \in V, \quad (7)$$

$$\sigma_{ji} \cdot n_j = \delta_{i2} c x_3, \quad x_i \in S, \quad (8)$$

где V определяется выражениями (5).

Резинометаллическая опора с усилиями (8) на своей поверхности находится в равновесии. Из (8) следует, что равномерно распределенная нагрузка приложена на верхнюю металлическую пластину и значение ее возрастает постепенно.

Решение задачи по способу [4]:

$$\sigma_{ij} = \delta_{i2} \delta_{j2} c x_3, \quad x_i \in V \quad (9)$$

Функции перемещений можно определить также из выражения

$$u_i = \frac{1}{E} \int_l c \left(-\nu \delta_{ik} x_3 + (1+\nu) \delta_{i2} \delta_{k2} x_3 + \left(x_j - y_j \right) \left(-\nu \left(\delta_{ki} \delta_{3j} - \delta_{kj} \delta_{3i} \right) + (1+\nu) \delta_{k2} \left(\delta_{i2} \delta_{3j} - \delta_{j2} \delta_{3i} \right) \right) \right) dy_k, \quad x_i \in V.$$

Интегрируя это выражение, находим

$$u_i(x) = -c \left(\delta_{i1} \nu x_3 \left(x_1 - x_1^0 \right) - \delta_{i2} x_3 \left(x_2 - x_2^0 \right) + \delta_{i3} \left(x_2^2 + \nu \left(x_3^2 - x_1^2 \right) - x_2^0 \left(2x_2 - x_2^0 \right) - \nu \left(\left(x_3^0 \right)^2 - x_1^0 \left(2x_1 - x_1^0 \right) \right) \right) / 2 \right) / E, \quad x_i \in V, \quad (10)$$

где x_i^0 - любая фиксированная точка области V . Приведем развернутый вид функций (10):

$$u_1(x) = -\frac{c \nu x_3 (x_1 - x_1^0)}{E}, \quad u_2(x) = \frac{c x_3 (x_2 - x_2^0)}{E}, \quad x_i \in V,$$

$$u_3(x) = -c \left(\left(x_2^2 + \nu (x_3^2 - x_1^2) - x_2^0 (2x_2 - x_2^0) - \nu \left((x_3^0)^2 - x_1^0 (2x_1 - x_1^0) \right) \right) / 2E \right), \quad x_i \in V.$$

Рассмотрим три случая нагружения: $c = 0, c = 0.3, c = 0.6$. На поверхности S внешних сил нет, тело занимает область V (5) и находится в равновесии. На рисунке 2 приводятся: слева без приложенной нагрузки и справа с приложенной нагрузкой. В качестве x^0 можно брать координаты любой точки области (5). В дальнейшем примем для начальной координаты $x_1^0 = 0.05, x_2^0 = 0.05, x_3^0 = 0$.

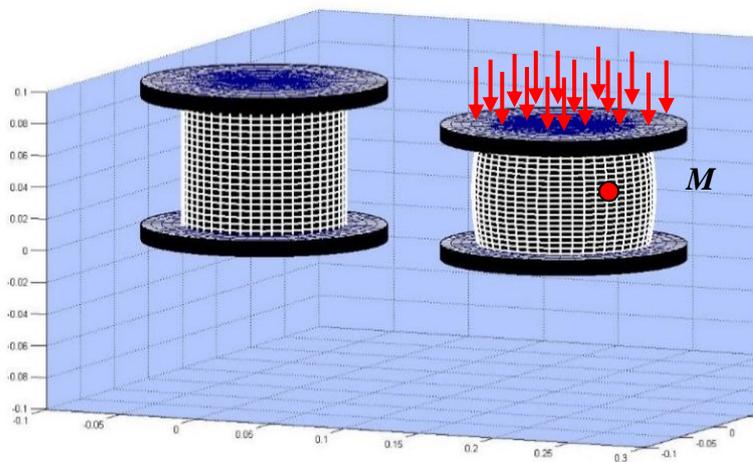


Рис. 2. Слева: состояние равновесия тела, справа: состояния равновесия резинометаллической опоры при нагрузке $c=0.3$.

Рассмотрим точку M , находящуюся внутри резинового слоя, которая под действием сжимающих усилий перемещается. Определим перемещение точки M при действии на верхнюю металлическую пластину распределенной нагрузки. Эта точка находится в середине резинового слоя по высоте и имеет наибольшие значения перемещения при выпучивании резинового слоя. Модуль упругости для резины марки СНК 3826 принят $E=12$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu=0.4995$.

Для предлагаемой математической модели, когда $c=0.3$ (внешняя нагрузка равна 3.82 МПа) в программном комплексе Matlab был написан специальный программный код. В данной системе был произведен расчет компонент перемещения точки M в метрах

$$u_{ij} = \begin{pmatrix} 0.01 & 0 & 0 \\ 0 & 0.01 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0084 \end{pmatrix}.$$

Тензор деформации рассчитывается в Matlab определяется по формулам $\varepsilon_{ij} = 0.5(u_{i,j} + u_{j,i})$. Или в развернутом виде:

$$\varepsilon_{ij} := c \cdot \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x_1} u_1(x_1, x_2, x_3) + \frac{\partial}{\partial x_1} u_1(x_1, x_2, x_3) \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x_2} u_1(x_1, x_2, x_3) + \frac{\partial}{\partial x_1} u_2(x_1, x_2, x_3) \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x_3} u_1(x_1, x_2, x_3) + \frac{\partial}{\partial x_1} u_3(x_1, x_2, x_3) \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x_1} u_2(x_1, x_2, x_3) + \frac{\partial}{\partial x_2} u_1(x_1, x_2, x_3) \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x_2} u_2(x_1, x_2, x_3) + \frac{\partial}{\partial x_2} u_2(x_1, x_2, x_3) \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x_3} u_2(x_1, x_2, x_3) + \frac{\partial}{\partial x_2} u_3(x_1, x_2, x_3) \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x_1} u_3(x_1, x_2, x_3) + \frac{\partial}{\partial x_3} u_1(x_1, x_2, x_3) \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x_2} u_3(x_1, x_2, x_3) + \frac{\partial}{\partial x_3} u_2(x_1, x_2, x_3) \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x_3} u_3(x_1, x_2, x_3) + \frac{\partial}{\partial x_3} u_3(x_1, x_2, x_3) \right) \end{pmatrix}$$

Компоненты тензора деформаций для точки M :

$$\varepsilon_{ij} = \begin{pmatrix} 0.064 & 0 & 0 \\ 0 & 0.064 & 0 \\ 0 & 0 & 0.09 \end{pmatrix}.$$

Для расчета тензора напряжений в точке M воспользуемся обобщенным законом Гука:

$$\sigma_{ij} = \lambda \delta_{ij} \cdot \varepsilon_{kk} + 2\mu \varepsilon_{ij}, \quad \lambda = \frac{Ev}{(1+\nu)(1-2\nu)}.$$

Для цилиндра принимаем, $\varepsilon_x = \varepsilon_y$, $\sigma_x = \sigma_y$, $\nu = 0.4995$. В итоге получим компоненты напряжения, в МПа:

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 1.495 & 0 & 0 \\ 0 & 1.495 & 0 \\ 0 & 0 & 1.504 \end{pmatrix}.$$

Увеличим значение нагрузки и рассмотрим случай, когда $c=0.6$ (нагрузка равна 7.64 МПа). Под действием приложенных сил тело занимает ту же область в пространстве.

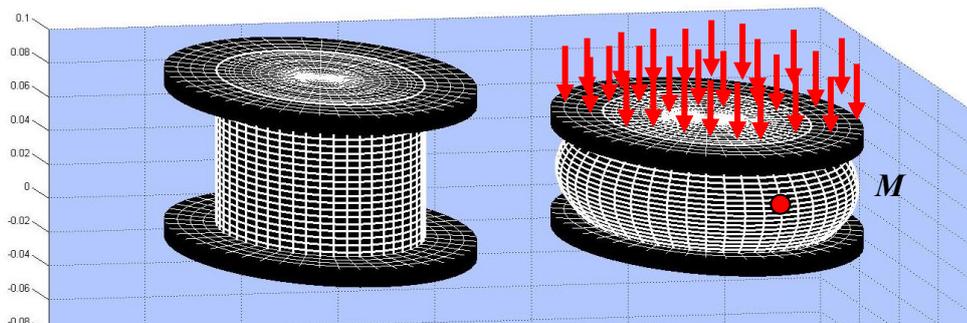


Рис. 3. РМО №2 под воздействием сжимающих усилий $c=0.6$.

Поле перемещений для точки M , в метрах:

$$u_{ij} = \begin{pmatrix} 0.02 & 0 & 0 \\ 0 & 0.02 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0168 \end{pmatrix}.$$

Компоненты тензора деформаций для точки M :

$$\varepsilon_{ij} = \begin{pmatrix} 0.255 & 0 & 0 \\ 0 & 0.255 & 0 \\ 0 & 0 & 0.36 \end{pmatrix}.$$

Тензор напряжений для точки M , в МПа:

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 5.981 & 0 & 0 \\ 0 & 5.981 & 0 \\ 0 & 0 & 6.018 \end{pmatrix}.$$

Данную задачу (1), (2), (3) можно также представить уравнениями Навье:

$$\mu \Delta u_{i,jj} + (\lambda + \mu) u_{j,ji} = 0, x_i \in V. \tag{11}$$

Граничные условия для этих уравнений можно записать в трех видах:

- Заданы перемещения на поверхности S , которые определяются функцией (10).
- Заданы внешние силы на поверхности S , определяемые выражением (8).
- Заданы на гранях перемещения, определяемые выражением (10),

в которую поочередно надо подставить следующие значения координат $x_1 = -0.05, x_1 = 0.05, x_2 = -0.05, x_2 = 0.05$, а на остальной поверхности

$$\sigma_{ij}(x_1, x_2, 0) = -\delta_{i2} c x_3, \sigma_{ij}(x_1, x_2, 0.1) = \delta_{i2} c x_3. \tag{13}$$

2. Моделирование напряженно-деформированного состояния многослойных резинометаллических опор (РМО)

По описанному алгоритму вычислялись параметры напряженно-деформированного состояния резинового слоя в составе многослойных резинометаллических опор. РМО №3 – два слоя резинового тела и три металлические пластины, РМО №4 – три слоя резинового тела и четыре металлических пластин, РМО №5 – четыре слоя резинового тела и пять металлических пластин. Высота всех РМО равнялась 0.1 м, а их диаметр – 0.105 м.

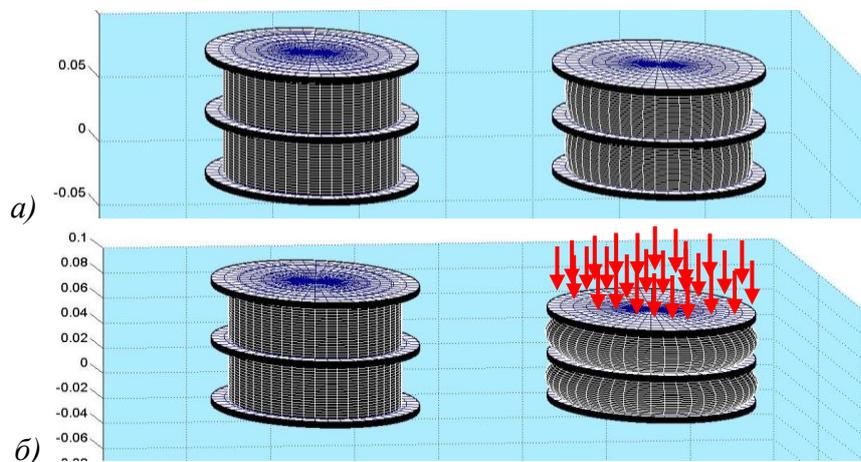
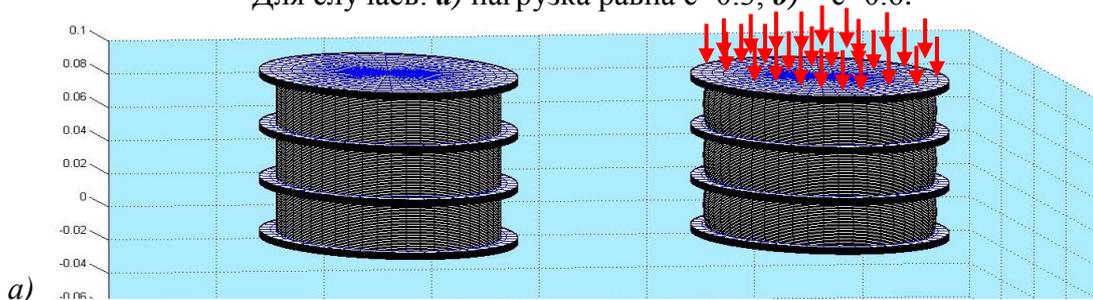


Рис. 4. Сжатие РМО №3 под действием равномерно распределенной нагрузки. Для случаев: а) нагрузка равна $c=0.3$, б) – $c=0.6$.



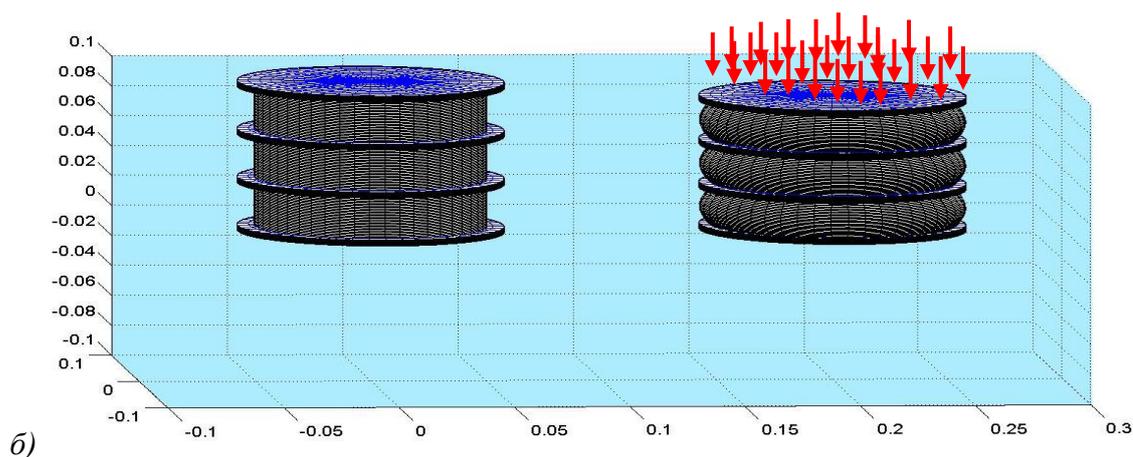


Рис. 5. Сжатие РМО №4 под действием равномерно распределенной нагрузки. Для случаев: *а)* нагрузка равна $c=0.3$, *б)* – $c=0.6$.

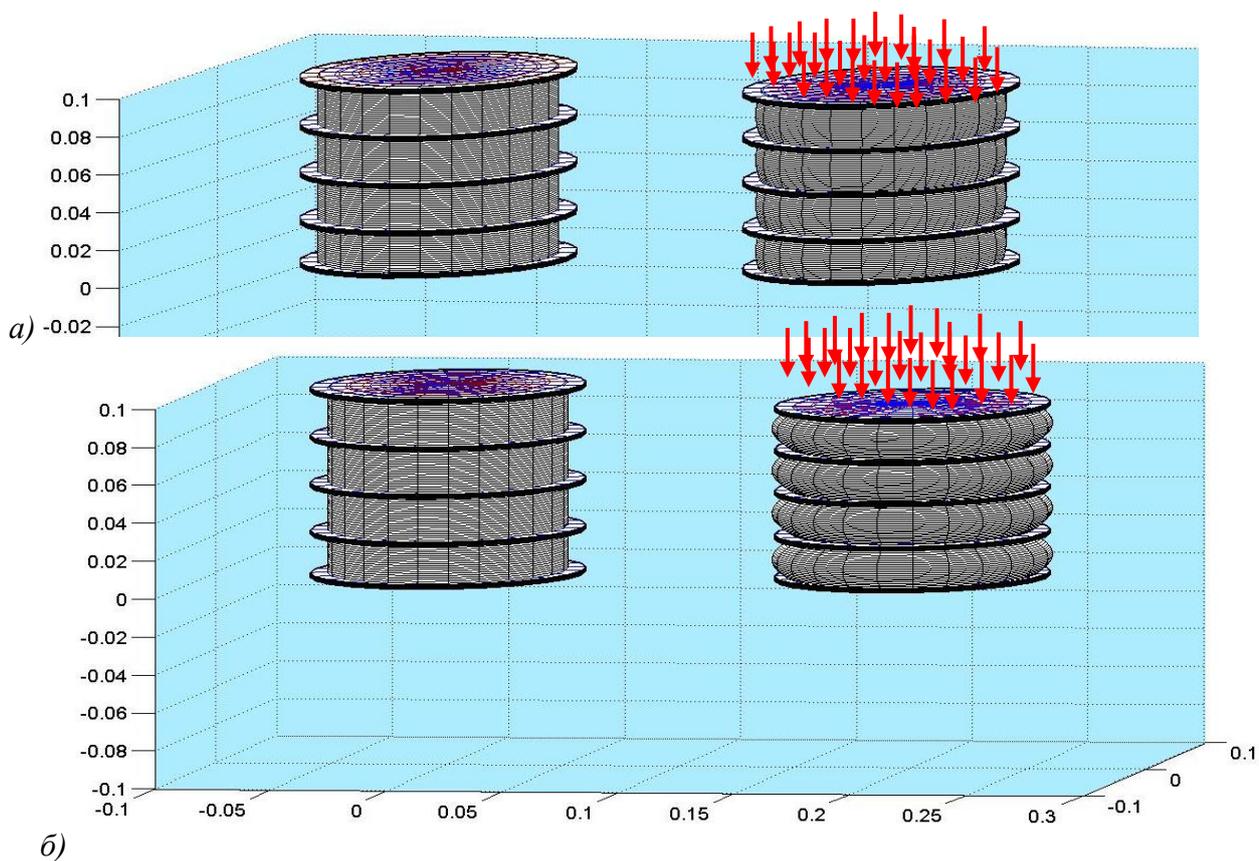


Рис. 6. Сжатие РМО №5 под действием равномерно распределенной нагрузки. Для случаев: *а)* нагрузка равна $c=0.3$, *б)* – $c=0.6$.

Заключение. В работе приводятся результаты применения математической модели на основе аналитического метода, которая позволяет описывать деформированное и напряженное состояния резинOMETаллических элементов при воздействии сжимающих усилий. Это направление относится к актуальным проблемам механики и тесно связано с решением разнообразных инженерно-технических задач. Модель определяет напряженное состояние РМО и может успешно применяться при расчете малых, конечных и больших деформаций резинOMETаллических опор. Предлагаемая математическая модель развивается

применительно к резиноподобным материалам, аналитический метод решения статических краевых задач теории упругости, предложенный Т.Б.Дуйшеналиевым, является весьма удобной при использовании современных компьютерных программ [1,4,13]. Новые результаты получены на основе применения фундаментальных положений и законов механики сплошных сред.

Список литературных источников

1. **Аскарбеков, Р.Н.** Моделирование напряженно-деформированного состояния вибро- и сейсмоизолирующих резинометаллических элементов [Текст] дис. ... канд. физ.-мат. наук / Р.Н. Аскарбеков. Бишкек, 2016. – 126 с.
2. **Васидзу, К.** Вариационные методы в теории упругости и пластичности [Текст]: пер. с англ. / К. Васидзу. – М.: Мир, 1987. – 542 с.
3. **Васильев, В.В.** К задаче теории упругости, сформулированной в напряжениях [Текст] / В.В. Васильев, Л.В. Федоров // Изв. РАН. Механика твердого тела. – 1996. – № 2. – С. 82-92.
4. **Дуйшеналиев, Т.Б.** Неклассические решения механики деформируемого тела. – Москва: Издательство МЭИ, 2017. – 400 с.
5. **Ле Тхи Тху Хуэн.** Исследование сейсмоизолируемого здания с применением заменяемых резинометаллических сейсмоизоляторов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Ле Тхи Тху Хуэн. – Москва, 2010. – 135с.
6. **Мондрус, В.Л.** Проблема определения собственных частот резинометаллического виброизоляторов современных программных комплексах, реализующих метод конечного элемента [Текст] / В.Л. Мондрус, Д.К. Сизов // Сборник докладов Междунар. науч.-техн. конф. проф.-препод. состава. – М., 2008. – С. 58-62.
7. **Новацкий, В.** Теория упругости [Текст] / В. Новацкий. – М.: Мир, 1975. – 872с.
8. **Ормонбеков, Т.О.** Применение тонкослойных резинометаллических опор для сейсмозащиты зданий в условиях территории Кыргызской Республики [Текст] / Т.О. Ормонбеков, У.Т. Бегалиев, А.В. Дерев и др. – Бишкек: Учкун, 2005. – 212 с.
9. **Ормонбеков, Т.О.** Применение тонкослойных резинометаллических элементов (ТРМЭ) в сейсмозащите зданий, сооружений и инженерного оборудования [Текст] / Т.О. Ормонбеков. – Бишкек: Илим, 1996. – 25 с.
10. **Потураев, В.Н.** Резиновые и резинометаллические детали машин [Текст] / В.Н. Потураев. – М.: Машиностроение, 1966. – 298 с.
11. **Сергаева, М.Ю.** Обоснование работоспособности резинометаллических виброизоляторов систем виброзащиты авиационного оборудования [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / М.Ю.Сергаева. – Омск, 2005. – 163 с.
12. **Сизов, Д.К.** Статика и динамика резинометаллического виброизолятора [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Д.К. Сизов. – Москва, 2008. – 149 с.
13. **Duishenaliev T.B.** Calculation of deformation of rubber layer in rubber metal elements [Text] / T.B. Duishenaliev, R.N. Askarbekov // Proceedings of 15th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. – Jelgava, Latvia, 2016. – 25-27.05. – P. 1402-1410.
14. **Gent, A.N.** Load-deflection relations and surface strain distributions for flat rubber pads [Text] / A.N. Gent // Rubber Chem. Techn. – 1958. – Vol. 31, № 2. – P. 395-414.
15. **Kikuchi, F.** A new variational functional for the finite element method and its application to plate and shell problems [Text] / F. Kikuchi, Y. Ando // Nuclear Engin. and Design. – 1972. – No. 21. – P. 95-113.

ГРАДИЕНТЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В КООРДИНАТАХ ЛАГРАНЖА И ЭЙЛЕРА

Дуйшеналиев Т.Б., д.ф.-м.н., проф., КГТУ им. И.Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: duishenaliev@mail.ru

Дуйшембиев А.С., аспирант КГТУ им. И.Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: ads.t87@mail.ru

Аннотация. В преобразованиях пространства деформации определяются элементами и материального, и пространственного градиентов перемещения. Оба подхода считаются равноценными, хотя они не приводят к одинаковым результатам. Между тем, деформации не должны зависеть от способа их определения.

Ключевые слова: градиент перемещения, деформация, напряжение, упругость.

GRADIENTS OF DISPLACEMENT IN LAGRANGE AND EULER COORDINATES

T.B. Duishenaliev professor of Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, Bishkek city, st. Ch.Aitmatov 66, e-mail: duishenaliev@mail.ru

A.S. Duyshembiev, Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, Bishkek city, st. Ch.Aitmatov 66, e-mail: ads.t87@mail.ru

Abstract. In transformations, the deformation spaces are determined by the elements of both the material and the spatial gradients displacement. Both approaches are considered to be equivalent, although they do not lead to the same results. Meanwhile, deformations should not depend on the way they are determined.

Key words: gradient of displacement, deformation, stress, elasticity.

Пусть область V образована векторами

$$u_i(x_1, x_2, x_3), x_i \in V, \quad (1)$$

где x_i - координаты конечных точек векторов. Координаты начальных точек этих векторов обозначим через X_i . Эти координаты определяются в виде

$$X_i = x_i - u_i(x_1, x_2, x_3), x_i \in V. \quad (2)$$

Область, образуемую точками X_i , обозначим как V_0 .

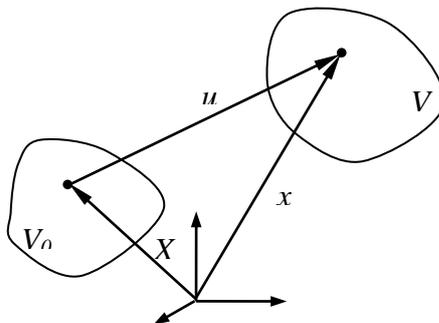


Рис.1. Преобразование области V_0 в область V .

Если области V_0 и V рассматривать как два состояния деформируемого тела (начальное V_0 , конечное V), то деформации, определяемые полем векторов u_i , принадлежат только и только конечной области V . Есть ли деформации в теле в состоянии V_0 или нет, это то, что не может быть определено перемещениями (1). Это чрезвычайно важное обстоятельство.

Напишем преобразование (2) в дифференциалах

$$dX = (\delta - e) dx, \quad (3)$$

где δ - тензор Кронекера, e - градиент перемещений в координатах Эйлера, элементы которого определяются как

$$e_{ij} = \frac{\partial u_i}{\partial x_j}, \quad x_i \in V. \quad (4)$$

Если векторы (1) заданы, то градиент перемещений определяем в любой точке области V . Вектор относительного перемещения

$$du_i = \varepsilon dx_i + (\varepsilon_{ij} - \delta_{ij} \varepsilon) dx_j + \omega_{ij} dx_j, \quad (5)$$

$$\text{где } \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(e_{ij} + e_{ji}), \quad \omega_{ij} = \frac{1}{2}(e_{ij} - e_{ji}), \quad \varepsilon = \varepsilon_{ij} n_i n_j, \quad n_i = \frac{dx_i}{|dx|}.$$

В выражении (5) вектор относительного перемещения представлен в виде суммы трех векторов, характеризующих удлинение в направлении вектора dx_i , сдвиг и поворот на плоскости, перпендикулярной вектору dx_i .

Пусть в преобразовании (2) вектор u_i определен в координатах X_i

$$x_i = X_i + u_i(X_1, X_2, X_3), \quad X_i \in V_0 \quad (6)$$

Здесь имеет место представление

$$dx = (\delta + \zeta) dX, \quad (7)$$

где ζ - градиент перемещений в координатах X_i , элементы которого определяются как

$$\zeta_{ij} = \frac{\partial u_i}{\partial X_j}, \quad X_i \in V_0. \quad (8)$$

Что описывается градиентом ζ ? Деформированное состояние тела в области V_0 или в области V ? Скорее всего, ни то и ни другое, ибо

- тело в области V_0 находится в том состоянии, в котором оно еще не перенесено векторами $u_i(X_1, X_2, X_3)$ в область V . Это состояние, несомненно, не зависит от того, будет ли оно перенесено в область V или не будет. Отсюда следует, что сами функции

$u_i(X_1, X_2, X_3)$ и их частные производные не имеют никакого отношения к состоянию тела в V_0 ;

- векторы u_i создают деформации в области V , координаты x_i которой определяются выражением (7). Эти деформации не определяемы элементами (8) градиента ζ , вычисленными в точках области V_0 . Они должны определяться элементами градиента e .

Вектор относительного перемещения в градиентах e, ζ выражается

$$du = e \cdot dx \quad (9)$$

$$du = \zeta \cdot dX \quad (10)$$

Используя выражения (3), (7), (9), (10) находим

$$\zeta = e \cdot (\delta - e)^{-1} \quad (11)$$

$$e = \zeta \cdot (\delta + \zeta)^{-1} \quad (12)$$

Эти соотношения получены профессором Дуйшеналиевым Т.Б. в [1]. Если преобразование дано в виде (6), то выражение функций перемещений в координатах конечного состояния трудоемко, зачастую, можно сказать, не осуществимо. В таком положении вещей неопределима роль уравнения (11), которое дает для любой точки области V локальное представление:

$$du = \zeta \cdot (\delta + \zeta)^{-1} \cdot dx. \quad (13)$$

Далее из этого уравнения определяются величины компонент тензоров Коши, поворота и Альманси:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} ((\zeta \cdot (\delta + \zeta)^{-1})_{ij} + (\zeta \cdot (\delta + \zeta)^{-1})_{ji}), \quad (14)$$

$$\omega_{ij} = \frac{1}{2} ((\zeta \cdot (\delta + \zeta)^{-1})_{ij} - (\zeta \cdot (\delta + \zeta)^{-1})_{ji}), \quad (15)$$

$$a_{ij} = \varepsilon_{ij} - \frac{1}{2} ((\zeta \cdot (\delta + \zeta)^{-1})_{ki} \cdot (\zeta \cdot (\delta + \zeta)^{-1})_{kj}). \quad (16)$$

Рассмотрим пример. Пусть преобразование дано в координатах X_i

$$x = \begin{pmatrix} r \\ \arccos \frac{r - X_3}{r} \\ \arctg \frac{X_3}{X_1} \end{pmatrix}. \quad (17)$$

Отсюда нетрудно определить векторы перемещения

$$u = \begin{pmatrix} r - X_1 \\ \arccos \frac{-X_3}{r} - X_2 \\ \arctg \frac{X_3}{X_1} - X_3 \end{pmatrix}, \quad (18)$$

где $r = -(X_1^2 + X_2^2 + X_3^2)^{0.5}$.

Компоненты градиента перемещений (17), определяемые в виде (8), как сказано выше, не описывают деформированные состояния ни в области V_0 , и ни области V . Тензоры Коши, поворота и Альманси должны определяться так, как указано в выражениях (14), (15), (16). В области однозначности преобразования (17) вычислим эти тензоры по выражениям (14)-(16) в какой-либо точке, например, в точке с координатами

$$x_1 = -31, x_2 = 2.5, x_3 = 1.8 : \quad (19)$$

$$\varepsilon = \begin{pmatrix} -0.864 & -0.288 & 0.374 \\ -0.288 & -1.025 & -0.016 \\ 0.374 & -0.016 & -1 \end{pmatrix}, \omega = \begin{pmatrix} 0 & -0.294 & 0.427 \\ 0.294 & 0 & -3.53 \cdot 10^{-3} \\ -0.427 & 3.53 \cdot 10^{-3} & 0 \end{pmatrix}, l = \begin{pmatrix} -0.489 & -0.039 & 0.054 \\ -0.039 & -0.33 & -0.233 \\ 0.054 & -0.233 & -0.179 \end{pmatrix} \quad (20)$$

Для проверки состоятельности этих определений воспользуемся обращением преобразования (6). Это обращение приводит к функциям перемещений

$$u = \begin{pmatrix} x_1 \sin x_2 \cos x_3 + x_1 \\ x_1 \sin x_2 \sin x_3 + x_2 \\ x_1 \cos x_2 + x_{31} \end{pmatrix}. \quad (21)$$

Определим градиент перемещений e_{ij} по уравнениям (4), а далее, используя компоненты этого градиента, нетрудно вычислить вышеуказанные тензоры:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(e_{ij} + e_{ji}), \quad \omega_{ij} = \frac{1}{2}(e_{ij} - e_{ji}), \quad l_{ij} = \varepsilon_{ij} - \frac{1}{2}e_{ki}e_{kj}.$$

Эти вычисления приводят к тем же величинам, что указаны в (20).

Литература

1. Аннин Б.Д., Бытев В.О., Сенатов С.И. Групповые свойства уравнений упругости и пластичности. – Новосибирск: Наука, 1985. - 143 с.
2. Демидов С.П. Теория упругости. – М.: Высшая школа, 1979. – 432 с.
3. Дуйшеналиев Т.Б. Неклассические решения механики деформируемого тела. – Москва: Издательство МЭИ, 2018. – 400 с.
4. Жакыпбеков А.Б., Дуйшеналиев Т.Б. Новое воззрение на некоторые основы механики деформируемого тела. – Бишкек, 1999. -238 с.
5. П. Бриджмен. Исследование больших пластических деформаций и разрыва – М.: Издательство иностранной литературы, 1955. – 444 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ НА БАЗЕ УСТАНОВКИ АПР-404

Жумалиев Жекшенбай Муратбекович к.т.н., доцент КГТУ им. И.Раззакова (+996) 54-51-58 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматов 66, e-mail: Zhumaliev.Zhekshen@gmail.com

Сопоев Мурадил Кадыралиевич ст. преп. КГТУ им. И.Раззакова (+996) 54-51-58. 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматов 66, e-mail: mussoma@rambler.ru

Осмонов Талгат Маратович магистр КГТУ им. И. Раззакова, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматов 66, e-mail: osmonov.t93@mail.ru

Аннотация

В данной статье приводятся результаты научно-исследовательской работы, магистерской диссертации, полученные на кафедре "Технология машиностроения" на базе установки АПР-404. При этом рассматриваются результаты исследования плазменной резки стали ст.3 больших толщин, а также нержавеющей стали X18H10T и алюминиевых сплавов с применением плазменной установки АПР-404.

Кроме этого приводится информация о создании научно-методического стенда для проведения исследовательских работ на базе установки АПР-404.

Ключевые слова: Плазматрон, сопло, плазменная дуга, электрод, инертные газы, активные газы.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF PLASMA CUTTING OF METALS ON THE BASIS OF PLANT APR-404

Jumaliev Jekshenbai Muratbekovich k.t.si., dozent KSTU im.I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044 Bishkek, Ch. Aitmatov 66, phone (+996) 54-51-58, e-mail: Zhumaliev.Zhekshen@gmail.com

Sopoev Muradil Kadyralievich, Senior Lecturer, KSTU im.I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044 Bishkek, Ch.Aitmatov 66, phone (+ 996) 54-51-58, e-mail:mussoma@rambler.ru

Osmonov Talgat Maratovich master KSTU im.I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044 Bishkek, Ch.Aitmatov 66, e-mail:osmonov.t93@mail.ru

Annotation

This article presents the results of research work, master's thesis, obtained at the Department of "engineering Technology" on the basis of the installation of APR-404. This is considered the investigation of plasma-cut steel 18CR10NITI and aluminum alloys using plasma installation APR-404.

In addition, a scientific and methodical stand for research works on the basis of the APR-404 installation was created.

Key words: Plasma torch, nozzle, plasma arc, electrode, inert gases, active gases.

В настоящее время в машиностроительном промышленности наряду с другими методами разделительной резки применение плазменной резки металлов является актуальной.

Целью настоящей работы является исследования и разработка технологического процесса плазменной резки металлов на базе установка АПР-404. Для достижения вышеуказанной цели были поставлены следующие задачи:

1. разработка технологии плазменной резки с использованием плазмотрона ПВР - 402 на базе установки АПР - 404.
2. исследования зависимости толщины разрезаемого металла от скорости резки;
3. исследования зависимости толщины разрезаемого металла от напряжения и силы тока;
4. исследования качества поверхности реза при различных режимах резки.

Для решения поставленной задачи нами были проведены обзор и анализ существующих плазмотронов и технологий, а также теоретические и экспериментальные работы по исследованию скорости резки черных и цветных металлов зависимости от технологических параметров плазменной резки на базе установки АПР-404 имеющегося на кафедре «Технология машиностроения».

Плазменная резка металлов и сплавов, благодаря высокой производительности и универсальности, получает все более широкое распространение в различных отраслях производства. Плазменная резка различается по роду применяемых газов. В качестве плазмообразующих газов используются аргон, гелий, азот, водород, воздух, углекислый газ, углеводороды, кислород, гексафторид (SF_6), пары воды, аммиак и смеси вышеперечисленных газов. Применение молекулярных газов, по сравнению применения одноатомных инертных газов, повышает эффективность плазменной обработки. Однако при применении активных молекулярных газов снижается стойкость электродов плазмотронов.

Проведенный анализ литературы [1, 2, 3,...7] показал, что для плазменной резки наиболее эффективным плазмообразующим газом является воздух. Воздух отличается малой стоимостью и недефицитностью, не требует специального баллоного хозяйства, имеет большое теплосодержание и высокий потенциал ионизации. Кроме этого, наличие кислорода в воздухе позволяет интенсифицировать процесс резки окисляющихся металлов за счет химических реакций окисления.

Плазменная резка по методу ведения процесса подразделяется на ручную, полуавтоматическую и автоматическую. Соответственно от метода ведения процесса зависит оборудование и технология. Например, по ГОСТу 12.2.007.8-75 установлены напряжения холостого хода источников питания (U_{xx}) в зависимости от метода ведения процесса: для ручной плазменной резки $U_{xx} = 180$ В; для полуавтоматической плазменной резки $U_{xx} = 300$ В; для автоматической резки U_{xx} - до 500 В

Таким образом, данная работа посвящена исследованию технологического процесса плазменной резки металлов на базе установка АПР-404.

Экспериментальное исследование технологического процесса плазменной резки на базе установки АПР-404

Для создания лабораторной работы по плазменной резке металлов, а также для проведение исследовательской работы по выбору технологических параметров режимов резки различных металлов мы на базе установки для плазменной резки металлов АПР-404 имеющиеся на кафедре технология машиностроения проводили исследовательские работы по выбору режима резки различных металлов. Плазмотрон ПВР-402 установили на самоходную тележку от сварочной установки АДС-1000 для сварки под слоем флюса.

Ниже приведены фотоотчет о проделанных нами ремонтно-восстановительных работах, а также результаты запуска и выбора необходимых технологических параметров процесса плазменной резки металлов.

Ремонтно-восстановительные работы установки АПР-404



Восстановление и ремонт силовых кабелей установки



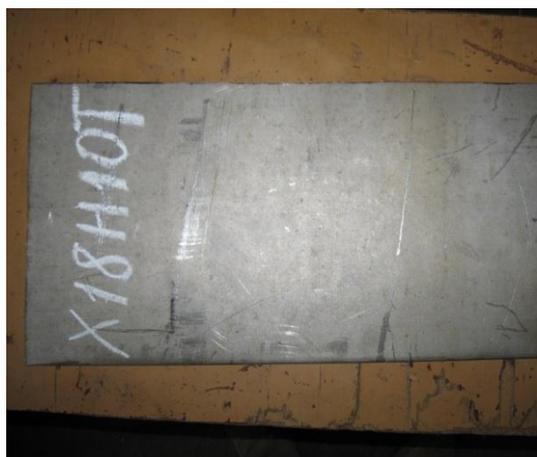
Ремонт систему перемещения и подъема плазмотрона



Восстановление и настройка систем подачи воздуха и охлаждающей воды



Экспериментальные работы по выбору технологических параметров плазменной резки



Заготовка для резки из нержавеющей сталей



Настройка расстояние плазмотрон-металл



Настройка режима резания



Процесс плазменной резки металла



Выбор скорости резания в зависимости от толщины металла



Резка стали толщиной 40 мм

Для того чтобы осуществить плазменную разделительную резку металла, необходимо расплавить определенный объем материала вдоль предполагаемой линии реза и удалить его из полости реза скоростным потоком плазмы

Расплавленный металл, образующийся на лобовой поверхности реза, удаляется скоростным потоком плазмы сжатой дуги. Скорость потока плазмы возрастает с увеличением расхода плазмообразующего газа и тока дуги и быстро уменьшается с увеличением диаметра сопла. Она может достигать примерно 800 м/с при токе 250 А.

Скорость течения расплава зависит от скорости потока плазмы на границе раздела фаз, т.е. на границе жидкий металл - поток плазмы. Так, при резке металла толщиной 5-20 мм со скоростью 0,75-6 м/мин и ширине реза 3-6 мм, скорость течения расплавленного металла 20-40 м/с.

Задача плазменной разделительной резки - вырезка контуров с перпендикулярными кромками в соответствии с заданными размерами.

Предполагается, что поверхности резов должны быть ровными и гладкими, а качество металла у кромок равноценно качеству основного металла. Однако из-за несовершенства процессов резки не всегда удается выполнить указанные требования.

Наиболее характерными отклонениями от этих требований являются неплоскостность и неперпендикулярность поверхностей реза из-за непостоянства сечения плазменно-дугового реза по высоте это вызвано тем, что различные участки режущей дуги вводят в разрезаемый металл неодинаковое количество теплоты, а, следовательно, на различной глубине реза расплавляется неодинаковое количество металла.

В верхней части реза, в которой металл может расплавляться за счет излучения столба разряда, теплопередача равномерна и рез имеет параллельные кромки. Тепловую энергию в нижнюю часть реза может вводить факел дуги. Температура плазмы в факеле и интенсивность теплопередачи постепенно уменьшаются по высоте нижней части реза, поэтому его кромки на этом участке сходятся книзу. Наиболее интенсивно передает тепловую энергию активное пятно дуги. В зависимости от его расположения по глубине реза или зоны его перемещения, а также от толщины разрезаемого металла рез может получиться уширенным кверху или книзу или бочкообразной формы. Расположение активного пятна дуги в полости реза зависит от параметров дуги, характера ее формирования, скорости резки, толщины и свойств разрезаемого металла. При изменении этих параметров изменяется и форма сечения реза. Так, при уменьшении скорости резки общая ширина реза увеличивается, особенно в нижней его части, поверхности реза становятся почти параллельными друг другу, при очень малых скоростях в нижней части расширяются.

С увеличением силы тока режущей дуга ширина реза увеличивается, особенно в нижней его части, а поверхности реза становятся почти параллельными друг другу. При увеличении расхода газа уменьшаются общая ширина реза и не параллельность его поверхностей. Подъем режущего сопла над металлом сопровождается уширением реза, особенно в верхней его части, и увеличением не параллельности кромок.

Форма сечения реза зависит от толщины разрезаемого металла и от рабочего напряжения режущей дуги. При резке металла небольшой (5-20 мм) толщины, резы имеют, как правило, сходящиеся кромки. Если резать металл такой толщины жесткой режущей дугой (рабочее напряжение 140-150 В и более), то формы поверхностей реза близки к плоским формам и их не параллельность незначительна. Форма кромок резов, выполненных мягкой режущей дугой, зависит от скорости резки. При малых скоростях резки могут быть получены кромки, близкие к вертикальным, однако с увеличением скорости сечение реза получается неправильной формы: вертикальная плоскость верхней части исчезает или становится вогнутой, а затем выпуклой в сторону реза.

При резке металла большой (40-50 мм и более) толщины, наряду со сходящимся книзу сечением реза наблюдается уширение в средней его части (бочкообразный рез). Однако и в этом случае режущая дуга с высоким рабочим напряжением обеспечивает получение резов с поверхностями более плоскими и параллельными, чем при резке мягкой дугой.

При плазменной разделительной резке, кроме отклонений от заданных размеров и форм кромок вырезаемых деталей происходят видимые и невидимые изменения качества поверхностей реза. После резки кромки могут быть гладкими и шероховатыми, матовыми и блестящими, темными и светлыми. У нижних кромок реза часто образуются наплывы в виде небольшого валика вдоль нижних кромок реза, цепочки застывших натеков в виде капель металла («бороды»), приварившегося к кромкам грата (многочисленные нитеобразные натеки различной длины).

В процессе резки у кромки реза возникает зона термического влияния из двух участков: литого, состоящего из не удаленного с твердых поверхностей расплава металла, который образовался при резке, и с измененной структурой, в котором металл не расплавился, но в результате быстрого нагрева и охлаждения в нем произошли рост или уменьшение зерен и другие структурные превращения.

Плазменная резка металла имеет преимущества перед другими способами резки (кислородная, лазерная резка и резка водой с абразивом):

Преимущества перед кислородной резкой: более высокая скорость, минимальные деформации материала в результате термического воздействия.

Преимущества перед лазерной резкой: более низкая стоимость, равная или более высокая скорость резки, достаточно высокие качественные показатели.

Преимущества перед водоструйной резкой с абразивом: более высокая скорость, более низкая стоимость, низкий уровень загрязнения окружающей среды.

Как показали исследования, геометрия разрядной камеры и параметров режима работы режущего плазматрона оказывает существенное влияние на газодинамические и электрические параметры режущей дуги, и в конечном счете, на основные технические характеристики, определяющие эффективность процесса резки: скорость резки, глубина прорезания, ширина полости реза и качество поверхности реза.

Для определения основных зависимостей технологических параметров от параметров режущего плазматрона, марки и толщины разрезаемого металла были проведены необходимые исследования. Исследования процесса резки проводилась для листов из стали СТЗ, нержавеющей стали марки Х18Н10Т и алюминия марки "А" в диапазоне разрезаемых толщин $(10-90) \cdot 10^{-3}$ м. Режущий плазматрон перемещался устройством обеспечивающим изменение скорости в диапазоне 0,05 - 10 м/мин. Выполнялась резка прямоугольных заготовок. Ошибка в заданном диапазоне изменения скоростей по результатам тарировки не превышала $\pm 0,5\%$. Исследовалась влияние скорость резки марки и толщины металла, а также тока дуги, расхода воздуха и диаметра сопла.

Для исследования прорезающей способности плазмотронов использовалась методика разработчика, разработанная К.В. Васильевым согласно которой осуществлялось резка клиновых образцов длиной - $400 \cdot 10^{-3}$ м и высотой - $110 \cdot 10^{-3}$ м.

Исследования наибольшей глубины прорезания проводилась применением метода математического планирования эксперимента. Одновременно контролировалась средняя ширина реза, которая определялась как подсумма от значений ширины верхней и нижней кромок. Исследования выполнялись с последующим движением по градиенту. Каждый опыт повторялся три раза, а порядок выполнения опытов соответствовал таблице случайных чисел, во всех опытах применялась постоянная скорость перемещения плазмотронов 0,25 м/мин и расстояние плазматрона до изделия $10 \cdot 10^{-3}$ м.

Качество поверхности реза согласно ГОСТ14792-69 определялось в зависимости от перпендикулярности и шероховатости поверхности реза. При этом перпендикулярность реза определяли стальным угольником по ГОСТ10356-63 (25), а шероховатость поверхности реза. а шероховатость поверхности реза на базовой длине $8 \cdot 10^{-3}$ м по ГОСТ12789-73 в зависимости от толщины разрезаемого металла.

Исследовался также полный тепловой к.п.д. процесса резки для различных значений мощности режущей дуги и толщины металла. Его значение определялось по формуле

$$\eta_p = \frac{P_p}{P_g - \Delta P_{\text{э}} - \Delta P_{\text{ог}}} \quad (1)$$

где, P - мощность, затрачиваемая на расплавление металла в полости реза, кВт; P_g - полная мощность режущей дуги, кВт; $P_{\text{э}}$ - потери мощности в электродной системе плазматрона, кВт; $P_{\text{ог}}$ - потери мощности в открытой части дуги от плазматрона до изделия, кВт.

Мощность, затрачиваемая на расплавление металла в полости реза, определялось из выражения:

$$P_p = g \cdot c(t_{\text{пл}} - t_0) + a \quad (2)$$

где, g - весовая производительность вплавления металла, кг/с, $t_{\text{пл}}$, t_0 - соответственно, температура плавления и начальная температура разрезаемого металла, $^{\circ}\text{C}$; c - удельная теплоемкость металла, Дж/кгс; a - скрытая теплота плавления, Дж/кг.

В уравнения (2) не учтена доля мощности, затрачиваемая на испарения металла. Как показали исследования доля мощности, идущей на испарение уделяемого из полости реза металла не превышает 10 %. Поэтому не учет доли мощности на испарение дает ошибку не более 5 %.

Весовая производительность вплавления металла определялась по формуле:

$$g = \frac{(b_1 + b_2) \cdot \delta \cdot v \cdot \gamma \cdot 10^{-6}}{2} \quad (3)$$

где, b_1 и b_2 - ширина соответственно, в верхней и нижней части реза, м; δ - толщина разрезаемого металла, м; v - скорость резки, м/с; γ - удельный вес металла, кг/м².

Расчетные данные сопоставлялись с экспериментальными, которые определялись взвешиванием заготовки до и после резки. При этом небольшое отклонение не превышало 10% при резке нержавеющей стали марки Х18Н10Т толщиной до $70 \cdot 10^{-3}$ м.

Измерения геометрии полости реза, проводилось штангенциркулем с точностью $0,1 \cdot 10^{-3}$ м, а для взвешивания образцов использовались технические весы с точностью $0,5 \cdot 10^{-3}$ кг.

Выполненные исследования позволили установить ряд зависимостей между технологическими параметрами и параметрами плазмотрона. Зависимости резки от толщины алюминия, нержавеющей стали и стали Ст.3. при разных значениях тока приведены на рис.1, 2 и3. Там же для сравнения представлены кривые 2 и 3, соответствующие режимам резки плазмотронами с циркониевым и гафниевыми катодами.

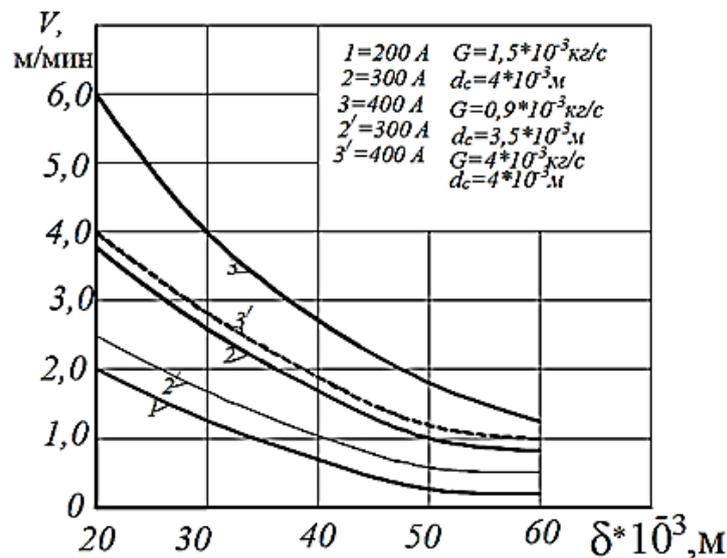


Рисунок 1 – Зависимости скорости резки алюминия от толщины

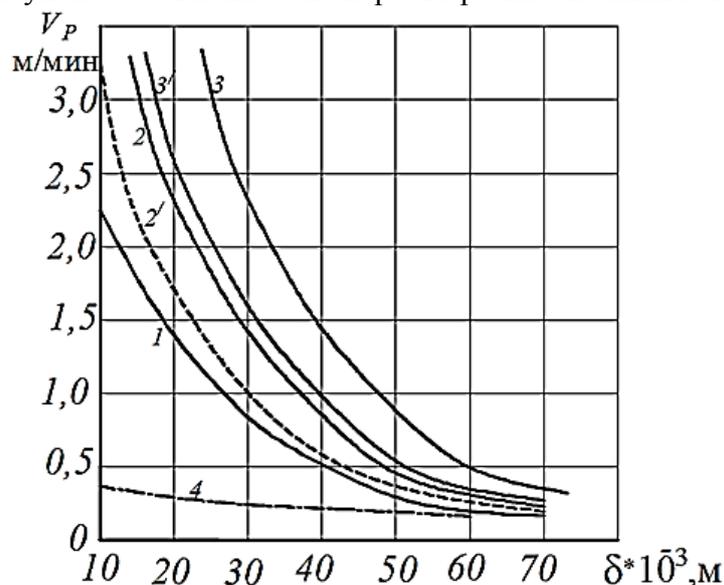


Рисунок 2 – Зависимости скорости от резки толщины нержавеющей стали при разных значениях тока I -I = 200, 2-300, 3-400, $G = 1,5 \cdot 10^{-3}$ кгз/с, $dc = 3 \cdot 10^{-3}$ м, 2-1=300; 3-1=400 А;

Кривые 4 соответствуют режимам резки нержавеющей стали кислородно-флюсовым способом газокислородным способом для стали Ст.3. Как видно из рисунков, одинаковых значениях, тока дуги скорость резки плазматроном с медным электродом превышает скорость резки плазматронами с термохимическими катодами соответственно: по алюминию на 60-85%; по нержавеющей стали на 35-80% и по стали Ст.3 на 50-80%. Повышенные значения скорости резки для плазматрона с медным электродом обуславливаются главным образом большим значением напряжения дуги. Это позволяет увеличить теплосодержание, скорость истечения и в конечном счете динамический напор плазменной режущей дуги. Из графиков видно, что при одинаковых значениях тока дуги и толщины наибольшая скорость наблюдается при резке алюминия (рис.1) и наименьшая при резке нержавеющей стали (рис. 2). Более высокие скорости резки для алюминия обусловлено меньшими значениями температуры плавления и плотности.

Скорость резки углеродистой стали Ст.3 (рис.3) несколько выше скорости резки нержавеющей стали. Это связано с выделением дополнительного количества тепла в полости реза за счет экзотермических реакций окисления кислорода, содержащегося в плазмообразующем воздухе.

Влияние рабочего тока, расхода воздуха, диаметра сопла и скорости резки при различных толщинах нержавеющей стали приведен на рис. 2. наибольшее влияние на скорость резки оказывает ток дуги и несколько меньше - расход воздуха и диаметр канала сопла. Так с увеличением тока дуги от 200 и 400А скорость резки для толщины $50 \cdot 10^{-3}$ м (рис.2, кривая 4) возрастает от 0,2 до 0,8 м/мин.

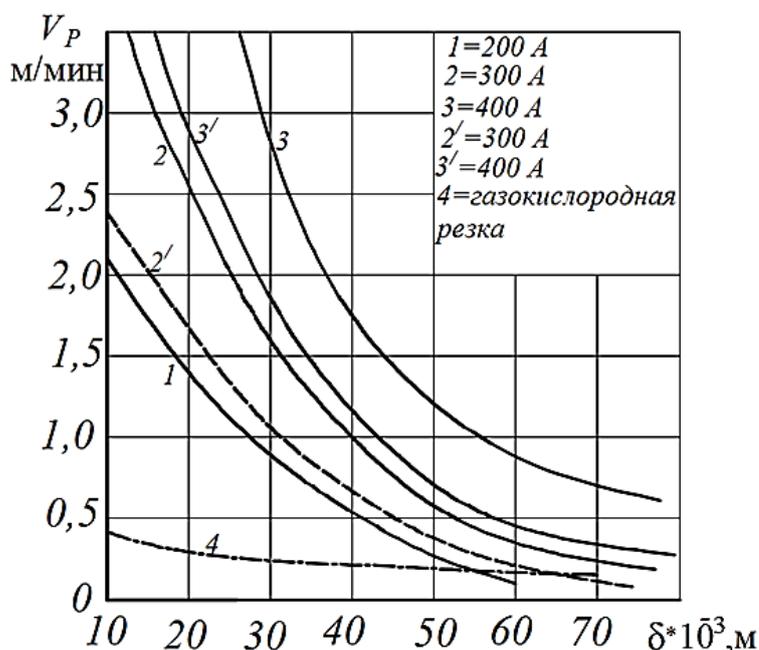


Рисунок 3 – Зависимости скорости резки от толщины низкоуглеродистой стали Ст.3 при разных значениях тока дуги.

Выводы

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования показали, что повышения ресурса работы плазматрона с гафниевой вставкой зависит от частоты включения, а также от интенсификации охлаждения электрода.

Выявлено, что наибольшее влияние на скорость резки оказывает ток дуги. При увеличении тока дуги от 200 до 400А скорость резки нержавеющей стали увеличивается в 2-3 раза.

Установлена взаимосвязь между глубиной прорезания нержавеющей стали, параметрами режима работы плазматрона, его геометрии сопла. Наибольшая прорезающая

способность $90 \cdot 10^{-3}$ м получена при токе дуги 320А, расходе воздуха $1,49 \cdot 10^{-3}$ мкг/с, диаметре сопла $3,8 \cdot 10^{-3}$ м.

Кроме этого установлено, что при резке алюминиевых сплавов необходимо применять ток обратной полярности, так как при этом создается условие для удаления тугоплавкой окисной пленки на поверхности алюминиевых сплавов, которые способствует к снижению мощности плазменной дуги при резке алюминиевых сплавов.

Литература

1. Васильев К.В. Плазменно-дуговая резка – перспективный способ термической резки / К.В. Васильев // – «Сварочное производство». -2002. -№9 стр. 28-32.
2. Заякина С. Б. Двухструйный дуговой плазмотрон в атомно-эмиссионном анализе геологических проб и дисперсных технологических материалов / С. Б. Заякина. Новосибирск, 2009. – 351 с.
3. Иванов Д. В. Исследование высокочастотного индукционного плазмотрона с тремя независимыми потоками газа / Д. В. Иванов. Санкт-Петербург. 2002. – 376 с.
4. Фролов В. В. Теория сварочных процессов / Под ред. В. В. Фролова. – М: «Высшая школа», 1988
5. Железнов Ю. А. Экспериментальный метод пассивной оптической диагностики плазмы / Ю. А. Железнов, В. Ю. Хомич. // Прикладная физика. 2011. № 3. С. 60-66.
6. Paul Eddie. Plasma Cutting Handbook/Paul Eddie. PenguinGroup USA.22/05/2013. P.144
7. Высокоэнергетические процессы обработки материалов / О.П. Солоненко, А.П.Алхимов, В.В.Марусин и др.. - Новосибирск: Наука, 2000. - 425 с.

УДК 658.511.4:621.9

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Киприянов Кирилл Васильевич, ассистент, Университет ИТМО, Россия, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр.,49, e-mail: 142739@niuitmo.ru

Падун Борис Степанович, к.т.н., доцент, Университет ИТМО, Россия, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр.,49, e-mail: bsp.tps.ifmo@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается методика построения автоматизированной производственной системы изготовления высокоточных оптических изделий с применением современного оборудования на основе анализа и унификации конструкции и технологии изготовления изделия. Работа, адаптация и мобильность поведения автоматизированной производственной системы поддерживается программными системами управления технологическим оборудованием, проектирования технологических процессов изготовления деталей и сборки изделия, анализа незавершенного производства, коррекции управляющих программ изготовления деталей, складского учета. Между компонентами автоматизированной производственной системы организованы материальные и информационные связи, позволяющие рассматривать производственную систему как киберфизическую систему, а компоненты – как агенты, которые общаются между собой по правилам технологии общения интернет-вещей. Описана организация программной среды, поддерживающей функционирование автоматизированной производственной системы в нормальном, переходном и аварийном состоянии при интеграции процессов сборки изделия, механической обработки заготовок и подразделениями управления качеством. Проектирование программных и информационных систем осуществлялось так, чтобы в условиях отсутствия полных знаний о действиях по изготовлению деталей и сборке изделия

обеспечивать качественное функционирование производства. Поэтому взаимодействие компонентов автоматизированного производства реализуется на высоких уровнях управления как взаимодействие «сильных» интеллектуальных агентов, а на нижних уровнях управления – как взаимодействие «слабых» интеллектуальных агентов.

Ключевые слова: прогнозирование, алгоритм, фильтрация, технически сложные объекты.

INDUSTRIAL CYBER PHYSICAL SYSTEM FOR OPTICAL DEVICE MANUFACTURING

Kipriianov Kirill, assistant, ITMO University, Russia, 197101, Saint Petersburg, Kronverksky pr.,49, e-mail: 142739@niuitmo.ru

Padun Boris, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, ITMO University, Russia, 197101, Saint Petersburg, Kronverksky pr.,49, e-mail: bsp.tps.ifmo@mail.ru

Abstract. Article tells about technic of creating automated production system for manufacturing of precision optical devices. It uses modern equipment and based on analyses and unification of constructions and processes of device manufacturing. Work, adaptation and mobility of the automated production system are supported by software systems that control equipment, design manufacturing and assembling processes, analyze unfinished assemblies, perform corrections on plc-programs and manages storage. Components of automated production system have physical and information connections that makes this system - cyber-physical system. Parts of this system can be called agents that works by rules of internet of things. Article describes scenarios how to maintain functioning of the production system in stable, unstable and emergency states with integration of manufacturing, assembling processes and quality managing. Software components and information links designed to be able perform their goals in uncertainty conditions with required quality. Different types of component interactions achieve it. On high-control level, they interact as strong intelligent agents, but on low-control level, they interact as weak intelligent agents.

Keywords: forecasting, algorithm, filtering, technically difficult objects.

Актуальность. В оптической промышленности сложилась ситуация, когда функциональная точность прибора на порядок превышает возможности обрабатывающего оборудования отдельных деталей. Проблема состоит в том, что для достижения заданного качества изображения надо обеспечить точное взаимное расположение оптических осей разных оптических деталей и обеспечить рассчитанные воздушные промежутки между оптическими элементами. Для решения этой проблемы конструкторы вводят специальные компенсаторы, а технологи применяют специальное оборудование, которое предполагает обработку уже собранных узлов. Первое приводит к снижению производительности и увеличению себестоимости изготовления оптических изделий, второе – к потере качества изделия или к увеличению незавершенного производства, т. е. к увеличению себестоимости.

Решить проблему можно внедрением информационных технологий в процесс изготовления оптических изделий или созданием принципиально новой технологии изготовления оптических изделий, либо и тем и другим одновременно. Предлагаемый вариант должен позволять добиться требуемого качества изделий при наименьшей себестоимости и высокой производительности при выпуске изделий небольшими партиями и тиражироваться на различные изделия и производственные условия. Ниже будет рассматриваться первый вариант решения проблемы.

Сборка микрообъективов. Первоначально была поставлена задача: исследовать

сборку микрообъективов (МО) и построить прототип будущей автоматизированной линии сборки (АЛС) МО [1 - 3].

Первый шаг – проектирование технологической системы АЛС МО. Опираясь на основы организации группового производства [4], работы проводились по следующей схеме [5].

1) анализ и унификация конструкций МО. Была создана модель универсального (базового) МО, который можно адаптировать к любому варианту его исполнения путем незначительного изменения комплектующих его деталей и узлов, а также разработан ряд деталей и узлов, входящие в унифицированный ряд МО;

2) анализ и унификация технологических процессов сборки МО. Были разработаны типовые технологические процессы и типовые компоненты типовых технологических процессов;

3) проектирование станций АЛС. На основе типовых компонентов технологических процессов были определены состав и назначение станций, выбраны или разработаны оборудование и технологическая оснастка, разработаны системы управления станциями.

Станции проектировались так, чтобы можно было провести подналадку этих станций для выпуска любого объектива из сформированного ранее ряда.

Второй шаг – обеспечение качества изображения МО. Для обеспечения качества изображения необходимо выдержать воздушные промежутки между оптическими деталями. Это достигается согласованием размеров сборочных единиц (например, «линза в оправе»), деталей (например, втулками) и, в случае необходимости, компенсаторами (например, прокладными кольцами). Подбор комплектующих для конкретного собираемого МО обеспечивается:

1) двумя дополнительными станциями измерений: станцией измерения оптических деталей и станцией измерения неоптических деталей и узлов «линза в оправе»;

2) разработкой системы автоматизированного проектирования виртуальной сборки МО, с помощью которой подбираются детали для сборки конкретного МО;

3) введением в АЛС стационарного склада (промежуточного накопителя), в котором накапливаются измеренные и скомплектованные оптические и неоптические детали и узлы.

Система автоматизированного проектирования виртуальной сборки МО пользуется данными, которые хранятся в базе данных. Все станции АЛС выполняют стохастические процессы.

Третий шаг – организация материальной связи между станциями. Для обеспечения материальной связи в АЛС вводятся:

1) система автоматизированного проектирования технологических процессов сборки конкретных МО на АЛС. Технологические процессы формируются из типовых компонентов;

2) система моделирования одновременно выполняемых на АЛС технологических процессов. Эта система должна согласовывать по времени выполнения технологические процессы сборки конкретных МО, которые выполняются одновременно на технологическом оборудовании. Каждому типовому компоненту технологического процесса поставлен в соответствие типовой компонент модели. Следовательно, конкретная модель технологического процесса сборки МО формируются из типовых компонентов моделей [6]. Моделирование позволяет избежать тупиковых ситуаций;

3) транспортные линии и робот-штабелёр, которые соединяют станции материальными потоками;

4) автоматизированная система управления технологической системой (АСУ ТС) АЛС МО;

Все данные, необходимые для функционирования система автоматизированного проектирования и моделирования и АСУ ТС организуются в единый в банке данных АЛС МО.

Четвертый шаг – проектирование программного обеспечения станций. Для функционирования технологической системы станции АЛС разрабатываются:

- 1) диспетчеры, обеспечивающие управление программным обеспечением станции;
- 2) программные компоненты приёма и анализа сообщений, поступающих на станцию;
- 3) программные компоненты формирования сообщений о нормальном или аварийном завершении процессов, а также заданий для доставки новых объектов (деталей или пустых тар) на станцию или съёма тар со станции;
- 4) программные компоненты управления оборудованием, необходимые для выполнения предписанных технологических процессов. Программные компоненты привязаны к типовым технологическим процессам, а типовые технологические процессы к типовым компонентам технологического оборудования. Поэтому для станций создается библиотека типовых программных процедур, которые используются на различных станциях;
- 5) программные компоненты предсказания, обнаружения и ликвидации тупиковых или предаварийных ситуаций;
- 6) программные компоненты распознавания аварийных ситуаций.

Программное обеспечение станции позволяет ей автономно работать по полученному заданию и общаться с АСУ ТС по мере необходимости.

Пятый шаг – организация информационной связи между компонентами АЛС (станциями, транспортными линиями, программными системами). Для обеспечения информационной связи в АЛС используются стандартные протоколы и универсальные средства, обеспечивающие возможность обмена информационными сообщениями между элементами сетевых систем независимо от конкретных разработчиков этих систем, применяемого оборудования и области применения [7 - 10].

Шестой шаг – уменьшение объёма незавершенного производства. Применение при сборке метода виртуальной сборки [5] может привести к увеличению объёма незавершенного производства. Для снижения объёма незавершенного производства было предложено использовать метод адаптивно-селективной сборки [11], который состоит в том, чтобы во время сборки оценивать собираемость поступающих деталей и оперативно по результату анализа корректировать поля допусков изготовления неоптических деталей на оборудовании механических цехов.

Седьмой шаг – выход из аварийных ситуаций. Для восстановления работоспособности АЛС после возникновения не фатальной аварийной ситуации предусмотрена специальная система — автоматизированная система управления анализом состояния технологической системы после аварийного отключения энергии (рисунок 1).

Модель технологической системы показана на рисунке 2.

Интеграция сборки и механической обработки. Как показали исследования, применение метода адаптивно-селективной сборки для интеграции управления сборочным и механическим производствами при выпуске изделий небольшими партиями неэффективно. Этот метод предполагает, что все детали, поступившие на сборку и от которых зависит функциональная точность, измеряются и строятся законы распределения размеров [11]. Но для этого необходимо накопить статистику на достаточно большом количестве деталей, которое не совместимо с малыми партиями деталей.

Предлагается использовать принципиально новую организацию механического и сборочного производства, которую назовем организацией перспективного прогноза [12]. В этом случае функционирование технологической системы механического и сборочного производств строится так, чтобы стало возможным на основе анализа функционирования

оборудования механического производства построить зависимости изменения его свойств. При этом оценивается поведение оборудования во время изготовления разных изделий. Следовательно, можно во время работы механического оборудования через определенные интервалы времени корректировать программу обработки не дожидаясь данных, поступающих от сборки по обратной связи. Как мы видим, здесь обеспечивается интеграция САПР и управления технологическими процессами механического и сборочного производств (рисунок 3).

Доставка комплектующих из механических цехов на АЛС обеспечивается интеллектуальными мобильными складами.

Интеграция производственных процессов. В Университете ИТМО накоплен большой опыт по комплексному решению производственных задач, по формализации и автоматизации принятия решений, автоматизации технологических процессов, унификации объектов и средств производства, специализации производственных подразделений, повышению производительности труда и т.д. Разработаны инструментальные средства САПР и АСУ ТП, теоретические положения и программные системы организации группового производства и проектирования технологических процессов.

На основании имеющегося опыта ведется работа по созданию интегрированной системы, в которой совместно рассматриваются процессы проектирования и изготовления изделий, а также выполняется адаптация не только автоматизированных систем подготовки производства (конструкторской (АСКПП), технологической (АСТПП) и организационной (АСОПП)), но и управление процессами развития текущих и проектируемых технологических процессов в зависимости от состояния технологической системы и изготавливаемого изделия (рисунок 4).

Основные результаты проекта. Исследования ещё раз показали, что основой проектирования и эффективной эксплуатации производственной киберфизической системы является анализ и унификация конструкций изделий и технологических процессов. Формирование типовой и быстропереналаживаемой технологической оснастки позволяет быстро переходить к изготовлению изделий одной группы. Типовые компоненты технологических процессов обеспечивают унификацию моделей дискретных систем и программных компонентов. Применение универсального метода синтеза [13, 14] позволило проектировать их типовых элементов технологические процессы, дискретные модели и программы управления, что позволяет оперативно перейти не только к изготовлению другого изделия, но и к новым производственным ситуациям.

Проект АЛС МО ещё раз подтвердил правило: эффективная поддержка производственной киберфизической системы, как и группового производства, при частой сменяемости изготавливаемых изделий при обслуживании стохастической внешней среды возможны только при использовании систем автоматизированного проектирования ТПП, где функции анализа, унификации и проектирования технологических процессов и оснастки, моделей и программ реализуются с помощью информационных технологий.

Технологическая система АЛС МО рассматривается, в общем случае, как пятиуровневая система. Четвертый уровень – это уровень всей технологической системы АЛС МО, где рассматривается взаимодействие двух зон, стационарного склада и внешней среды. Это самый старший уровень. Материальные потоки между указанными компонентами мало предсказуемы. Поэтому во время сборки (для обеспечения высокой эффективности функционирования АЛС и даже сохранения работоспособности) возникает необходимость оперативно менять объёмы и направление материальных потоков. Для оценки новых ситуаций используются специальные программы, которые, в случае необходимости, меняют технологические процессы сборки. Третий уровень – это уровень зоны, на котором организуется взаимодействие станций. Из-за временной неопределенности работы станций возникают ситуации, когда изменяются пути движения тар с деталями и узлами. Второй уровень – это уровень станции, где выполняются технологические операции

по сборке. Из-за временной неопределенности выполнения сборочных действий необходимо некоторых действия задерживать или менять их последовательность, что выполняется программой «диспетчер» с использованием специальных данных или датчиков. Первый уровень – это уровень конкретного технологического оборудования. На этом уровне выполняются ожидаемые действия исключительно по заданным данным. Нулевой уровень – это элементов технологического оборудования, который работает точно по заданным данным. Это самый младший уровень.

Проведенный анализ показал, что программные средства АЛС не всегда обладают полными знаниями о действиях по сборке. Поэтому в некоторых случаях необходимо менять выполняемые сборочные действия либо одним программным компонентом самостоятельно, либо при взаимодействии с другими программными компонентами. Таким образом, на четвертом, третьем и втором уровнях реализуется взаимодействие «сильных» интеллектуальных агентов, а на первом и нулевом уровнях – взаимодействие «слабый» интеллектуальных агентов [15, 16].

Вычислительный процесс при безаварийном функционировании выполняется либо АСУ ТП, либо САПР технологической подготовки линии сборки (рисунок 1). Управляющая роль между этими системами в зависимости от ситуации меняется. При решении задач по проектированию и оптимизации технологических процессов сборки она закреплена за САПР, а при решении задач изменения поведения АЛС при сборке — за АСУ ТП.

Интеграция сборки и механической обработки, которая обеспечивается методом адаптивно-селективной сборкой или методом перспективного прогноза, повышает важнейшие свойства производственных киберфизических систем — оперативную адаптивность (или иначе, гибкость) и эффективность производства.

Заключение. Интеграция производства с применением автоматизированных систем его подготовки обеспечивает достаточный уровень интеллектуализации всех процессов, что является базой для создания самоорганизующейся системы, которая может находить оптимальные решения задач без внешнего вмешательства. Кроме этого производственная система приобретает способность к самовосстановлению и обладает высокой устойчивостью к сбоям, благодаря достаточному запасу компонентов и самоорганизации.

Особо следует отметить, что для повышения переносимости систем с одного предприятия на другое необходимо создавать специальную программную среду проектирования и развития производственных киберфизических систем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Latyev S.M., Padun B.S. Яблочников Е.И., Theska R., Zocher K.-P. Laboratorium zur automatisierten Montage von Mikroskopobjektiven./ Workshop «Flexible»/ Technische Universität Ilmenau Труды 53 итернационального научного коллоквиума 8.-12.09.2008/ - TU Ilmenau, 2008, p. 5-8.
2. Латыев С.М., Падун Б.С., Воронин А.А., Смирнов А.П., Фролов Д.Н., Табачков А.Г. Учебно-научная лаборатория автоматизации сборки микрообъективов/ Сборник трудов, том 1. Международная конференция «Прикладная оптика – 2008». - Санкт-Петербург, 20-24 октября 2008 г.- p. 81
3. Латыев С.М., Смирнов А.П., Воронин А.А., Падун Б.С., Яблочников Е.И., Фролов Д.Н., Табачков А.Г., Тезка Р., Цохер П. Концепция линии автоматизированной сборки микрообъективов на основе адаптивной селекции их компонентов/ Оптический журнал, том 76, № 7, июль 2009.- С 79-83.
4. Митрофанов С.П. Митрофанов С.П. Научная организация машиностроительного производства. - Л.: Машиностроение, 1976. - 712 с., с ил.
5. Падун Б.С., Латыев С.М. Интегрированная система автоматизации сборки микрообъективов // Приборостроение, № 8, август 2010. С. 35-39.
6. Алиев Т.И., Падун Б.С. Оптимизация процессов сборки микрообъективов//

Приборостроение, № 8, август 2010. С. 39-46.

7. Разработка рекомендуемых систем на основе интеллектуальных пространств. Учебное пособие для студентов математических и технических специальностей вузов/ А.М. Кашевник, Д.Ж. Корзун, С.И. Баландин, А.В. Пономарев – Петрозаводск, Изд-во «ПетрГУ», 2015.- 71 с.
8. Kashevnik A.M., Teslya N., Padun B.S., Kipriyanov K., Arckhipov V. Industrial Cyber-Physical System for Lenses Assembly: Configuration Workstation Scenario // Proceedings of the 17th Conference of Open Innovations Association FRUCT - 2015, pp. 62-67
9. Kashevnik A., Teslya N., Yablochnikov E., Arckhipov V., Kipriyanov K. Hybrid Automated Line Workstations Interaction Scenario for Optical Devices Assembly // Proceedings of the 18th Conference of Open Innovations Association FRUCT - 2016, pp. 92-99
10. Kashevnik A., Teslya N., Yablochnikov E., Arckhipov V., Kipriyanov K. Development of a prototype Cyber Physical Production System with help of Smart-M3 // 42nd Conference of the Industrial Electronics Society, IECON 2016 - 2016, pp. 4890-4895
11. Zocher K-P. Adaptive und Selektive Montage in der flexiblen Fertigung // Informationsmaterial TU Pfenau. 2002. Februar. S. 423-424.
12. Падун Б. С. Взаимодействие процессов механического и сборочного производства // Изв. Вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 8. С. 12-15.
13. Технологическая подготовка гибких производственных систем/С.П.Митрофанов, Д.Д.Куликов, О.Н.Миляев, Б.С.Падун; Под общей ред. С.П.Митрофанова. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд.-ние, 1987. - 352с., ил.
14. Падун Б. С., Киприянов К. В., Шеманаев А. С. Метод синтеза технологических процессов изготовления изделий // Приборостроение, № 4, апрель 2015. С. 289-293.
15. Petrie C. «What is an agent?» // Intelligent Agents III. Proc. of ECAI-96 Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages (ALAL, Budapest, The Hungary, August 12-13, 1996)// Ed. by J.-P. Muller, M. Wooldridge, N. Jennings. - Berlin: Springer Verlag, 1996. - P.41-43.
16. Wooldridge M., Jennings N.//«Agent Theories, Architectures and Languages: a Survey//Intelligent Agents: ECAI-94 Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages//Berlin: Springer Verlag, 1995. – P. 1-22

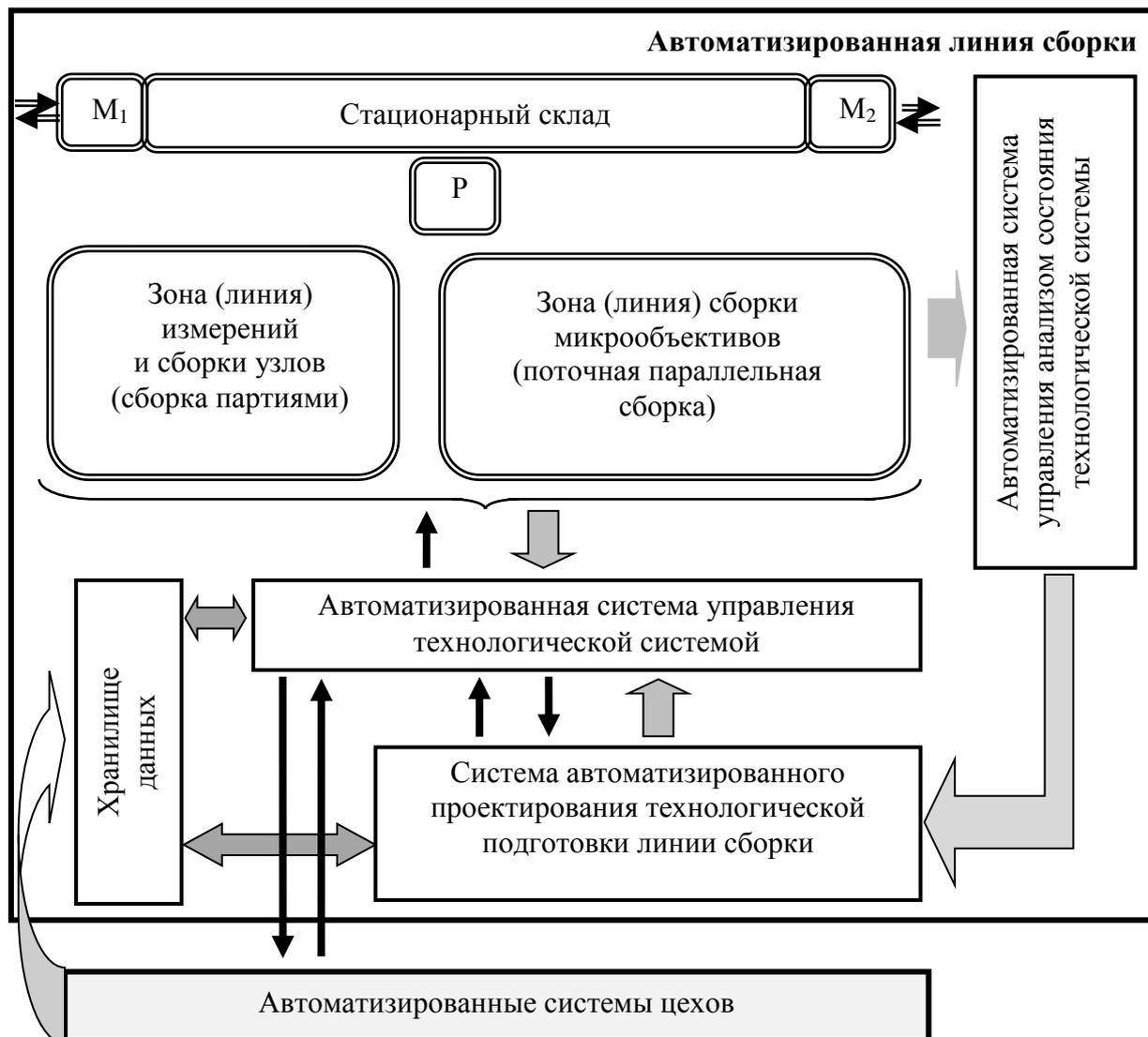


Рисунок 1 — Состав линии сборки микрообъективов: Р –робот-штабелёр, обслуживающий стационарный склад; M₁ и M₂ – мобильные склады, подключенные к стационарному складу через порты приема.

- ⇒ — перемещение мобильных складов,
- ⇄ — передача управляющих данных,
- — передача данных.

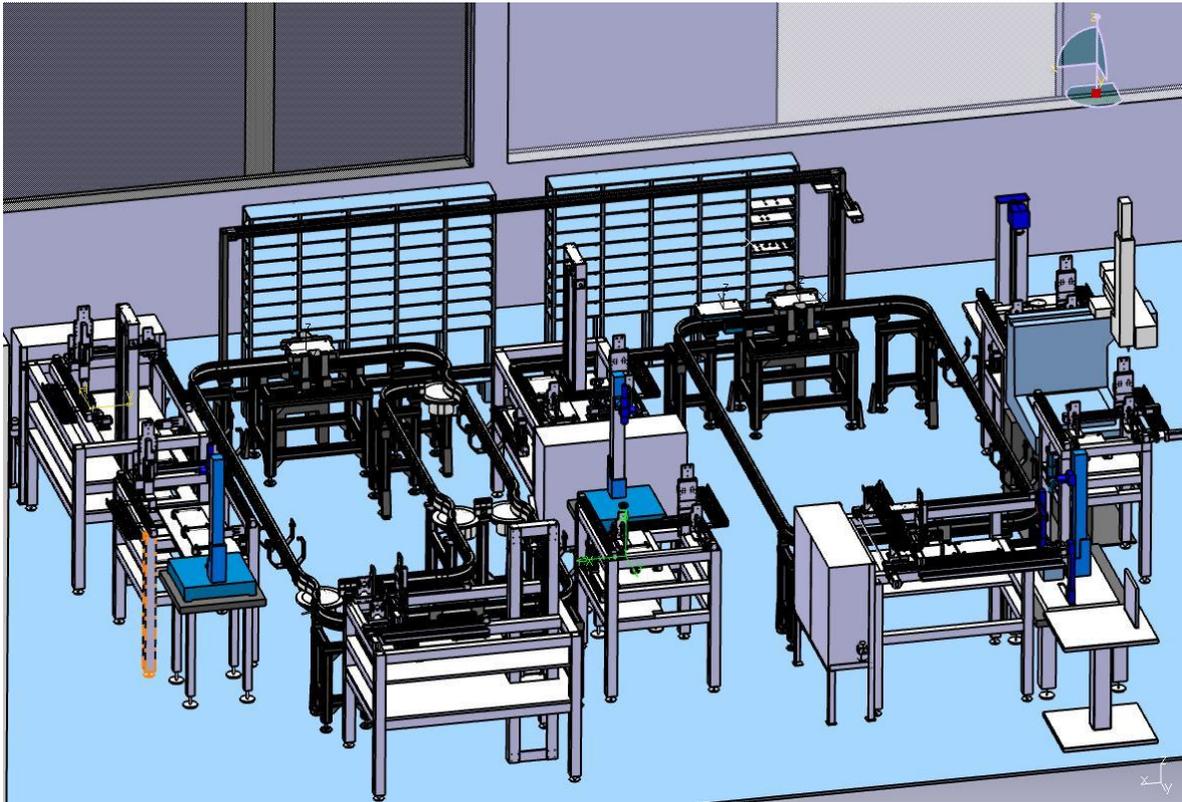


Рисунок 2 — Проект АЛС МО

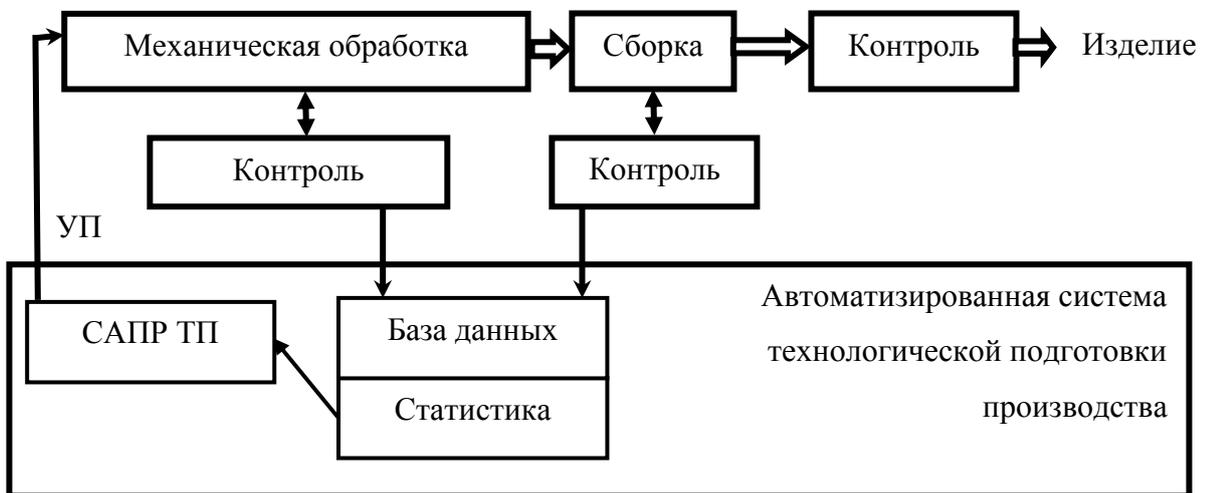


Рисунок 3 — Интеграция процессов сборки и механической обработки

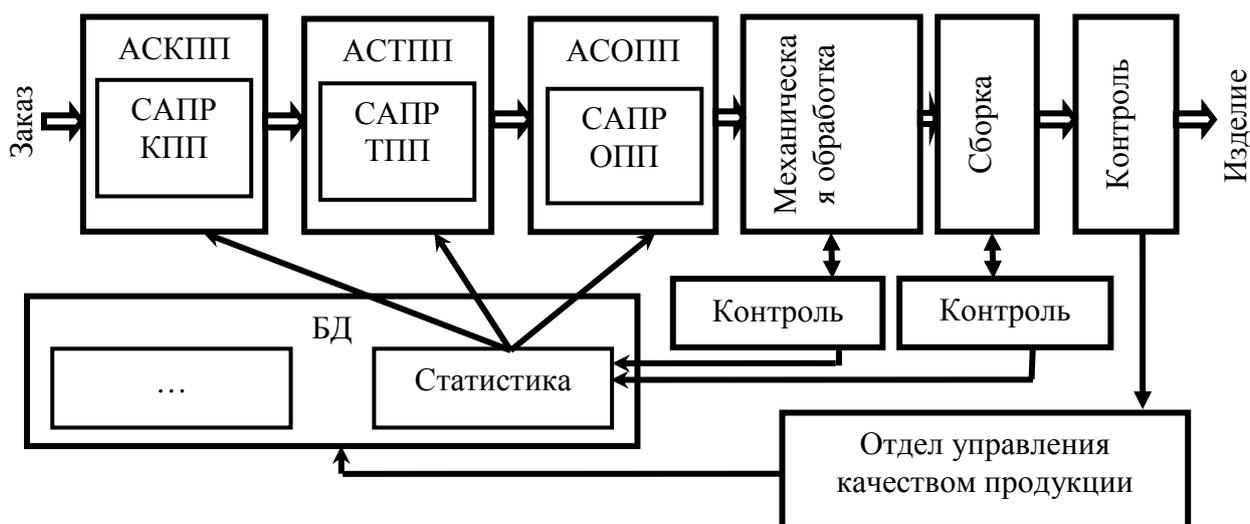


Рисунок 4 — Интеграция производственных процессов

УДК 621. 744. 45

ЛИТЕЙНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ КАФЕДРЫ «ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Мамбеталиев Тилек Сасыкулович, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, E-Mail: mtilek@mail.ru

Дыйканбаева Урпия Маматкадыровна, ст. преподаватель, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, E-Mail: urpia71@mail.ru

Аннотация. В современных условиях вузовская подготовка бакалавров и магистров машиностроителей требует все большего включения в программу прикладных и практических занятий. Отливки применяются во всех отраслях производства и развитие литейной лаборатории кафедры стало актуальной задачей. При этом в условиях простоя крупных предприятий Республики литейная лаборатория кафедры становится чуть ли не единственным местом ознакомления с технологией различных видов литья.

Ключевые слова: Литейное производство, литье в песчаные формы, литье в кокиль, литье по выплавляемым моделям, центробежное литье, технологии быстрого прототипирования.

FOUNDRY LABORATORY OF THE DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING: CURRENTLY AND IN THE FUTURE

Mambetaliev Tilek, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, KSTU named after I.Razzakov, 720044 Bishkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av., E-Mail: mtilek@mail.ru

Dyikanbaeva Urpia, Senior Instructor, KSTU named after I. Razzakov, 720044 Bishkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av., E-Mail: urpia71@mail.ru

Abstract. In modern conditions, the university training of bachelors and masters of mechanical engineering requires more inclusion in the program of applied and practical courses. Castings are used in all industries and the development of the foundry laboratory of the department

has become an urgent task. At the same time, in the conditions of the downtime of the large enterprises of the Republic, the foundry laboratory of the department becomes the only place for acquaintance with the technology of various types of casting.

Keywords: Foundry production, casting in sand mold, gravity die casting, precision casting, centrifugal casting, rapid prototyping technology.

Введение

Общеизвестно огромное количество деталей, получаемых различными методами литья. Отрасли применения литых деталей представлены на рис. 1. Практически нет областей техники, где бы не применялись литые детали из металлических сплавов. Многообразие методов литья: от литья в песчаные формы до специальных видов литья, от литья черных металлов (чугуны, стали) до литья сплавов цветных металлов сделали технологию литья одной из основных технологий, а для ряда сложных деталей, таких как блоки цилиндров и головок блоков различных двигателей, деталей из труднообрабатываемых металлов и др. единственным способом изготовления. При этом литейное производство сегодня, сохраняя тысячелетние традиции, переживает настоящую техническую революцию, связанную с внедрением цифровых технологий, новых материалов и сплавов и технологий быстрого прототипирования. Очевидно актуальной становится изучение студентами

технических специальностей азов литья металлов, проектирования и изготовления литых

деталей в лабораторных условиях. Появляется уникальная возможность для студентов и магистрантов, наряду с работой “руками” в лаборатории, проведение исследований в системе “сплав-форма” различных процессов: затвердевания отливок, гидравлических процессов при заливке расплавленных сплавов, плотности и твердости песчаных форм и др. Особо следует отметить возможность применения цифровых технологий и технологий быстрого прототипирования, которые успешно применяются в литейной лаборатории кафедры.

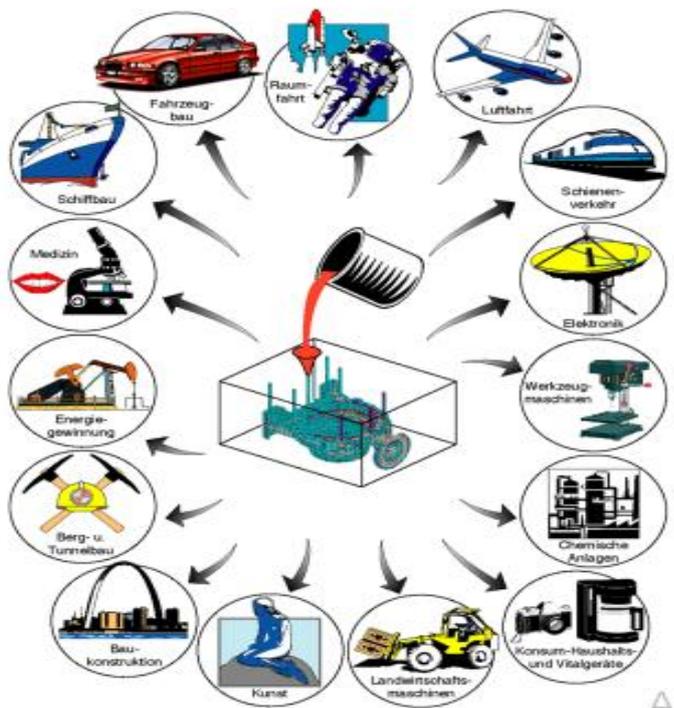


Рис.1. Области применения литых деталей: Машиностроение; Авто-мото-железнодорожный транспорт; Авиация и Космос; Строительство; Металлургия; Электротехника; Судостроение; Энергетика и электроника; Химическая промышленность; Медицинская техника; Горное дело и горное машиностроение; Сельскохозяйственные машины и оборудование, Искусство и др. [1].



Рис.2. Выполнения лабораторной работы по литью в песчаные формы.

Литьем в песчаные формы получают отливки из черных и цветных металлов весом от десятков грамм до сотен тонн. Достаточно отметить такие детали как блоки цилиндров различных двигателей внутреннего сгорания, корпуса электродвигателей, станины и корпуса станков и приборов, которые невозможно получить другими методами. В лаборатории этот метод реализуется современной лабораторной установкой, полученной по линии ДААД доц. Мухтарбек уулу Кубатом в тесном сотрудничестве с коллегами из высшей технической школы Бойдта в Берлине. На рис.2. студенты в литейной КГТУ лаборатории.



Рис. 3. Заливка литейной формы.

Литье в кокиль

Кокиль (фр. coquille) – металлическая форма, свободно (без давления) заполняемая расплавленным металлом. По сравнению с песчаной формой кокиль может быть использован многократно. В кокилях можно получать отливки практически из всех сплавов. Наибольшее применение имеют алюминиевые и магниевые сплавы – примерно 50 % отливок из этих

сплавов получают в кокилях. Из чугуна (серого с пластинчатым или шаровидным графитом) в кокиль отливают примерно 10 % всех отливок, из стали – 5 %. В кокилях получают детали различных габаритных размеров с толщиной стенок 3...100 мм, массой от нескольких граммов до 100 кг и выше [2]. Типичная деталь, получаемая литьем в кокиль – поршни и головки блока цилиндров авто-мото двигателей. На кафедре с 2017 года введена лабораторная установка литья в кокиль алюминиевых сплавов [3].

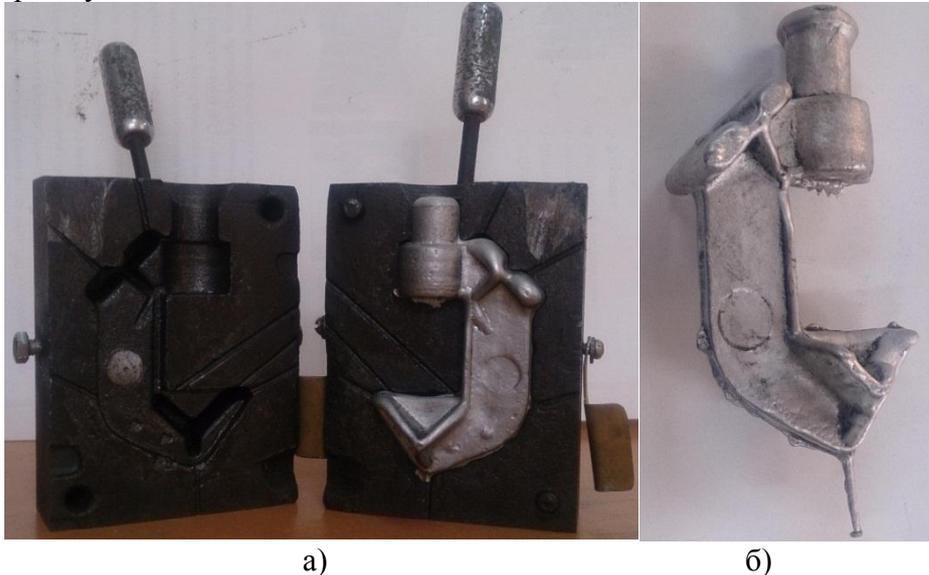


Рис. 4. Отливка «Скоба центрирующая» до (а) и после (б) извлечения из кокиля

Центробежное литье

Литье во вращающихся (вертикально или горизонтально) кокилях известно как центробежный способ получения отливок. Получают детали вращения – втулки, трубы из серого чугуна с пластинчатым и шаровидным графитом, стали, сплавов меди и легких металлов. Максимальный вес отливок может достигать 5 тонн. Благодаря действию центробежных сил на расплав механико – технологические свойства отливок \approx на 30% выше чем при статических видах литья (например, кокильном) [4]. На кафедре с 2010 года работает спроектированная выпускниками Алымкуловым Б. и Сакибаевым Н. лабораторная установка, которая представлена на рис. 5. , на рис 6. представлена готовая отливка.

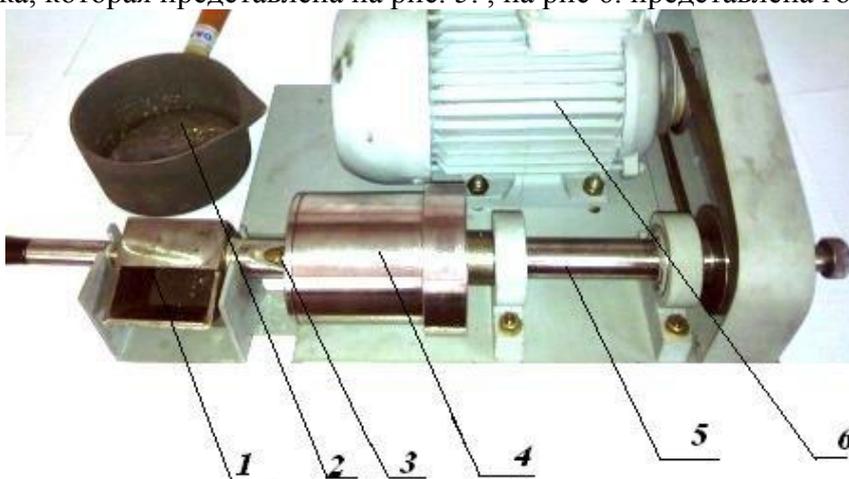


Рис. 5. Лабораторная установка центробежного литья: 1- заливочная труба, 2- заливочный ковш, 3- мундштук, 4- изложница, 5- трансмиссионный вал, 6 – электродвигатель.

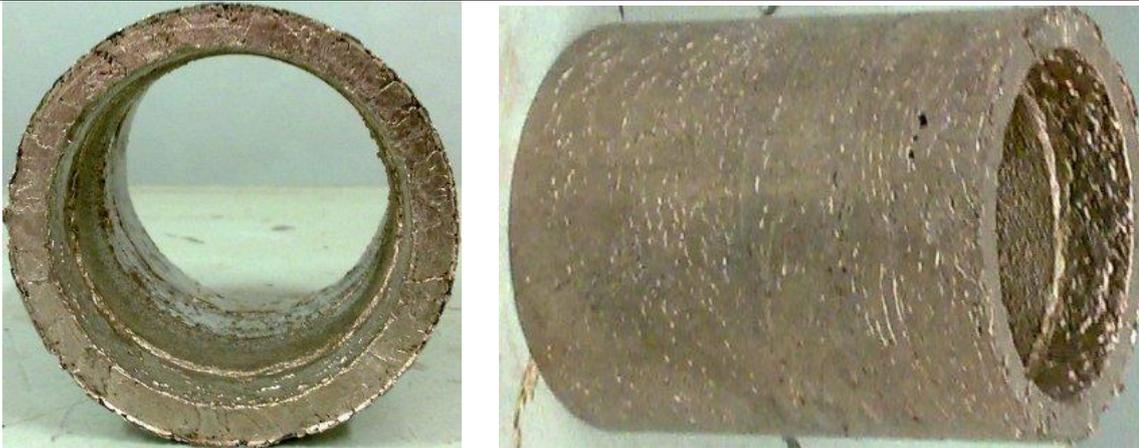


Рис. 6. Отливка, полученная на лабораторной установке центробежного литья.

Исследовательские проекты

В 2010-11 годах магистрант высшей технической школы Бойдта в Берлине Мамытбаева Асель выполнила свои исследования и практическую реализацию результатов в литейной лаборатории кафедры [5]. На рис. 7 представлена модель для литья в разовые песчаные формы для нашей лаборатории.

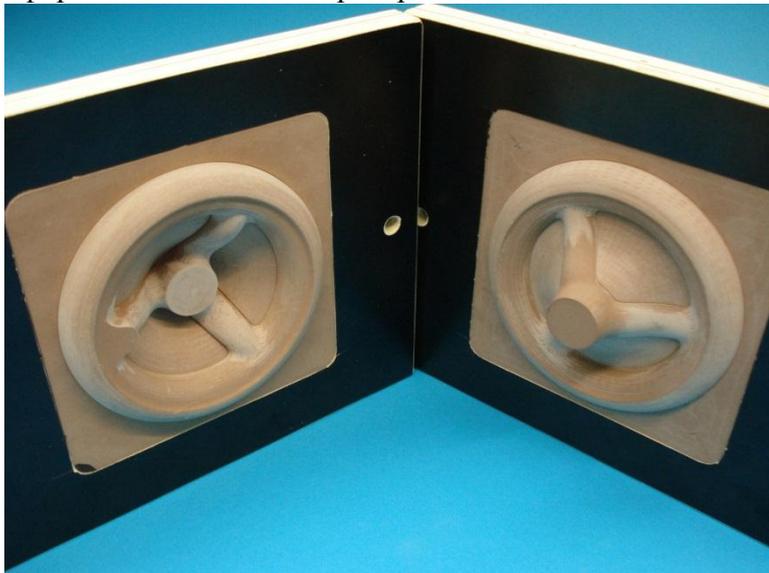


Рис.7. Представлена модель для литья в разовые песчаные формы для нашей лаборатории [5].

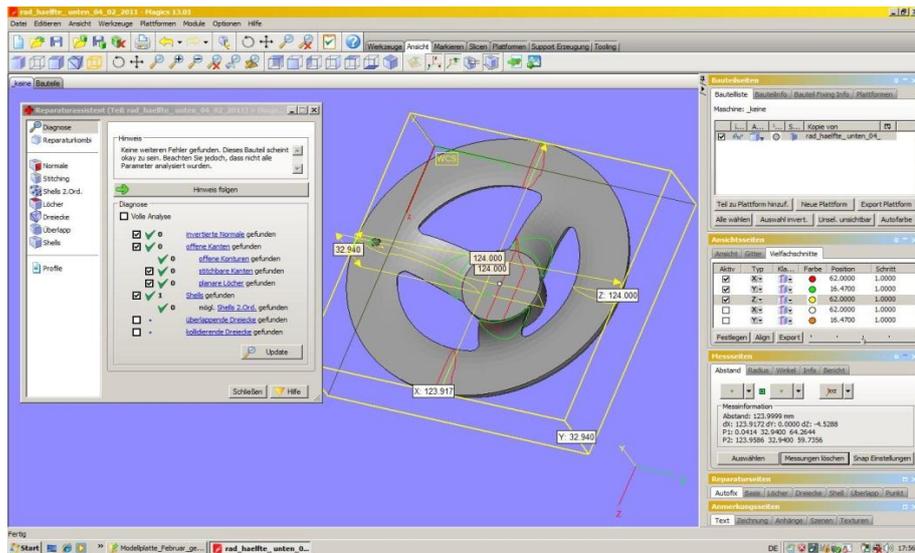


Рис. 8. Исследование модели отливки с программой Magics 13.0 [5].

В 2017-18 учебном году начаты работы по разработке технологических проб для определения литейных свойств сплавов, которые будут доведены до практической реализации. Также в этом году планируется завершение опытов по созданию лабораторной установки литья по выплавляемым моделям. На рис 9 представлены модельная оснастка, представленная проф. М. Паашем из высшей технической школы Бойдта в Берлине.



Рис.9. Модельная оснастка для изготовления литейной восковой модели.

На рис.10 показана парафин-стеариновая выплавляемая модель, выполненная в литейной лаборатории студентами Колбаевым А. и Макеновой А.



Рис.10. Парафин-стеариновая выплавляемая модель.

Заключение и перспективы

Поставленное в 2015 году по линии сотрудничества с высшей технической школой Бойдта в Берлине 3D принтер с комплектующими позволили выполнить современные исследования и работы и в литейной лаборатории. Рис. 11, 12, 13 представлены примеры работ студентов.



Рис. 11. Распечатка модели детали “Звездочка” на 3D принтере.



Рис. 12. Формовка детали “Звездочка”.



Рис.13. Отливка детали “Звездочка”.

В этом году ожидается оборудование-грант бывших стипендиантов ДААД – доц. Мухтарбек уулу Кубата и доц. Мамбеталиева Т. С. Это CNC фрезерная машина, 3Д принтер, 3Д Сканер, Электронный измерительный стол, комплектующие и управляющий РС. Они позволят реализовать и в литейной лаборатории совместный с коллегами из высшей технической школы Бойдта в Берлине проект цифровой реализации “От идеи до готового продукта”.

Литература:

1. Prof. Dr.-Ing. M. Fehlbier, Vorlesungen "Gussleichtbau: Automobil-und Fahrzeugguss", Uni Kassel, 2016/17.
2. Гини, Э.Ч. Технология литейного производства. Специальные виды литья: учебник/Э.Ч. Гини, А.М. Зарубин, В.А. Рыбкин; М.: Академия, 2007. – 352с.
3. Литье в кокиль: методическое руководство к лабораторным работам по курсам «Технология конструкционных материалов» и «Технологические процессы в машиностроении» для студентов машиностроительных специальностей / КГТУ им. И. Раззакова; Сост.: к.т.н., доцент Т.С. Мамбеталиев, старший преподаватель У.М. Дыйканбаева – Б.: ИЦ «Текник», 2018. – 16с.
4. Prof. Dr.-Ing. B. Langer, Vorlesungen "Giessen", Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, 2015.
5. Asel Mamytbaeva, Formenbau unter Nutzung der Rapid Prototyping – Technologien. Masterarbeit, Beuth Hochschule für Technik, Berlin, 2011. – 73s.

УДК 621. 744. 45

DIE SYSTEMANALYSE DER GIEßFORMSTOFF- UND KERNFORMSTOFFSVERDICHTUNG

Mambetaliev Tilek, Kandidat der technischen Wissenschaften, Dozent, KSTU „I. Razzakov“, Prospekt T. Aitmatov 66, 720044 Bischkek, Kirgisische Republik, E-Mail: mtilek@mail.ru

Annotation. Die Klassifikation dynamischer Verfahren der Verdichtung der Sand- und Kernformstoffe gemäß dem Prinzips und den Parametern des Impulsverfahren in Formstoffen. Der dynamische Prozeß im System „Formstoff – Maschine“. Die Impulskraft in Formstoffen und ihre Komponenten. Sandschichtbeschleunigung – der einheitliche Parameter für die Untersuchung im System.

Kennworten: Gußstück, Formstoff, Kernstoff, der dynamische Prozeß, Verdichtungsprozeß, Impulsverfahren, Systemanalyse.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ УПЛОТНЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

Мамбеталиев Тилек Сасыкулович, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, E-Mail: mtilek@mail.ru

Аннотация. На основе системного метода предлагается классификация методов динамического уплотнения литейных форм и стержней. Рассмотрены различные характеристики системы «формовочная смесь – машина» и динамические процессы при уплотнении. Предлагается единый параметр для анализа. Это импульс ускорений слоев смеси и элементов машины.

Ключевые слова: Отливка, Формовочная смесь, Стержневая смесь, динамический процесс, процесс уплотнения, импульсное уплотнение, системный анализ.

Einleitun

Herstellung von Gußstücken in einem Sandformen war und es gibt eine sehr verbreitende Gißverfahren. Diese Verfahren erlaubt, die Gußteilen von verschiedenen Typgrößen mit niedrigsten Verbrauch erhalten. Dabei eine Haupttechnologischer Prozess, der die Qualität von Gußteilen bestimmt, ist Formstoffverdichtung für die Herstellung von Gusformen. Der Formstoff stellt eine komplizierte System vor, das aus Quarzsandpartikeln besteht, das aus Bindemittel, Poren und einem kompliziertem physikalische-mechanischen Eigenschaften besitzt, die in dem Verdichtungsprozess gewechselt sind.

Moderne Erreichungen von Wissen und Technik erstattet in der Giesserei mit der Verwendung von verschiedenen Computerprogrammen nach aufgebende Gußstücken konstruiere, verschiedene Prozessen in dem Gießereisystem modellieren und eine exakte berechnungen durchführen. Jedoch die Aufgabe der schaffung von einheitliche System dem Prozeßmodellierung die Guss Herstellung in Sandformen zur Zeit stieß mit der Abwesenheit von einheitliche Theorie und glaubwürdige Modellen von Formstoffverdichtung Zusammenstoß, insbesondere bei dem verschiedenen Verfahren und bei verschiedene Regime der dynamischen Verdichtung. Die Aufgabelösung verwicklet sich (kompliziert, erschwert sich) auch wegen die Abwesenheit (für die diese Methoden) dem approbierenden und anerkennenden Methodik der Modellierung Sandstoffverdichtungsprozessen.

Die Klassifizierung Verfahren der Kern-und Formstoffsverdichtung

Die moderne Gießereiformmaschinen, im Regel realisiert die kombinierende Verdichtungsverfahren. Dabei verwendet sich einige Formverdichtungen auch für die Kernherstellung. Deshalb werden wir die Klassifikation von Verfahrenen und Regimen den Form und Kernstoffverdichtungen betrachten, die in der Industrie oder möglicherweise verwendet. Dabei ist dem erstem Merkmal der Klassifikation den Verfahren von Pressen (betrachtet uns als "Statistische Verfahren") bis Impuls, wie zur Zeit sehr moderne. Die Möglichkeit für die Kombination alle Verfahrenen mit einander kann sich nach der Zeit realisieren (gleichzeitig und nacheinander (konsequent, Schritt für Schritt, folgerichtig)) oder im Raum.

Die bestehenden Verfahren der Kern-und Formstoffsverdichtung können wir als System FS=<A1; A2> beschreiben,

wo A1=<a₁¹; a₁²; a₁³> die Belastung, welche:

a₁¹ - statistische; a₁² dynamische; a₁³ kombinierte, sowie

A2=<a₂¹; a₂²> Sandformstoffe, die eingeteilt in: a₂¹ Formstoffe; a₂² Kernformstoffe.

Tabelle 1 zeigt die Varianten der Kern- und Formstoffverdichtungen gemäß der obigen Beschreibung.

Tabelle 1

| < A1, A2 > | | A2 | |
|------------|-----------------------------|---|--|
| | | a ₂ ¹ | a ₂ ² |
| A1 | a ₁ ¹ | FC 1.1. Pressen (P); Formstoffverfestigung (FH); V-prozeß (VP). | FC 1.2. Pressen (P); Kernverfestigung (KH). |
| | a ₁ ² | FC 2.1. Rütteln (R); Impulsverdichtung (I). | FC 2.2 Rütteln (R); Kernschießen (KS). |
| | a ₁ ³ | FC3.1. Dynapuls (D); Rütteln mit Pressen (R+P; RxP); Vibrationspressen (VIP); SEATSU VP + Luft-Impact | FC 3.2. KS + KH. |

FC 1.1. - beschreibt alle Formstoffverdichtungsmethoden den Pressen (P) und die Vakuumprozessen (VP), und ebenfalls für die Erhaltung der fertigen Form auf Festigungswege (Verwendung von flüssigen und chemischen Festformstoffen).

FC 1.2. – beschreibt auch wie ist die Variante FC 1.1., außer V-Prozeß, in Bezug auf Kernherstellung.

FC 2.1. - beschreibt die Formstoffverdichtung mit dem Rütteln und mit dem Impulsmethoden (I).

Die Impulsverdichtung ist mit dem AIR-IMPACT- Luft-Impuls und GAS-IMPACT- Gas-Luft-Verdichtung Methoden realisiert.

FC 2.2. - beschreibt Kernstoffverdichtung mit dem Rütteln und Sandstoßmethoden (KS).

FC.3.1. - beschreibt die verdichtungsmethoden bei der kombinierten Außerbelastungsbeilage. Da sind die Methoden:

- Dynapuls (Hochgeschwindigkeitspressen) - (D);
- Rütteln mit weiteren Pressen (R+P);
- Rütteln mit gleichzeitigen pressen (RxP); Vibrationspressen (VIP);
- SEATSU ("leise" Luftimpuls mit weiteren Pressen).

FC.3.2. - beschreibt die Kernstoffherstellung mit dem Sandstoßverfahren, mit der weiteren Sicherung (Festigung) verschiedenen Art (Weise, Weg, Methode). (KS+KH).

Die Bereiche unserer Untersuchungen sind die dynamischen (FC 2.1) und die kombinierten (FC 3.1) Verfahren der Sand- und Kernformverdichtung, die zur Zeit umfangreich angewendet werden. Jedes von diesen Verfahren kann man Abhängigkeit von den gestellten Aufgaben weiter unterteilen. Unter Beachtung dieser Verfahrensklassifikationen soll der Verdichtungsprozeß modelliert werden.

Dabei als wichtigsten Kriterien, die die Klassifikation bestimmt, nach Ideen von Prof. Belikov O.A. [1] ist das Prinzip Belastungsbildung, die den Formstoff verdichtet. Nach diesem Prinzip für die Untersuchungen können folgende Merkmalen betrachten:

- das Verfahren der Transportierung den Formstoffen in Formkasten;
- agregaten Zustand der Tragungsenergie;
- Übertragung der äußeren Belastung;
- Anfangszustand der Systems Elementen vor der Verdichtung.

Diese Verfahren können mit folgenden Bezeichnungen gekennzeichnet werden.

$DF = \langle B1; B2 \rangle$, mit $B1 = \langle b_1^1; b_1^2; b_1^3 \rangle$ - der Charakter der äußeren Belastung, die kann sein:

b_1^1 - auf die freie Fläche der Form; b_1^2 - auf die untere Fläche der Form;

b_1^3 - in ganzem Volumen.

$B2 = \langle b_2^1; b_2^2 \rangle$ - die Bewegung des Formstoffes vor dem Verdichtungsprozess:

b_2^1 – nein ($v=0$); b_2^2 – ja ($v \neq 0$); mit v - die Geschwindigkeit der Formstoffschichten.

Tabelle 2. Zeigt am meisten verbreitende dynamische Methoden der Formstoffverdichtung:

Tabelle 2

| <B1; B2> | | B2 | |
|----------|---------|---|---|
| | | b_2^1 | b_2^2 |
| B1 | b_1^1 | DF 1.1. Dynapuls (D), GAS – IMPACT und AIR – IMPACT Verfahren | DF 1.2. |
| | b_1^2 | DF 2.1. Vibro- tionsschlagverdichtung | DF 2.2. Rütteln und Slingerverdichtung |
| | b_1^3 | DF 3.1. Seiatsuverfahren | DF 3.2. Sandblas- und Sandschleißverdichtungen |

DF1.1. - beschreibt Hochgeschwindigkeitspressen und die Impulsmethoden der Formverdichtungen.

DF1.2. - beschreibt mögliche Methode der Formstoffverdichtung bei der äußeren Belastung auf freie Fläche der Form anwenden und Formschichtbewegung vor dem Verdichtungsprozess.

DF 2.1. - beschreibt die Methode der Vibrationsschlagverdichtung.

DF 2.2. - beschreibt den Rütteln und Slingerverdichtung.

DF 3.1. - beschreibt Seiatsuverfahren bis der Fertigpressen.

DF 3.2. - beschreibt die Sandblas- und Sandschleißverdichtungen.

Die Beziehungen B1 und B2 bestimmen nicht nur die Anfangsbedingungen für die Lösung der Aufgaben, sondern auch das Prinzip der Belastung mit dem Ziel mathematischen Modellierung.

Die kombinierten Verfahren der Formstoffsverdichtung können klassifiziert als: $FK = \langle C1; C2 \rangle$,

wo $C1 = \langle c_1^1; c_1^2 \rangle$ - der Charakter der kombinierten Belastung:

c_1^1 - statische, c_1^2 - dynamische.

$C2 = \langle c_2^1; c_2^2 \rangle$ - das Prinzip der Kombinierung:

c_2^1 - gleichzeitige Aktion; c_2^2 - konsequente Aktion.

Tabelle 3

| <C1; C2> | | C2 | |
|----------|---------|-------------|--|
| | | c_2^1 | c_2^2 |
| C1 | c_1^1 | FK 1.1. RхP | FK 1.2. R+P; AIR-IMPACT+P; Sandblas + P |
| | c_1^2 | FK 2.1. | FK 2.2. Doppel-Impuls -Verfahren |

Die Methoden FK 1.1., FK 1.2. und FK 2.2. beschreiben die bekannte Verdichtungsmethoden des Formstoffes. Für die methode (das Verfahren FK 2.1) folgt anzumerken, sollen wir anstreichen, daß so in der Klassifikation (Tabellen 1, 2, 3) nur sehr bekannte Verdichtungsverfahrenen eingefügten sind, daß keine Ausnahme mit anderem Verfahren verdoppelt hätten, z.b. auf Patentennivea usw, wenn sie alle Klassifikationskennzeichen haben, die entsprechend mit der Untersuchungsaufgabe aufgenommen sind.

Die Prozesse in Formstoffen bei der Impulsverdichtung (Wellenzugang)

Bei der dynamischen Verdichtungsverfahren des Formstoffes, wie die früher in der Klassifikation den Verfahren vorgestellt sind, sind als das wichtigste Merkmalen des Systems wird der Charakter der Beilage der äußeren Belastung und der Zustand des Formstoffes vor der verdichtung wird. Die Entstehung von der Abweichungen in dem Verdichtungsschicht, ihre Verbreitung (Ausdhenung), sowie der Charakter der entstehende Strömungen nach der Abweichungen (der Nahme ist vereinbart), die zur Stoffverdichtung versetzt, sind die Objekten für die weitere Betrachtungen.

Die Abweichungsverbreitung im Formstoffen können mit dem Kraftübergabe den Kontakten zwischen den Hartpartikeln des Formstoffes oder mit den anderen Kräften verträlich binden, die auf das Formstoffpartikel handelt.

Dann das System, das der Dynamik den Prozessenin dem Schicht bei der Verdichtung beschreibt, kann als $DP = \langle D1; D2 \rangle$ vorgestellt.

Wo $D1 = \langle d_1^1; d_2^2 \rangle$ - die Anwesenheit von der Berührungskraft zwischen Hartpartikeln des Formstoffes, die können sein:

$$d_1^1 - \text{nein}, \quad d_1^2 - \text{ja}$$

$$D2 = \langle d_2^1; d_2^2 \rangle - \text{Primäre Zustand des Formstoffes, der charakterisiert als}$$

$$d_2^1 - \text{Nein } (v = 0), \quad d_2^2 - \text{Ja } (v \neq 0),$$

wo v - Partikelgeschwindigkeit des Formstoffes.

In der Tabelle 4 haben die Hauptprozessen vorgestellt, in denen Abweichungsverbreitung in dem oben betrachtende System charakterisieren kann.

Tabelle 4

| | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| <D1;D2> | | --- | |
| | | d_2^1 | d_2^2 |
| | d_1^1 | DP 1.1. | DP 1.2. |
| | d_1^2 | DP 2.1. | DP 2.2. |

Die Variante DP1.1. charakterisiert Sandblas- und Sandschießprozessen auf die Transportierung des Stoffes in den Formkasten oder kernkasten, sowie SEIATSU Prozess in der Vorverdichtungsetape. Dabei vermutet, dass die Kräfte bei der Kontakten zwischen Hartpartikeln des Formstoffes entweder fehlen (abwesend sein) oder jedem Schnitt sehr klein im Vergleich zu der Kräfte sind, (für den betrachtende Prozessen) die von dem Luft uaf die Partikeln des Formstoffes wirkt.

Die Variante DP1.2. hat keine Analogen inmitten zwischen den verbreitenden Prozessen der dynamischen Verdichtung des Formstoffes.

Die Variante DP2.1. kann den Prozessen bei den Impulsverfahren der Verdichtung (GAS-IMPACT und AIR-IMPACT) charakterisieren. Dabei vermutet, dass die Hauptkräfte über den Kontakten zwischen Formstoffpartikeln übergeben (überreichen), und die Kräfte, die von dem Gas oder von dem Luft auf die Formstoffpartikeln wirken, abwesend sein (fehlen) oder sehr kleine im Vergleich zu den Kontakten.

Am meisten der charakteristische Prozess für die Variante DP.2.2. ist das Rütteln, wann die alle Formstoffpartikeln vor dem Stoß eine Primäre geschwindigkeit haben und während der Stoffzusammenwirkung die Disturbation (der Störimpuls) in dem Formstoffe entsteht, der über Kontakten zwischen Formstoffpartikeln überträgt.

Augenfällig, dass die reale Prozesse mehr mal kompliziert und dabei können die folgende oder parallel alle oben betrachtende Fälle verwenden.

Werden wir die Kräfte, die bei der Verdichtung in Formstoff wirken, behandeln, für die oben betrachtenden Varianten. Für die Fälle der Kraftabwesenheit in dem Kontakten zwischen Formstoffpartikeln (die Variante DP1.1 und DP 1.2) die Verdichtung wird mit der Kräfte bestimmen, die von der Seite den Luft zu den Formstoffpartikeln (P_R) beigelegt. Die Anwesenheit den Kontakten wird warscheinlich bis der eindeutige Limit auf die Werte P_R beeinflussen werden, danach, während der Verdichtung des Formstoffes, der Verdichtungsprozess kann mit der Kontaktenkräfte bestimmen. In dem Fälle der Bewegungsbetrachtung des einzelnen Partikeln in dem Luftströmung sowie sind die Kräfte den aerodynamischen Widerstand F_A und die archimedische Kräfte F_{AD} notwendig zu bestimmen, die mit dem Gradienten dem Luftdruck auf die Partikeln Fläche gebunden.

Bei der Vorstellung der Formstoffsbewegung in dem Formkasten als eine ganze Massive (Feld) , die bei der Bewegung verdichtet, die Kontaktenkräfte (die Variante DP 2.1 und DP 2.2.)

können wir nach der Analogie [2] der mittelartige normale Spannung σ , der Sandschnitt des Formstoffes bezogen und der mittlere gültige Spannung σ_u , der zur Kontaktenfläche bezogen.

Dabei die völlige Beschreibung den Verdichtungsprozess trägt die Abhängigkeitsgestaltung σ von Dichte ρ oder Porosität m , die mit dem Deformationscharakteristik des Formstoffes bestimmt wird.

Die Störung Verbreitung in dem Formstoffe bei dem dynamischen Methoden der Belastung tragen der Wellen Charakter. Jedoch gibt es derzeit lediglich keine ungefähre Dataein nach den Parametern und den Wellenverhalten, die in dem Formstoffen bei dem verschiedenen dynamischen Verdichtungsverfahren. Inzwischen wahrscheinlich, dass die Wellenbetrachtung bei der dynamischen Verdichtungsbehandlung in dem Formstoffe verbreitet unsere Vorstellung über den Verdichtungsprozess und erstattet viele Ergebnisse der Untersuchungen erklären.

Für die existierenden Systeme der dynamischen Verdichtung des Formstoffes gibt es alle Ursachen zur Vermutung, dass in dem verdichteten Formstoff wir ein Ding mit kontinuierlichen Wellenkompression, in dem die Parametern allmählich vergrößert. Die Hauptcharakteristiken solcher Wellen, die in verschiedenem Punkten verdichtetem Formstoffes bestimmen sollen, sind:

- der Druck im Gerade - und Seitrichtungen $P_1(t)$ und $P_2(t)$;
- die Geschwindigkeit der Partikeln in der Richtung Wellenausdehnung u . Dabei ist

die Spannung in der Welle gleich

$$\sigma_1 = -P_1 \text{ und } \sigma_2 = -P_2 \quad (1)$$

Nach diesem Zusammenhang befindet sich der Hauptparameter der Welle

1. Der maximale Spannungswert sind $\sigma_{1\max}$, $\sigma_{2\max}$;
2. Die Einwirkungszeit der Welle T ;
3. Der maximale Wert der Bewegung (s_{\max}), der Geschwindigkeit (v_{\max}) und der Beschleunigung (a_{\max}) den Formstoffpartikeln.
4. Wellenimpuls

$$I_1 = \int P_1(t)dt \text{ und } I_2 = \int P_2(t)dt, \quad (2)$$

wo sind die Integrationsbegrenzung von der Anfang den Druckenstiege in diesem Punkte bis seinen Absinken bis den Primäre Wert gewält.

Sowie sollen (gewöhnlich experimentell) bestimmen:

1. Die Zeit den Druckenstiege bis Maximum - τ_{\max} ;
2. Die Geschwindigkeit den Wellenfront (die Geschwindigkeit der Erregungsverbreitungen) - D .
3. Die Geschwindigkeit der maximalen Druckverbreitung - D_{\max} .

Sowie vermutet, dass in dem exestiertem systemen der dynamischen Verdichtung des Formstoffes, das Wellendruck flach ist. Dann ist nach der [3] in einigem Gebiet nähere von den Druckzentrum und das Abkippen des Formstoffes geschieht ohne mögliche Seitendruck oder Entwicklungen, d.h. in der Bedingungen der einachsigen deformierenden Zustand. In dem Abschnitt, zu dem Wand des Formkasten nah, auf der Druckwelle setzt die vakuumwelle (Unterdruckwelle) auf, die von Formkastenwand gegangene, die die wirkung zum Druckabfall bringt, d.h. die Spannungen. Das bedeutet, dass der Verdichtungsgrad ist. Die Welle bei der Formkastenwand hört flach sein auf. Die Komplizierung des Wellenbild bei der Verdichtung des Formstoffes bewirkt auch vielfachen Wellenwiederspiegelung von dem Modelplatten und frei Formenflach. Die Änderung der Dichte des Formstoffes bei dem Verdichtungsprozess erregen auch die Parameteränderungen der Wellen, so wie Verbreitungsgeschwindigkeit und ihre Wirkungsdauer.

Die wichtigste Frage, die bei der Untersuchung der Verdichtungsprozess des Formstoffes nötig betrachten (benötig zu betrachten), sind der Filtrationsprozessen – das die Filtration der Innerporen Luft und die Filtration des GAS, Luft Stoffes und der Luft bei der Impulsverfahren der Verdichtung. Das ist nicht ausgeschlossen, der Wellencharakter den Durchgang den Filtrationprozessen.

Literaturverzeichnis

1. Беликов О.А. Системно-структурный метод анализа и синтеза способов формовки. – В кн.: Развитие методов и процессов образования литейных форм. М., 1977, с. 87-93.
2. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1977, – 510 с.
3. Вербицкий В.И. Анализ эффективности встряхивающих формовочных машин путем имитационного моделирования. – Литейное производство, 1985, №11, с. 26 – 28.
4. Mambetaliev T. S., Belikov O. A. Dynamic Processes in the Moulding Sand Mixture under Impact Load and Possibilities of Increasing the Efficiency of Mould Compacting (in Czech), Slevarenstvi, №2, 1990, p. 65-71.
5. T. S. Mambetaliev. The mechanism of compacting a molding mixture under the impulsive loading (in English). Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана № 5, Бишкек, 2015, с. 47 - 52.

UDK: 539.531:666.3(575.2)

RESEARCH OF HARDNESS FOR ANCIENT CERAMICS OF KYRGYZSTAN

Oruzbaeva G.T., PhD (Engineering), Associate Professor at Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, e-mail: gul_talg@mail.ru

Ceramic production played an important role in the early stages of the formation and development of industry. In Central Asia, including Kyrgyzstan, its important role preserved for the whole time. The technical level and conditions of production organization, technical potential are the main moments in determining its characteristics. Therefore, the disclosure of the mechanism and conditions for changing the technique and technology of ceramic production in historical development is an important factor. The nature of the study of ceramic production in its historical development requires the identification of a variety of conditions and facts of the technical process, involving the use of different methods of research.

One of the main methods for studying ceramics is the investigation of hardness, because it underlies the strength and durability of clay products. In connection with the foregoing, the purpose of this paper is studying the hardness of ancient ceramics which found on the territory of Kyrgyzstan and conducting a comparative analysis with modern ceramics.

Keywords: ancient ceramics, hardness, strength, the firing temperature of ceramics.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОСТИ ДРЕВНЕЙ КЕРАМИКИ КЫРГЫЗСТАНА

Орузбаева Г.Т., к.т.н., доцент Кыргызского Государственного Технического Университета им. И.Раззакова, e-mail: gul_talg@mail.ru

Керамическое производство играло важную роль на первых этапах становления и развития промышленности. В Средней Азии, в том числе и Кыргызстане, на протяжении всего времени сохранялась его важная роль. Технический уровень и условия организации производства, технический потенциал выступают основными моментами в определении его характеристики. Поэтому раскрытие механизма и условий изменения техники и технологии керамического производства в историческом развитии является важным фактором. Характер исследования керамического производства в его историческом развитии требует выявления самых разных условий и фактов технического процесса, предполагающих использование разных методов исследования.

Одним из основных методов исследования керамики является исследование твердости, поскольку она лежит в основе прочности и долговечности глиняных изделий. В связи с вышеизложенным целью настоящей статьи является исследование твердости древней керамики, обнаруженной на территории Кыргызстана, и проведение сравнительного анализа с современной керамикой.

Ключевые слова: древняя керамика, твердость, температура обжига керамики.

The study of ceramics from the territory of Kyrgyzstan is reflected in many of the archaeological works and reports, describing ceramic craft of a particular region of a certain period. A.N. Bernshtam gave a classification of methods for the ornamentation of Sogdian and Karluk periods [1], K.I. Tashbayeva studied ceramics of Tien-Shan and Altai [7], Y. Zadneprovsky described ceramics Fergana [9]. V.D. Goryacheva [2] and D.F. Vinnik [8] describe the history of the study of medieval settlements and cities of Uzgen. As the analysis of the literature, in the works of the above authors is paid little attention to the scientific and technical research. In this regard, it is necessary to study the physicochemical and physicomachanical properties of the ancient ceramics, because ceramics is the most massive and dating material [4].

The term "ceramic" refers to pottery formed of wet clay and fired to harden. In ancient times firing of clay vessels was carried out at the temperature not lower than 600⁰C, and gradually increased firing temperature [7]. Modern ceramics are fired at a temperature not lower than 950⁰S, and local ceramics – not less 1050⁰S [3]. Temperature of firing gives strength to ceramics. Therefore, the main indicator of quality for ceramics is its hardness, because it is the basis of the strength and durability of ceramics. The purpose of this work is measure of the hardness of ancient ceramics found on the territory of Kyrgyzstan and modern ceramics, and conduction their comparative analysis.

Ceramics are soft material, so hardness measurements should be carried out at a lower load, i.e. it is necessary to determine the microhardness of the ceramic. In this connection, it was studied the microhardness of ceramic samples found in Kochkorsky and Chui districts, which were provided by the archaeologist Tabaldiev K.Sh. For comparison, measurements were made of fragments of modern ceramics made in the studio of the Art College named after S.A. Chuikov. The research was carried out in the Solid State Physics Laboratory of the Kyrgyz-Russian Slavic University named after B. Yeltsin.

Determination of microhardness was performed in the PMT-3 device that is a microscope destined to measure microhardness of metals, ceramics, minerals, and other materials.

The principle of the device's work is based on the indentation of a diamond pyramid into the test material under a specified load and measuring the linear value of the diagonal of obtained imprint. The hardness number H is defined as the quotient of the load P (in H) at lateral surface S (in meters) of the imprint on the assumption that angles of the imprint correspond to the angles of the pyramid [5]:

$$H = \frac{P}{S} (Pa), \quad (1)$$

where H – hardness number in Pa ;

P – load in N ;

S – diagonal of imprint in meters.

Microhardness was determined on polished sections of ceramic samples at a load of 200 gram (2H), loading time 1 min.

Obtained values of microhardness are given in Table 1.

Table 1

The microhardness of ceramic samples

| Location | Chap | | Ak-Beshim | | Balasagyn | | Modern ceramics | |
|-----------------------|--------------------|---------|-----------------|---------|---------------|---------|-----------------|---------|
| Period | II-I millennium BC | | VIII-IX century | | X-XII century | | | |
| № sample | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Microhardness, H | 270 MPa | 143 MPa | 131 MPa | 318 MPa | 215 MPa | 407 MPa | 651 MPa | 835 MPa |
| Average microhardness | 206,5 MPa | | 224,4 MPa | | 311 MPa | | 743 MPa | |

Results of measurement of the microhardness showed that in the average the microhardness increased over time. Comparing microhardness and the average firing temperature setting E.V. Saiko on the basis of a comprehensive method for studying the pottery for different times (Table 2) [6], that is increased for all epochs gradually, but constantly (Fig. 1), as well as microhardness (Fig. 2). Therefore, the hardness increases with increasing firing temperature.

Table 2

Average firing temperature by E.V. Saiko

| Period | VI-V millennium BC | II-I millennium BC | I-II centuries | VIII-IX centuries | X-XII centuries | Modern ceramics |
|------------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Firing temperature, °S | 650 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1050 |

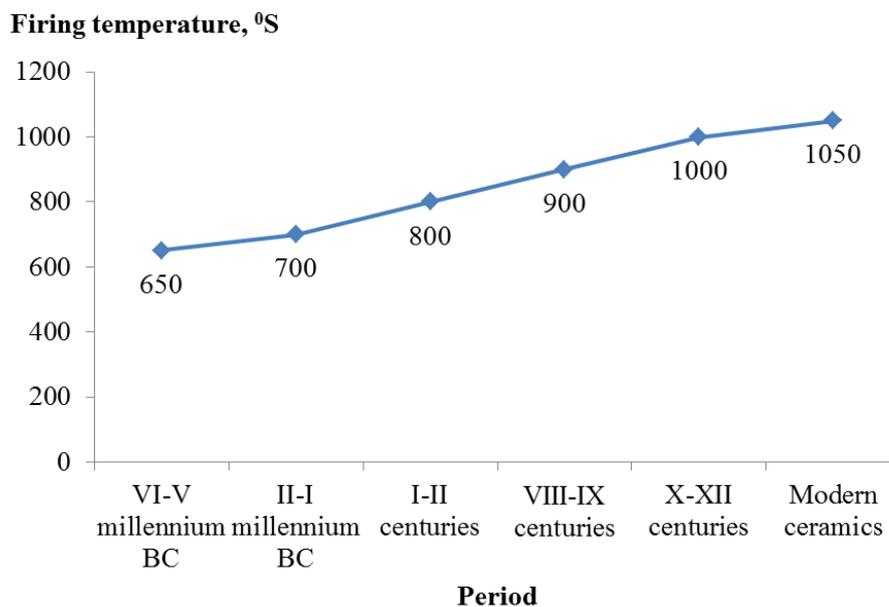


Fig. 1. Graph of depending on firing temperature of ancient and modern ceramics from the time

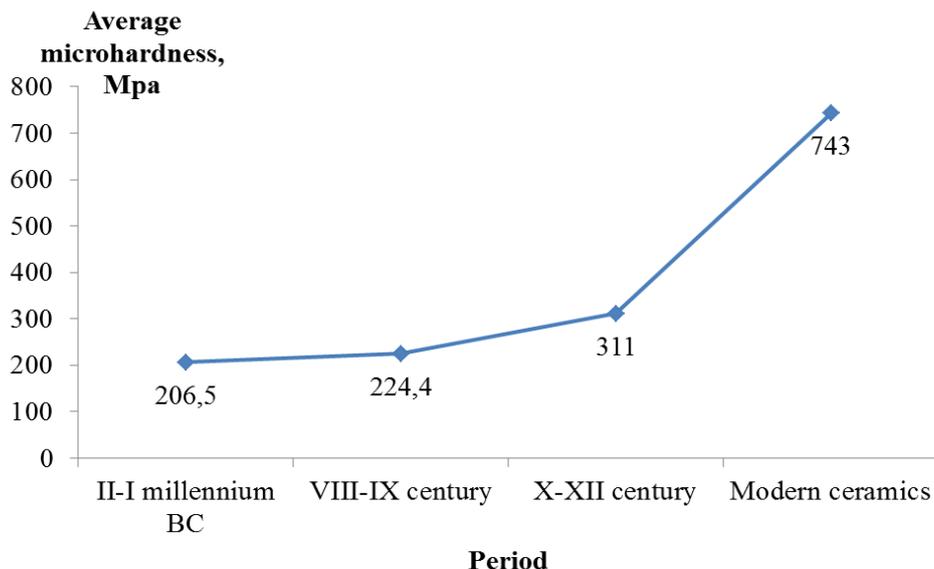


Fig. 2. Graph of depending on the microhardness of ancient and modern ceramics from the time

Conclusions: Measurement of microhardness of ceramics of different periods and modern shows that the hardness increases over time and differs sharply. Such a difference is due to the following factors:

1. The phase transition has occurred, as all transient processes in the ceramic occur at a temperature above 950°C . At a temperature above 950°C acicular mullet is formed which is a reinforcing system. Thereby a liquid phase is formed that connects the particles together, thereby increasing the hardness of the ceramic.
2. Ancient Ceramists cannot reach high temperatures, and also constant temperature in the furnace which leads to lowering the hardness of ceramics.
3. The composition of the clay was determined by eye, empirically, based on the experience of ceramists.

References

1. Bernshtam A.N. Historical and archaeological essays on the Tien-Shan and Semirechye. // Selected works on archeology and history of the Kyrgyz people and Kyrgyzstan: in 2 v. – B.: Aybek, 1997. – p.142-147.
2. Goryacheva V.D. Monuments of ancient Uzgen // PC. Vyp. 2. / Frunze. 1975. P.67-73.
3. Kasymova M.T., Sardarbekova E.K. Study of clay loams for the production of rough building ceramics // Proc. works. / Herald Kyrg. Ros. Slavs. un., 2005, Volume 5, №3. – p. 108-112.
4. Ormonbekov T.O., Kenensariyev K.S., Sayakbayev J.C., Oruzbaeva G.T. The development of technology in ancient Kyrgyz // Science and New Technologies, KTU, 2001, №1. – p. 126-130.
5. Oruzbaeva G.T., Omarbekova A.O. Comparative analysis microhardness of ancient ctramics discovered on the territory of Kyrgyzstan // Vestnik KazNTU, 2015, №4. – p. 393-395.
6. Saiko E.V. Technique and technology of ceramic production in Central Asia in the historical development. – M.: 1982.
7. Tashbayeva K.I. The culture of the early nomads of the Tien Shan and Alai (1 millennium BC.). – Bishkek: Ilim, 2011. – 274 p.: ill.
8. Vinnyk D.F. Works in the Uzgen Oasis // AO-1969. P. 524.
9. Zadneprovsky Y.A. Ancient agriculture of Fergana. // MIA. – 1962. – №118.

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОТВЕРСТИЙ ОБРАБОТАННЫХ СВЕРЛЕНИЕМ

Рагрин Николай Алексеевич, д.т.н., проф., КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, E-Mail: n_ragrin@mail.ru

Айнабекова Айнуур Алмановна, ст. преподаватель КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66,

Дыйканбаева Урпия Маматкадыровна, ст. преподаватель, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, E-Mail: urpia71@mail.ru

Аннотация. Известно, что более 60% деталей машин и механизмов имеют отверстия. Сверление единственный способ получения отверстий резанием, поэтому сверла являются одним из наиболее часто применяемых режущих инструментов. Поэтому быстрорежущие спиральные сверла занимают наибольший удельный вес в общем объеме производства режущего инструмента (около 30%). Сверление всегда является первым технологическим переходом при обработке отверстий резанием, за которым следуют: рассверливание, черновое и чистовое зенкерование, нормальное, точное и тонкое развертывание, зависящие от необходимых параметров качества отверстий. Трудоемкость обработки таких отверстий достаточно высока и зависит не только от большого количества технологических переходов, но и от высокой стоимости режущих инструментов. Поэтому проблема повышения качества отверстий, обработанных сверлением, с целью снижения общей трудоемкости обработки деталей достаточно актуальна. В работе представлены результаты лабораторных исследований закономерностей влияния осевого биения режущих кромок спиральных сверл и параметров режима резания на показатели качества просверленных отверстий. Разработана математическая модель, позволяющая с высокой точностью рассчитывать параметры качества отверстий, обработанных сверлением при варьировании параметрами режима резания и осевым биением режущих кромок. Разработаны нормативы параметров режима резания, повышающие качество отверстий.

Ключевые слова: сверло, отверстие, допуск, размер, качество, диаметр, скорость.

DEVELOPMENT AND SUBSTANTIATION OF REGULARITIES OF INCREASING QUALITY FACTORS OF PROCESSED HOLES DRILLING

N. A. Ragrin, doctor of technical sciences, prof. KSTU named after I. Razzakov, 720044 Bishkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av., e-mail: n_ragrin@mail.ru,

AA Ainabekova, art. prep. KSTU named after I. Razzakov, 720044 Bishkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av.

Dyikanbaeva Urpiia, Senior Instructor, KSTU named after I. Razzakov, 720044 Bishkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av., E-Mail: urpia71@mail.ru

Annotation. It is known that more than 60% of machine parts and mechanisms have holes. Drilling is the only way to get holes by cutting, so drills are one of the most commonly used cutting tools. Therefore, high-speed spiral drills occupy the largest share in the total production of cutting tools (about 30%). Drilling is always the first technological transition in the machining of holes by cutting, followed by: reaming, roughing and finishing, normal, precise and fine deployment, depending on the necessary parameters for the quality of the holes. The complexity of processing such holes is high enough and depends not only on a large number of technological transitions, but also on the high cost of cutting tools. Therefore, the problem of improving the quality of holes

treated with drilling, in order to reduce the overall laboriousness of processing parts is quite relevant. The paper presents the results of laboratory studies of the regularities of the influence of the axial runout of the cutting edges of spiral drills and the parameters of the cutting regime on the quality indicators of drilled holes. A mathematical model has been developed that makes it possible to calculate with high accuracy the parameters of the quality of the holes treated with pore drilling by varying the parameters of the cutting regime and axial beating of the cutting edges. The standards for the parameters of the cutting regime are developed, which increase the quality of the holes.

Key words: drill, hole, tolerance, size, quality, diameter, speed.

Анализ качества отверстий технологической оснастки

В таблице 1 приведены результаты анализа качества отверстий технологической оснастки: штампов, пресс-форм, лит-форм, применяемых на предприятиях г. Бишкек.

Таблица 1

| Диаметр, мм | Квалитет допуска размера | Шероховатость Ra, мкм | Допуск перпендикулярности оси отверстий, мм | Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм | Назначение отверстия |
|-------------|--------------------------|-----------------------|---|---|-------------------------|
| 10-13 | 7 | 0,8 | 0,02 | 5 - 15 | Под знаки |
| 14-16 | 9-7 | 0,8 | 0,02 | 5 - 15 | Под выталкиватели |
| 16-20 | 7 | 0,8 | 0,04 – 0,06 | 5 - 15 | Под направляющие втулки |

Представленные в таблице 1 отверстия в основном содержат такие детали оснастки, как плиты: верхние, нижние, держатели матриц и пуансонов и т.п., каждая из которых имеет до десяти высокоточных отверстий различного диаметра. Технологический процесс обработки отверстий небольших диаметров, показанных в таблице 1, для достижения указанных параметров качества, содержит несколько переходов зенкерования и развертывания после сверления и достаточно трудоемок. При этом немаловажным фактором является стоимость металлорежущих инструментов, которая возросла более чем в сто раз, по сравнению с советским периодом. Поэтому в представленной работе рассмотрена достаточно актуальная проблема повышения качества отверстий, обработанных быстрорежущими спиральными сверлами, с целью снижения трудоемкости изготовления деталей.

Общепринятым технологическим способом повышения качества поверхности отработанной резанием является увеличение скорости резания [1]. На рисунке 1 приведена зависимость разбивки отверстий от скорости резания при обработке быстрорежущими спиральными сверлами диаметром 11 мм [2]. Под разбивкой понимается разность между диаметром отверстия и рабочим диаметром сверла.

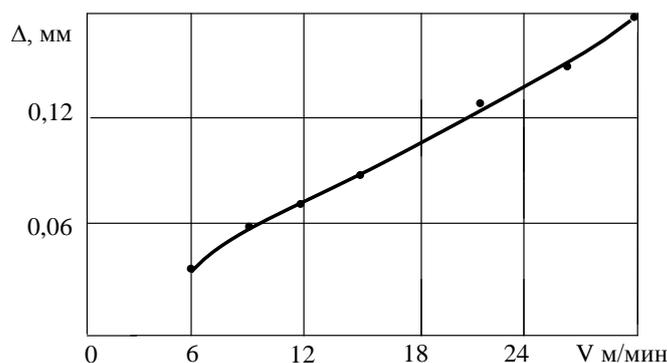


Рис. 1. Зависимость разбивки отверстий от скорости резания

Математическое выражение зависимости (рисунок 1) имеет вид

$$\Delta = 0,0063 \cdot V^{0,99}, \quad (1)$$

где Δ – разбивка отверстия, V – скорость резания.

Известно, что спиральными сверлами из быстрорежущей стали нельзя работать с высокими скоростями резания по причине сравнительно невысокой теплостойкости (650 °С) [1].

Повысить скорость резания можно использованием твердосплавных пластин для режущих лезвий сверл. Однако увеличение скорости резания, например всего лишь до 100 м/мин приведет к увеличению разбивки отверстий до 0,6 мм (1), что практически недопустимо (13 квалитет допуска размера для сверл указанного диаметра составляет 270 мкм [3]). Поэтому для спиральных сверл общепринятый технологический способ повышения качества отработанной поверхности увеличением скорости резания неприемлем.

В работе [2] на основании анализа скоростей резания при протягивании сделано предположение, что при сверлении на скоростях резания 3 - 6 м/мин можно ожидать повышения качества обработанной поверхности.

Методы повышения качества отверстий при сверлении

В работе [4] на основании экспериментальных исследований обоснован путь повышения качества отверстий, обработанных сверлением, применением скоростей резания меньших 6 м/мин. На скорости резания 6 м/мин рассчитанная по формуле (1) разбивка составляет 0,037 мм, что менее 9 квалитета допуска размера отверстий диаметром от 10 до 18 мм который составляет 43 мкм [3]. Для получения этого квалитета допуска для отверстий указанного диаметра рекомендуется чистовое зенкерование после чернового [3].

Помимо скорости резания на качество обработанных сверлением отверстий большое влияние оказывает толщина стружки – подача, от величины которой зависит сила давления стружки на передние поверхности режущих лезвий и высота нароста. От силы резания зависит качество поверхностного слоя отверстий – величина и знак остаточных напряжений, а также величина наклепа, нарост существенно и отрицательно влияет на качество обработанной поверхности [1].

На качество обработанных сверлением отверстий большое влияние оказывает погрешности заточки спиральных сверл, а именно осевое и радиальное биение режущих кромок, а также способ заточки задних поверхностей [5]. В работе [5] отмечено, что значительно уменьшить погрешности заточки можно применением двухплоскостной заточки сверл, которая применялась при проведении лабораторных исследований.

Испытывались быстрорежущие спиральные сверла диаметром 11,0 мм по ГОСТ [6] класс точности А1. Сверлились сквозные отверстия глубиной 3d в заготовках из стали 45 190НВ. Чтобы обеспечить действенный контроль перпендикулярности оси отверстий относительно технологических баз, заготовки фрезеровались и шлифовались с шести сторон.

Осевое биение режущих кромок сверл, установленных в шпинделе станка, измерялось микрометром часового с ценой деления 0,01 мм, закрепленном на магнитном штативе. Таким же микрометром, закрепленным в стойке нутромера, измерялась разбивка отверстий. Разбивка отверстий контролировалась на трех уровнях: на входе в отверстие, посередине отверстия и на выходе из отверстия, учитывалось максимальное отклонение от рабочего диаметра сверла на каждом уровне. Шероховатость поверхности отверстий определялась сравнением с образцами шероховатости. Измерения величины отклонения от перпендикулярности оси отверстий относительно технологических баз проводились с помощью у цифрового штангенциркуля с дискретностью 0,01мм. Измерялось расстояния от технологических баз до стенок отверстий в двух взаимно перпендикулярных плоскостях с двух сторон. Параметры режима резания, которые использовались при проведении лабораторных исследований, представлены в таблице 2.

Таблица 2

| | | | | | |
|-----------|----------|---------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| n, об/мин | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 |
| V, м/мин | 2,18 | 2,76 | 3,45 | 4,32 | 5,53 |
| S, мм/об | 0,2;0,25 | 0,16;0,2;0,25 | 0,13;0,16; 0,2;0,25 | 0,1;0,13; 0,16;0,2; 0,25 | 0,078;0,1;0,13; 0,16;0,20;0,25 |

Чтобы обеспечить такие скорости резания испытания проводились на широкоуниверсальном фрезерном станке повышенной точности модели 675П. При установке в шпиндель станка контролировались осевое и радиальное биения режущих кромок.

Первоначально были проведены испытания спиральных сверл с конической заточкой задних поверхностей по ГОСТ [7] класс точности В, у которых допуски осевого и радиального биения режущих кромок были в пределах допусков, установленных ГОСТ [8]. Для класса точности В ГОСТом [8] для сверл диаметром св. 10 мм установлен допуск радиального биения режущих кромок 0,16 мм, и осевого – 0,3 мм.

После установки в шпиндель станка радиальное и осевое биения режущих кромок составили 0,3 мм. В таблице 3 представлены максимальные величины разбивки отверстий при сверлении сверлами с конической заточкой.

Таблица 3

| | | | | | | |
|----------|-------|------|------|------|------|------|
| S, мм/об | 0,078 | 0,1 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,25 |
| V, м/мин | | | | | | |
| 2,18 | | | | | 0,26 | 0,26 |
| 2,76 | | | | 0,23 | 0,25 | 0,27 |
| 3,45 | | | 0,25 | 0,27 | 0,30 | 0,27 |
| 4,32 | | 0,34 | 0,34 | 0,32 | 0,27 | 0,27 |
| 5,53 | 0,34 | 0,30 | 0,29 | 0,30 | 0,27 | 0,27 |

В таблице 3 видно, что при низком качестве изготовления и заточки сверл скорость резания практически не оказывает влияния на разбивку отверстий. На скоростях резания 4,32 и 5,53 м/мин наблюдается некоторое уменьшение разбивки отверстий с увеличением подачи. Причиной этого может быть большое осевое биение режущих кромок, при котором на малых подачах сверло практически работает одним зубом и момент резания приложен на один зуб сверла. С увеличением подачи в работу вступает второй зуб, и работа сверла несколько стабилизируется. На рисунке 2 показан характер зависимости разбивки отверстий от подачи при работе на скорости резания 5,53 м/мин.

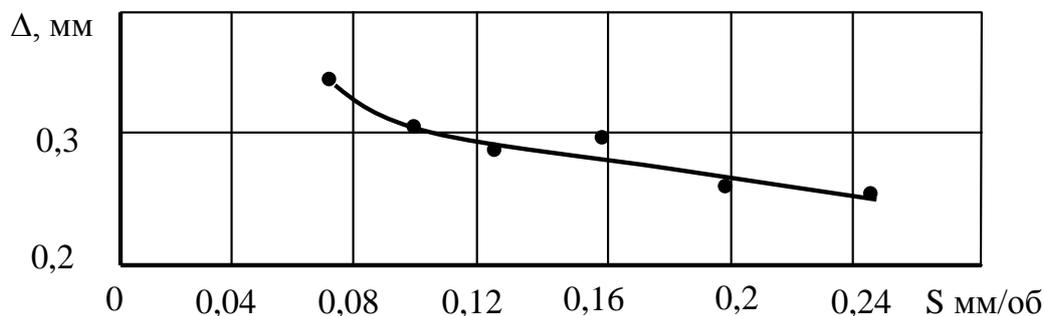


Рис. 2. Зависимость разбивки отверстия от подачи при сверлении сверлами с конической заточкой на скорости резания 5,53 м/мин

При работе сверлами с низким качеством изготовления и заточки точность отверстий не превышает 13 квалитет допуска размера отверстия.

ГОСТом [8] для сверл класса точности А1 диаметром св. 10 мм установлен допуск радиального биения режущих кромок 0,12 мм, и осевого – 0,06 мм. После установки в

шпиндель станка радиальное и осевое биения режущих кромок сверл с двухплоскостной заточкой класса точности А1 составило 0,08 мм. В таблице 4 приведены величины максимальной разбивки отверстий при работе сверлами диаметром 11 мм высокого качества изготовления и заточки.

Таблица 4

| S, мм/об \ V, м/мин | 0,078 | 0,1 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,25 |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 2,18 | | | | | -0,01 | -0,01 |
| 2,76 | | | | -0,01 | -0,01 | 0,01 |
| 3,45 | | | -0,01 | 0 | 0 | 0,02 |
| 4,32 | | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0,03 |
| 5,53 | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |

В таблице 4 видно, что при сверлении сверлами с высоким качеством изготовления и заточки разбивка отверстий значительно меньше, представленной в таблице 3 и лишь при работе на скорости 5,53 м/мин с подачей 0,25 мм/об превысила 9 квалитет допуска размера [3]. Характер изменения разбивки с увеличением скорости резания тоже изменился. С увеличением скорости резания разбивка отверстий значительно увеличивается (рисунок 3).

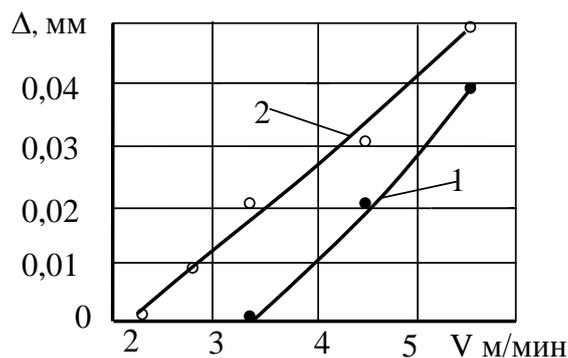


Рис. 3. Зависимость разбивки отверстий от скорости резания при сверлении сверлами с двухплоскостной заточкой: 1 – подача 0,2 мм/об, 2 – 0,25 мм/об

При этом на скорости резания 4,32 м/мин качество отверстий находится в пределах 8 квалитета допуска размера. Подача также оказывает существенное влияние на разбивку отверстий, однако в отличие от результатов испытаний сверл низкого качества изготовления и заточки с увеличением подачи диаметр отверстий не уменьшается, а увеличивается (рисунок 4).

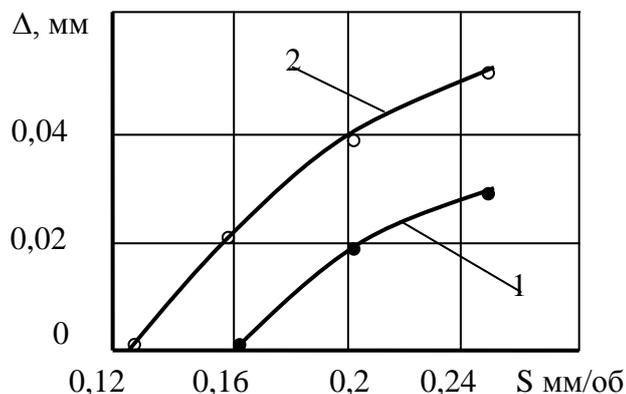


Рис. 4. Зависимость разбивки отверстий от подачи при сверлении сверлами с двухплоскостной заточкой: 1 – скорость резания 4,32 м/мин, 2 – 5,53 м/мин

В таблице 4 видно, что при работе на определенных скоростях резания диаметр отверстия практически равен рабочему диаметру сверла, а при работе на низких скоростях резания (2,18 - 3,45 м/мин) при определенных подачах диаметры просверленных отверстий меньше на 0,01 мм рабочего диаметра сверл. Причиной уменьшения диаметра может быть упругое последствие обрабатываемого материала после вывода сверла из отверстия.

Диаметр просверленного отверстия меньший рабочего диаметра сверла, нежелательное явление для технологии обработки отверстий, поэтому рациональными скоростями резания являются 5,53 м/мин при подачах 0,2 мм/об и меньших, и 4,32 м/мин при подачах 0,25 мм/об и меньших. На этих скоростях резания и подачах разбивка отверстий не превышает 8-9 качества допуска размера [3] (таблица 4).

В результате аппроксимации кривой 1 рисунка 4 методом, представленным в работе [9], получено уравнение

$$\Delta = 3,299 \cdot 10^{-4} V^{2,8}. \quad (2)$$

В таблице 5 представлены расчетные и фактические значения разбивки отверстий и погрешность расчетов.

Таблица 5

| V | Δ расч. | Δ факт. | % погр. |
|------|---------|---------|---------|
| 4,32 | 0,0198 | 0,02 | 1,0 |
| 5,53 | 0,0396 | 0,04 | 1,0 |

В результате аппроксимации кривой 1 рисунка 3.11 получено уравнение

$$\Delta = 0,391 S^{1,8475}. \quad (3)$$

В таблице 6 представлены расчетные и фактические значения разбивки отверстий и погрешность расчетов.

Таблица 6

| | Δ расч. | Δ факт. | % погр. |
|------|---------|---------|---------|
| 0,2 | 0,01999 | 0,02 | 0,05 |
| 0,25 | 0,03019 | 0,03 | 0,63 |

В результате несложной математической операции [10] получена математическая зависимость

$$\Delta = 0,0065 V^{2,8} S^{1,8475}. \quad (4)$$

В таблице 7 представлены расчетные по зависимости (4) и фактические значения разбивки отверстий и погрешность расчетов.

Таблица 7

| V | S | Δ расч. | Δ факт. | % погр. |
|------|------|---------|---------|---------|
| 4,32 | 0,2 | 0,01999 | 0,02 | 0,05 |
| 4,32 | 0,25 | 0,03019 | 0,03 | 0,63 |
| 5,53 | 0,2 | 0,0399 | 0,04 | 0,25 |

Высокое совпадение расчетных и фактических данных позволяет с помощью зависимости (4) прогнозировать качество отверстий при варьировании параметрами режима резания, например на скорости резания 4 м/мин при подаче 0,2 мм/об рассчитанные значения разбивки составят 0,016 мм, что соответствует 7 качеству допуска размера отверстий обработанных точным развертыванием [3].

Разработка математической модели, обеспечения показателей качества отверстий, обработанных сверлением

Проведены испытания спиральных сверл с конической заточкой задних поверхностей по ГОСТ [6] классов точности В, В1 у которых допуск осевого биения режущих кромок, установленных ГОСТ [8], должен быть не более 0,3, 0,23 мм соответственно, и сверла с

двухплоскостной заточкой задних поверхностей класса точности А1, у которых допуск осевого биение режущих кромок, установленных ГОСТ [8], не должен превышать 0,06 мм.

После установки в шпиндель станка осевое биение режущих кромок δ составило: у сверл класса точности В - 0,3 мм, В1 – 0,2 мм, А1 – 0,08 мм.

В таблице 8 представлена максимальная разбивка отверстий на трех уровнях при различных осевых биениях режущих кромок сверл на скоростях резания 5,53 м/мин и 4,32 м/мин. По результатам экспериментальных исследований, представленных в работе [11], показано, что на этих скоростях резания при работе сверлами класса точности А1 с двухплоскостной заточкой задних поверхностей параметры качества просверленных отверстий соответствуют требованиям к качеству отверстий после точного развертывания. Вместе с тем эти скорости резания позволяют работать с наибольшей производительностью в сравнении с параметрами режима резания, выбранными для лабораторных исследований (таблица 2).

Таблица 8

| V, м/мин | δ , мм | S, мм/об | | | | | |
|----------|---------------|---------------|------|------|------|------|------|
| | | 0,078 | 0,1 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,25 |
| | | Δ , мм | | | | | |
| 4,32 | 0,3 | | 0,34 | 0,32 | 0,32 | 0,20 | 0,27 |
| | | | 0,21 | 0,22 | 0,22 | 0,27 | 0,24 |
| | | | 0,23 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,21 |
| 5,53 | | 0,34 | 0,30 | 0,29 | 0,30 | 0,22 | 0,22 |
| | | 0,24 | 0,27 | 0,29 | 0,24 | 0,22 | 0,27 |
| | | 0,27 | 0,26 | 0,29 | 0,23 | 0,27 | 0,21 |
| 4,32 | 0,2 | | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,12 | 0,12 |
| | | | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,06 |
| | | | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,08 |
| 5,53 | | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,12 | 0,15 |
| | | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,06 |
| | | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,07 | 0,05 | 0,05 |
| 4,32 | 0,08 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0,02 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0,03 |
| 5,53 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,03 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,03 | 0,05 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |

В таблице 8 видно, что при осевом биении равном 0,3 мм скорость резания практически не оказывает влияния на разбивку отверстий. Это может быть следствием того, что при работе практически на всех подачах вся нагрузка приходится на один зуб сверла. При работе на подачах 0,2 мм/об и 0,25 мм/об наблюдается незначительное уменьшение разбивки отверстий причиной которого может быть некоторая компенсация влияния радиального биения осевым биением за счет увеличения осевой силы и момента резания при увеличении толщины срезаемого слоя. При осевом биении 0,2 мм/об влияние скорости резания и подачи на разбивку отверстий имеет место, с увеличением скорости резания и подачи разбивка увеличивается. При этом наблюдается характерное изменение величины разбивки вдоль оси сверла. При работе практически на всех подачах на верхнем уровне отверстия разбивка больше и уменьшается к среднему уровню. Причиной этого может быть колебательные движения вершины сверла при врезании в отверстие, которые впоследствии

уменьшаются, компенсируясь осевым биением режущих кромок. Причиной увеличения разбивки на выходе из отверстия на скорости 4 м/мин может быть уменьшение влияния осевого биения режущих кромок.

При работе сверлами класса точности А1 с двухплоскостной заточкой задних поверхностей на подачах 0,078-0,13 разбивка равна нулю. С увеличением подачи и скорости резания разбивка увеличивается, но изменение разбивки вдоль оси сверла имеет другой характер, разбивка увеличивается от верхнего к нижнему уровню. Причиной этого может быть, что при двухплоскостной заточке поперечное лезвие является ломанной линией с вершиной на оси сверла, поэтому оно выполняет роль центровки без погрешностей установки, исключая колебания режущей части сверла при врезании в отверстие. Влияние осевого биения на разбивку отверстия в полной мере сказывается при врезании сверла на всю длину режущих кромок, т.е. на глубине отверстия равной 10 мм.

На рисунке 5 показан характер зависимости разбивки отверстий от осевого биения режущих кромок при работе на скоростях резания 5,53 м/мин и 4,32 м/мин.

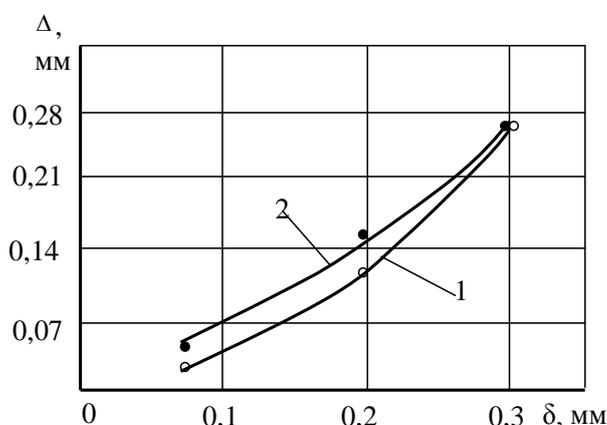


Рис. 5. Зависимость разбивки отверстия от осевого биения режущих кромок на скоростях резания 1 - $V = 4,32$ м/мин, 2 - $V = 5,53$ м/мин и подаче $S = 0,2$ мм/об

Аппроксимация кривой 1 (рисунок 5) позволила получить уравнение

$$\Delta = 2,89\delta^{1,97} \quad (5)$$

Аппроксимация кривой 2 (рисунок 5) позволила получить уравнение

$$\Delta = 1,54\delta^{1,45} \quad (6)$$

В таблице 9 показано соответствие рассчитанных по зависимостям (5) и (6) данными с фактическими результатами исследований.

Таблица 9

| Зависимость (1) | | | | Зависимость (2) | | | |
|-----------------|----------------|----------------|------|-----------------|----------------|----------------|------|
| № | Δ факт. | Δ расч. | % | № | Δ факт. | Δ расч. | % |
| 1 | 0,02 | 0,0199 | 0,5 | 1 | 0,04 | 0,0395 | 1,25 |
| 2 | 0,12 | 0,121 | 0,83 | 2 | 0,15 | 0,149 | 0,66 |
| 3 | 0,27 | 0,269 | 0,37 | 3 | 0,27 | 0,269 | 0,37 |

В таблице 9 видно высокое соответствие рассчитанных по зависимостям (5) и (6) значений разбивки отверстий с фактическими экспериментальными данными. Погрешность расчетов не превышает 1,25%.

Выше на основании лабораторных исследований разработана зависимость (4) для расчета разбивки отверстий в зависимости от параметров режима резания

$$\Delta = 0,0065V^{2,8} S^{1,8475} \quad (4)$$

В результате несложных математических операций с зависимостями (4) (5) и (6) получены зависимости для расчета разбивки обрабатываемых отверстий, учитывающие параметры режима резания и осевое биение режущих кромок

$$\Delta = 0,937\delta^{1,97} V^{2,8} S^{1,8475} \quad (7)$$

$$\Delta = 0,2525\delta^{1,45} V^{2,8} S^{1,8475} \quad (8)$$

Зависимость (7) для скорости резания 4,32 м/мин и подачи 0,2 мм/об, зависимость (8) для скорости резания 5,53 м/мин и подачи 0,2 мм/об.

В таблице 10 представлены фактические и рассчитанные по формулам (7) и (8) значения разбивки отверстий и погрешности расчетов.

Таблица 10

| Зависимость (4) | | | | | Зависимость (5) | | | | |
|-----------------|-------|---------|---------|------|-----------------|-------|---------|---------|------|
| № | δ, мм | Δ факт. | Δ расч. | % | № | δ, мм | Δ факт. | Δ расч. | % |
| 1 | 0,08 | 0,02 | 0,0198 | 1,0 | 1 | 0,08 | 0,04 | 0,0398 | 1,5 |
| 2 | 0,2 | 0,12 | 0,121 | 0,83 | 2 | 0,2 | 0,15 | 0,1503 | 0,22 |
| 3 | 0,3 | 0,27 | 0,269 | 0,37 | 3 | 0,3 | 0,27 | 0,2706 | 0,23 |

В таблице 10 видно высокое соответствие рассчитанных по зависимостям (7) и (8) значений разбивки отверстий с фактическими экспериментальными данными. Погрешность расчетов не превышает 1, 5%.

В таблице 11 представлены значения шероховатости поверхности отверстий при различных: осевых биениях режущих кромок, скоростях резания и подачах.

Таблица 11

| V, м/мин | δ, мм | S, мм/об | | | | | |
|----------|-------|----------|------|------|------|------|------|
| | | 0,078 | 0,1 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,25 |
| 4,32 | 0,3 | Ra, мм | | | | | |
| | | | 6,3 | 6,3 | 12,5 | 12,5 | 12,5 |
| 5,53 | 0,2 | 6,3 | 6,3 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 |
| 4,32 | | | 3,2 | 3,2 | 6,3 | 6,3 | 6,3 |
| 5,53 | 0,08 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 6,3 | 6,3 | 6,3 |
| 4,32 | | | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,60 | 1,60 |
| 5,53 | | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,60 | 1,60 |

Как видно в таблице 11 шероховатость поверхности отверстий зависит от параметров режима резания, увеличивается с увеличением скорости резания и подачи, при этом существенное влияние на шероховатость поверхности отверстий оказывает осевое биение режущих кромок. На рисунке 6 представлен характер зависимости шероховатости поверхности отверстий от осевого биения режущих кромок при работе на скоростях резания V = 5,53 м/мин и V = 4,32 м/мин и на подачах S = 0,25 мм/об и S = 0,2 мм/об.

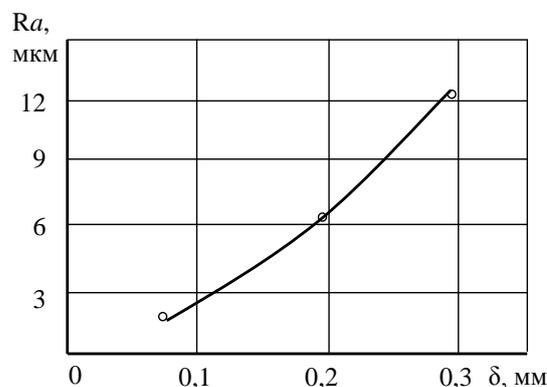


Рис. 6. Зависимость шероховатости поверхности обработанных отверстий от осевого биения режущих кромок

Аппроксимация кривой графика представленного на рисунке 6 позволила получить зависимость

$$Ra = 81,3\delta^{1,57} \quad (9)$$

В таблице 12 приведены фактические и рассчитанные по зависимости (9) значения шероховатости поверхностей обработанных отверстий и погрешность расчетов.

Таблица 12

| № | δ , мм | Ra факт., мм | Ra расч., мм | % погр. |
|---|---------------|--------------|--------------|---------|
| 1 | 0,08 | 1,6 | 1,54 | 3,75 |
| 2 | 0,2 | 6,3 | 6,5 | 3,17 |
| 3 | 0,3 | 12,5 | 12,28 | 1,76 |

Как видно в таблице 12 соответствие фактических и рассчитанных по зависимости (9) значений шероховатости высокое, погрешность расчетов не превышает 3,75%.

В результате несложных математических операций с зависимостями (4) и (9) получены зависимости для расчета шероховатости поверхности обрабатываемых отверстий, учитывающие параметры режима резания и осевое биение режущих кромок

$$Ra = 26,65\delta^{1,57}V^{2,8}S^{1,8475} \quad (10)$$

$$Ra = 13,35\delta^{1,57}V^{2,8}S^{1,8475} \quad (11)$$

Зависимость (10) для скорости резания 4,32 м/мин, зависимость (11) для скорости резания 5,53 м/мин, при подаче 0,2 мм/об. В таблице 13 приведены фактические и рассчитанные по зависимостям (10) и (11) значения шероховатости поверхностей обработанных отверстий и погрешность расчетов.

Таблица 13

| № | δ , мм | Ra факт., мм | Ra расч., мм | % погр. |
|---|---------------|--------------|--------------|---------|
| 1 | 0,08 | 1,6 | 1,555 | 2,8 |
| 2 | 0,2 | 6,3 | 6,5 | 3,17 |
| 3 | 0,3 | 12,5 | 12,38 | 0,97 |

Как видно в таблице 13 соответствие фактических и рассчитанных по зависимостям (10) и (11) значений шероховатости высокое, погрешность расчетов не превышает 3,17%.

В таблице 14 представлены значения перпендикулярности оси отверстий относительно технологических баз.

Таблица 14

| V, м/мин | δ , мм | S, мм/об | | | | | |
|----------|---------------|--------------|------|------|------|------|------|
| | | 0,078 | 0,1 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,25 |
| 4,32 | 0,3 | \perp , мм | | | | | |
| | | | 0,17 | 0,18 | 0,2 | 0,26 | 0,42 |
| 5,53 | | 0,11 | 0,17 | 0,2 | 0,26 | 0,28 | 0,51 |
| 4,32 | 0,2 | | 0,07 | 0,1 | 0,14 | 0,12 | 0,18 |
| | | 0,07 | 0,12 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,18 |
| 4,32 | 0,08 | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 |
| | | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,05 |

Как видно в таблице 14 осевое биение режущих кромок оказывает существенное влияние на перпендикулярность оси отверстий. В принятом диапазоне изменения осевого биения перпендикулярность оси отверстий изменяется на порядок, например на скорости резания 5,53 м/мин – от 0,51мм до 0,05 мм. При всех значениях осевого биения режущих кромок на перпендикулярность оси отверстий оказывают существенное и однозначное влияние скорость резания и подача. С увеличением скорости резания и подачи значения перпендикулярности оси отверстий увеличиваются. При этом, как видно в таблице 14, при осевом биении режущих кромок сверл 0,08 мм, на скоростях резания 5,53 м/мин и 4,32 м/мин и подачах 0,2 и 0,25 значения перпендикулярности оси отверстий соответствуют требованиям, предъявляемым к деталям технологической оснастки, представленным в таблице 2. На рисунке 7 показан характер изменения перпендикулярности отверстий при изменении осевого биения режущих кромок сверл на скоростях резания 4,2 м/мин и 5,53 м/мин и подаче 0,2 мм/об.

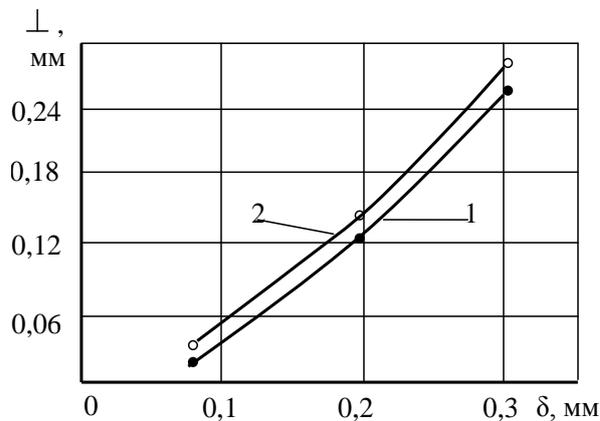


Рис. 7. Влияние осевого биения режущих кромок сверл на перпендикулярность оси отверстий, где 1 – скорость резания 4,32 м/мин, 2 – 5,53 м/мин.

Аппроксимация кривой 1 рисунка 7 позволила получить зависимость

$$\perp = 2,688\delta^{1,934} \tag{12}$$

Аппроксимация кривой 2 рисунка 7 позволила получить зависимость

$$\perp = 2,125\delta^{1,684} \tag{13}$$

В таблице 15 представлены фактические и рассчитанные по зависимостям (12) и (13) значения перпендикулярности оси отверстий и погрешности расчетов.

Таблица 15

| Зависимость (3.12) | | | | Зависимость (3.13) | | | |
|--------------------|---------|---------|------|--------------------|---------|---------|------|
| № | ⊥ факт. | ⊥ расч. | % | № | ⊥ факт. | ⊥ расч. | % |
| 1 | 0,02 | 0,0203 | 1,5 | 1 | 0,03 | 0,03004 | 0,12 |
| 2 | 0,12 | 0,1195 | 0,42 | 2 | 0,14 | 0,1405 | 0,38 |
| 3 | 0,26 | 0,2619 | 0,73 | 3 | 0,28 | 0,278 | 0,65 |

В таблице 15 видно высокое соответствие фактических и рассчитанных по зависимостям (12) и (13) данных, погрешность расчетов не превышает 1,5%. В результате несложных математических операций с зависимостями (4) (12) и (13) получены математические зависимости для расчета перпендикулярности оси обрабатываемых отверстий, учитывающие параметры режима резания и осевое биение режущих кромок

$$\perp = 0,868\delta^{1,934} V^{2,8} S^{1,8475} \tag{14}$$

$$\perp = 0,344\delta^{1,684} V^{2,8} S^{1,8475} \tag{15}$$

Зависимость (14) учитывает параметры режима резания $V = 4,32$ м/мин, $S = 0,2$ мм/об, $S = 0,25$ мм/об. Зависимость (15) - $V = 5,53$ м/мин, $S = 0,2$ мм/об.

В таблице 16 представлены фактические и рассчитанные по формулам (14) и (15) значения перпендикулярности оси отверстий и погрешности расчетов.

Таблица 16

| V = 4,32 м/мин, S = 0,2 мм/об | | | | V = 4,32 м/мин, S = 0,25 мм/об | | | | V = 5,53 м/мин, S = 0,2 мм/об | | | |
|----------------------------------|------------|---------|------|-----------------------------------|------------|---------|------|----------------------------------|------------|---------|------|
| № | ⊥ факт. | ⊥ расч. | % | № | ⊥ факт. | ⊥ расч. | % | № | ⊥ факт. | ⊥ расч. | % |
| 1 | 0,02 | 0,0202 | 0,94 | 1 | 0,03 | 0,0304 | 0,12 | 1 | 0,03 | 0,03004 | 0,12 |
| 2 | 0,12 | 0,1188 | 1,0 | 2 | 0,18 | 0,179 | 0,1 | 2 | 0,14 | 0,1405 | 0,38 |
| 3 | 0,26 | 0,2602 | 0,08 | 3 | 0,4 | 0,393 | 1,75 | 3 | 0,28 | 0,278 | 0,65 |

В таблице (16) видно высокое соответствие фактических и рассчитанных по зависимостям (14) и (15) данных, погрешность расчетов не превышает 1,75%.

Представленные выше результаты исследований позволили разработать математическую модель учитывающую показатели качества отверстий, представленные в таблице 1.

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta = 0,937\delta^{1,97} V^{2,8} S^{1,8475} \quad (7) \\ \Delta = 0,2525\delta^{1,45} V^{2,8} S^{1,8475} \quad (8) \\ Ra = 26,65\delta^{1,57} V^{2,8} S^{1,8475} \quad (10) \\ Ra = 13,35\delta^{1,57} V^{2,8} S^{1,8475} \quad (11) \\ \perp = 0,868\delta^{1,934} V^{2,8} S^{1,8475} \quad (14) \\ \perp = 0,344\delta^{1,684} V^{2,8} S^{1,8475} \quad (15) \end{array} \right.$$

В таблице 17 представлены нормативы параметров режима резания полученные с помощью разработанной математической модели на которых параметры качества обработанных сверлением отверстий соответствуют 9 – 7 качеству допуска размера отверстий при шероховатости поверхности Ra от 1,08 до 1,55 мкм.

Таблица 17

| Квалитет допуска размера | δ , мм | V, м/мин | S, мм/об | Δ , мм | Ra, мкм | ⊥, мм |
|--------------------------|---------------|----------|----------|---------------|---------|-------|
| 9 | 0,08 | 5,53 | 0,2 | 0,04 | 1,55 | 0,03 |
| | 0,12 | 4,6 | 0,2 | 0,043 | 1,75 | 0,035 |
| | 0,15 | 3,65 | 0,2 | 0,043 | 2,6 | 0,04 |
| 8 | 0,08 | 4,8 | 0,2 | 0,027 | 1,05 | 0,02 |
| | 0,12 | 3,62 | 0,2 | 0,027 | 1,79 | 0,027 |
| | 0,15 | 3,095 | 0,2 | 0,027 | 1,64 | 0,027 |
| 7 | 0,08 | 4,15 | 0,2 | 0,018 | 1,39 | 0,018 |
| | 0,12 | 3,13 | 0,2 | 0,018 | 1,19 | 0,018 |
| | 0,15 | 2,67 | 0,2 | 0,018 | 1,08 | 0,018 |

В таблице 12 видно, что на всех режимах резания квалитет точности размера отверстий и шероховатость поверхности соответствует точному развертыванию [3]. Допуск перпендикулярности оси отверстий при 7 квалитете допуска размера соответствует требованиям к качеству отверстий технологической оснастки (таблица 1). При необходимости получения меньшего значения шероховатости поверхности, например Ra = 0,8 мкм (таблица 1), необходимо выполнить тонкое развертывание.

Выводы

1. Определены закономерности влияния параметров режима резания и осевого биения режущих кромок сверл на параметры качества просверленных отверстий.
2. Разработаны математическая модель, и нормативные таблицы параметров качества отверстий, обработанных сверлением, учитывающие осевое биение режущих кромок, и параметры режима резания на которых параметры качества отверстий диаметром свыше 10 до 18 мм, обработанных сверлением, соответствуют 9 – 7 качеству точности размеров при шероховатости поверхности Ra от 1,08 до 1,55 мкм, и перпендикулярности оси отверстий относительно технологических баз от 0,018 до 0,04.

Литература

1. Рагрин Н.А. Обработка материалов и инструменты / Н.А. Рагрин: Учебник – Бишкек: Текник, 2012. – 156 с.
2. Рагрин Н.А., Пути повышения качества обработки сверлением / Н.А. Рагрин, А.А. Айнабекова. – Бишкек: Известия КГТУ им. И. Раззакова, 2012. - № 27. - С.42-43.
3. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. - 5-е издание исправленное. – М.: Машиностроение, 2003. – 912 с., ил.
4. Рагрин Н. А., Научные основы повышения качества поверхности обработанной быстрорежущими спиральными сверлами / Н.А. Рагрин, А.А. Айнабекова, У.М. Дыйканбаева. – М.: Технология машиностроения, 2017. - № 5. - С. 13-16.
5. Рагрин Н.А. Определение закономерностей влияния погрешностей заточки спиральных сверл на их стойкость / Н.А. Рагрин, В.А. Самсонов, А.А. Айнабекова. – М.: Технология машиностроения, 2015. - № 7. - С. 27-31.
6. ГОСТ 10903-77 Сверла спиральные с коническим хвостовиком. Основные размеры.
7. ГОСТ 4010-77 Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Короткая серия. Основные размеры.
8. ГОСТ 2034-80 Сверла спиральные. Технические условия.
9. Рагрин Н.А. Разработка стойкостной модели обеспечения безотказности быстрорежущих спиральных сверл для типа производства / Н.А. Рагрин. – М.: Научная мысль, 2017. № 1. – С. 4-14.
10. Рагрин Н.А. Разработка критериальных зависимостей быстрорежущих спиральных сверл / Н.А. Рагрин. – М.: Научная мысль, 2016. № 1. - С. 39-50.
11. Рагрин Н.А., Разработка путей и методов повышения качества отверстий при сверлении / Н.А. Рагрин, А.А. Айнабекова, А.О. Озгонбеков. – М.: Технология машиностроения, 2018. - № 6. - С. 10-15.

УДК 539.215

О КРИТЕРИИ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Рычков Б.А. профессор КРСУ им.Б.Ельцина, г. Бишкек, Кыргызская Республика, 720000, ул. Киевская, 44, e-mail: rychkovba@mail.ru

Аннотация. На основе известной аналитической зависимости между минимальным и максимальным главными напряжениями при достижении пределов прочности горных пород в случаях неравномерного трёхосного сжатия предложен способ построения огибающей предельных кругов Мора. Показано, что на диаграмме Мора получено уравнение огибающей представляет собой параболу.

Ключевые слова: трёхосное сжатие, пределы прочности, круги Мора, огибающая предельных кругов.

ABOUT THE CRITERION OF ROCK STRENGTH

Rychkov B.A. professor of KRSU named after B.Elcin, Bishkek, Kyrgyz Republic, 720000, 44 Kievskaya st. e-mail: rychkovba@mail.ru

Annotation. Based on the known analytical relationship between the minimum and maximum principal stresses when the rock strength limits are reached in cases of uneven three-axis compression, a method for constructing the envelope of Mohr's limiting circles is proposed. It is shown that on the Mohr diagram, the envelope equation is a parabola.

Keywords: three-axis compression, strength limits, Mohr circles, envelope of limiting circles.

При составлении паспорта прочности горных пород используются экспериментальные данные испытаний цилиндрических образцов на неравномерное трехосное сжатие по схеме Т.Кармана. Определяются предельные (при разрушении образцов) главные напряжения ($\sigma_i = i = 1, 2, 3$) при выполнении соотношений: $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$. По найденным значениям этих напряжений на диаграмме Мора (в координатах $\sigma - \tau$, нормальное – касательное напряжения на наклонных площадках) строятся круги Мора и проводится к ним огибающая, которая и служит критерием прочности. Уравнением круга Мора является:

$$\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} - \sigma \right)^2 + \tau^2 = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right)^2 \quad (1)$$

Данное уравнение можно представить еще в виде:

$$\phi(\sigma, \tau, c) = \sigma^2 + \tau^2 - (1+c)\sigma_1\sigma + c\sigma_1^2 = 0, \quad (2)$$

где в качестве параметра данного семейства кругов фигурирует $c = \sigma_3 / \sigma_1$ – вид напряженного состояния.

Согласно известной теореме [1], огибающая семейства вида (2) должна удовлетворять также уравнению:

$$\phi_c(\sigma, \tau, c) = 0 \quad (\phi_c = \partial\phi / \partial c), \quad (3)$$

а координатами огибающей будут:

$$\sigma = \frac{\sigma_1(\sigma_1 + 2c(\sigma_1)_c)}{(\sigma_1 + (1+c)(\sigma_1)_c)}, \quad \tau = \frac{(1-c)\sigma_1 \sqrt{(\sigma_1 + c(\sigma_1)_c) \cdot (\sigma_1)_c}}{\sigma_1 + (1+c) \cdot (\sigma_1)_c} \quad (4)$$

Выражение (2) можно рассматривать как уравнение второй степени относительно главных напряжений σ_1 и σ_3 . Показано [2], что (в соответствии с классификацией [3] таких уравнений) оно представляет собой уравнение гиперболы в указанных главных осях. Данное обстоятельство (с учетом свойств гиперболы и диаграммы Мора в области больших давлений) позволило [2,4] представить зависимость между этими напряжениями в виде:

$$\sigma_3 = A + \sqrt{\sigma_1^2 + B^2}, \quad (5)$$

где параметры А и В находятся для конкретной горной породы по экспериментальным значениям пределов прочности при каких-либо двух видах осуществленного в опыте напряженного состояния.

Преимущественно зависимости (5) по сравнению с другими подобными

представлениями заключается в том, что по результатам испытаний на трехосное сжатие можно определить предел прочности на растяжение. Продемонстрируем это, используя (в качестве примера) экспериментальные данные для талькохлорита [5], представленные в таблице 1.

Таблица 1

| c | $\sigma_1 \cdot 9,81 \text{ Mpa}$ эксперимент | $\sigma_1 \cdot 9,81 \text{ Mpa}$ расчет | $\sigma \cdot 9,81 \text{ Mpa}$ | $\tau \cdot 9,81 \text{ Mpa}$ |
|-------|--|---|---------------------------------|-------------------------------|
| 0 | 945 | 945 | 206,2 | 390,3 |
| 0,069 | 1320 | 1193 | 366,5 | 484,7 |
| 0,116 | 1420 | 1413 | 519,4 | 563,6 |
| 0,178 | 1730 | 1752 | 774,5 | 672,4 |
| 0,233 | 2340 | 2101 | 1056 | 769,4 |
| 0,322 | 2790 | 2790 | 1636 | 920,2 |
| 0,407 | 3820 | 3591 | 2368 | 1053 |
| 0,51 | 5480 | 4905 | 3594 | 1197 |

В этой таблице приведены также расчетные значения координат (σ, τ) огибающей.

При определении параметров A и B «опорными» послужили напряженные состояния при $c = 0, c = 0,322$. Получено: $A = -3387, B = 3257$ (размерность напряжения). Как следует из формулы (5), сумма $A+B$ доставляет значение предела прочности на растяжение: $\sigma_1 = -129 \cdot 9,81 \text{ Mpa}$, что в точности соответствует экспериментальному его значению.

На основании полученных расчетных значений координат огибающей ее параметрическое выражение формулами (4) представлено в виде зависимости $\tau(\sigma)$ на рис.1.

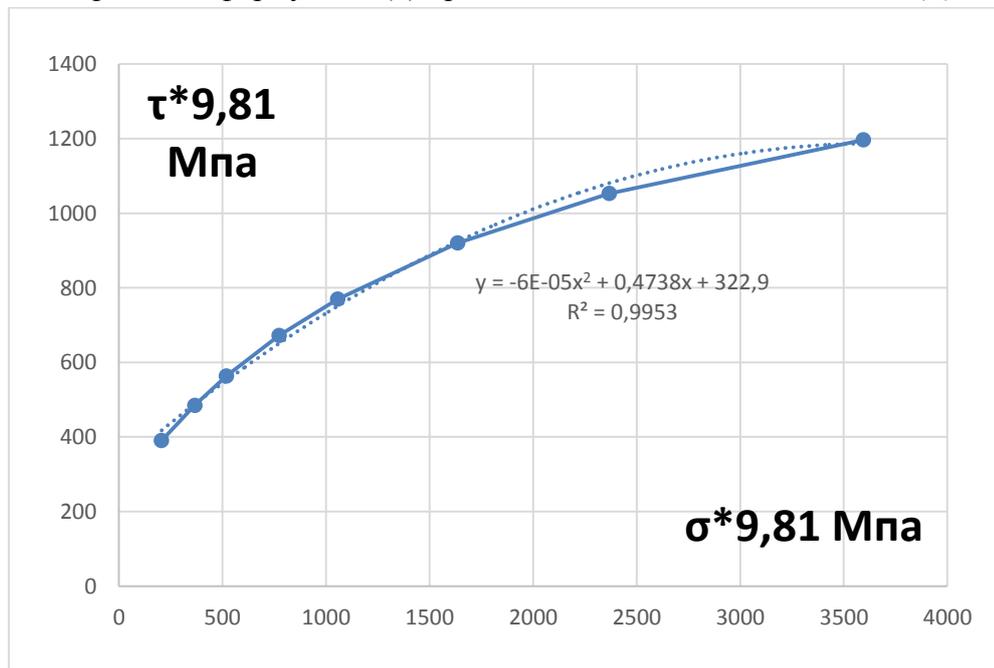


Рис.1. Уравнение огибающей для талькохлорита

Чтобы построить эту зависимость необходимо было иметь выражения для функции $\sigma_1(c)$ и ее производной $(\sigma_1)'_c$. Согласно (5) можно представить:

$$\sigma_1(c) = \frac{-Ac + \sqrt{A^2 - (1-c^2)B^2}}{1-c^2} \tag{6}$$

Тогда

$$(\sigma_1)_c = \frac{c[2A^2 - (1-c^2)B^2] - A(1+c^2)\sqrt{A^2 - (1-c^2)B^2}}{(1-c^2)^2\sqrt{A^2 - (1-c^2)B^2}} \quad (7)$$

Как видно из рис.1, аппроксимация зависимости $\tau(\sigma)$ линией тренда в виде полинома второй степени происходит с достаточно высокой достоверностью.

Общее уравнение второй степени относительно x, y имеет вид:

$$a_{11}x^2 + 2a_{12}xy + a_{22}y^2 + 2a_{13}x + a_{23}y + a_{33} = 0, \quad (8)$$

где $a_{ik} = a_{ki}$ ($i, k = 1, 2, 3$).

Для рассматриваемого случая (при $x = \sigma, y = \tau$) согласно уравнению линии тренда имеем:

$$g\sigma^2 + e\sigma - \tau + f = 0, \quad (9)$$

где

$$g = -6 \cdot 10^{-5}, e = 0,4738, f = 322,9 \quad (10)$$

Следовательно,

$$a_{11} = g, a_{12} = 0, a_{22} = 0, a_{13} = \frac{1}{2}e, a_{23} = -\frac{1}{2}, a_{33} = f, \quad (11)$$

Инвариантами уравнения (10) являются:

$$I = a_{11} + a_{22} = g, D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} g & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} = 0, \quad (12)$$

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} g & 0 & \frac{1}{2}e \\ 0 & 0 & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2}e & -\frac{1}{2} & f \end{vmatrix} = \frac{1}{4}g \neq 0,$$

В соответствии с этими значениями инвариантов A, D выражение (9) представляет собой параболу [3].

Уравнение (9) справедливо в области сжимающих напряжений и характеризует условие прочности. В интервале изменения напряжений от предела прочности на сжатие до предела прочности на растяжение, критерий прочности может быть принят [6] в виде линейной зависимости:

$$\tau = a\sigma + b, \quad (13)$$

где

$$a = \frac{\sigma_c - |\sigma_p|}{2\sqrt{\sigma_c|\sigma_p|}}; b = \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_c|\sigma_p|} \quad (14)$$

Подобное исследование по установлению зависимости $\tau(\sigma)$ произведено ранее [4] в рамках концепции скольжения. Используя сведения, приведенные в [4], получим (в качестве дополнительных примеров) картины огибающих еще для двух горных пород (для выбросоопасного и не опасного по выбросам песчаников), представленные на рис.2, 3. Как видно из соответствующих уравнений линий тренда для этих случаев, они также представляют собой параболу.

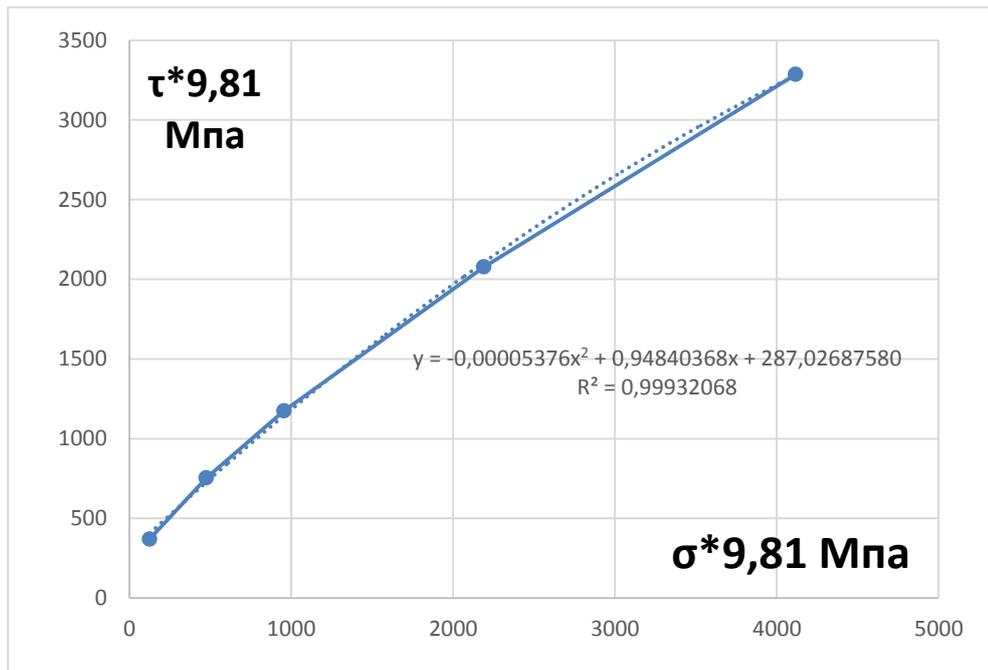


Рис. 2. Уравнение огибающей для выбросоопасного песчаника

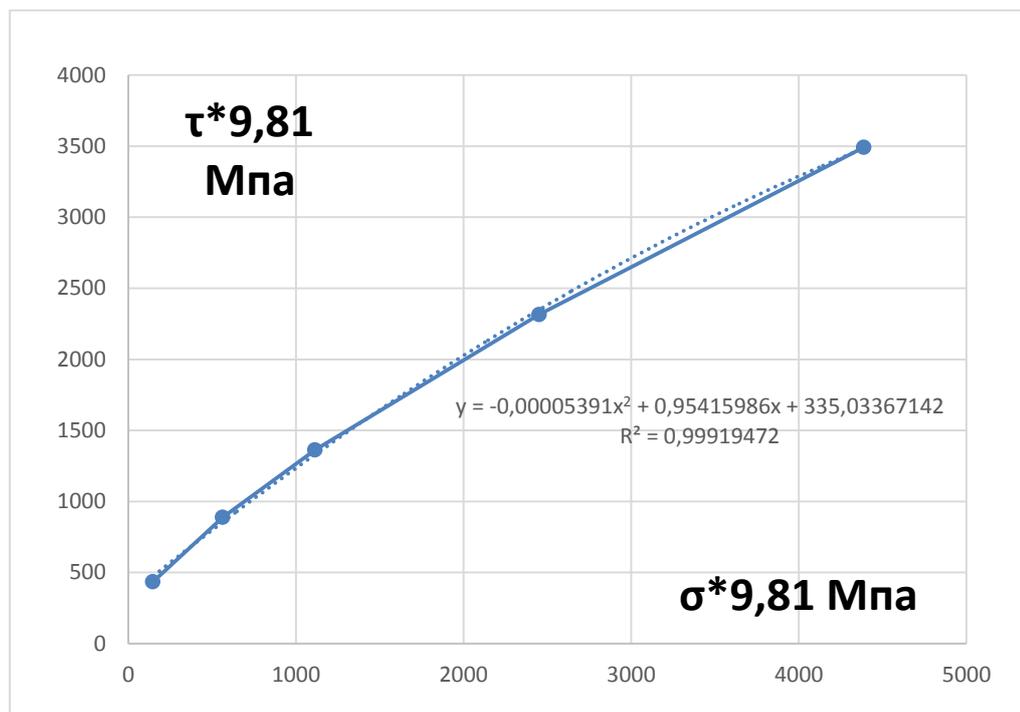


Рис.3. Уравнение огибающей для песчаника, не опасного по выбросам

Список литературы

1. Погорелов А.В. Дифференциальная геометрия. М.: Наука, 1974.
2. Дуйшеналиев Т.Б., Койчуманов К.Т. Уравнение огибающей линии предельных кругов напряжений. Бишкек: Илим, 2006.
3. Корн Г.Т. Справочник по математике для научных работников инженеров. М.: Наука, 1977.
4. Рычков Б.А., Лужанская Т.А. Аналитическое исследование предела прочности при растяжении горных пород// Изв. КГТУ им. И. Раззакова, 2014, № 32, (Часть II), с. 141-145.

5. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Пластичность горных пород. М.: Недра, 1979.
6. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1979.

УДК 656.051

**РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ
МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО
ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ УЛ. ТОГОЛОК МОЛДО – ПР. ЖИБЕК ЖОЛУ
Г. БИШКЕК**

Сарымсаков Бакытбек Ашимбекович, к.т.н., доцент кафедры “Организация перевозок и безопасность движения” КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: basarymsakov@mail.ru, orcid.org/0000-0002-5643-3900

Байжигитов Эламан Байжигитович, аспирант кафедры “Организация перевозок и безопасность движения” КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: ela-man@mail.ru

Исакбеков Нуржигит Анарбекович, студент гр. ТТПб(т)-1-16(17) КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66

Аннотация. Основной целью статьи является повышение безопасности дорожного движения на характерном перекрестке ул. Тоголок Молдо – пр. Жибек Жолу г. Бишкек. На основании анализа нормативных документов, обследования улиц, изучение существующих условий и схемы организации дорожного движения получены данные, позволяющие выявить причины возникновения ДТП и низкий уровень безопасности движения. Предложены мероприятия для устранения опасных участков, снижение аварийности и улучшения экологической обстановки на перекрестке.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, безопасность дорожного движения, перекресток, улично-дорожная сеть.

**IMPLEMENTATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL MEASURES TO
IMPROVE ROAD SAFETY AT THE INTERSECTION OF TOGOLOK MOLDO AND
ZHIBEK ZHOLU STREETS IN BISHKEK**

Sarymsakov Bakytbek Ashimbekovich, PhD (Engineering) science, Associate Professor of the department "Organization of transportation and traffic safety" KSTU I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044 c. Bishkek, Ch. Aitmatov Ave 66, e-mail: basarymsakov@mail.ru

Baizhigitov Elam Baizhigitovich, post-graduate student of the department "Organization of transport and traffic safety" KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek city, Aytmatov Ave 66, e-mail: ela-man@mail.ru

Isakbekov Nurjigit Anarbekovich, student gr. ТТПб(т)-1-16(17) KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave. 66

Annotation. The main purpose of the article is to improve the safety of traffic at a characteristic intersection of ul. Togolok Moldo - Ave Zhibek Zholu, Bishkek. Based on the analysis of regulatory documents, the survey of streets, the study of existing conditions and schemes for organizing traffic, data were obtained that could identify the causes of accidents and a low level of traffic safety. Measures are proposed to eliminate hazardous areas, reduce accidents and improve the environmental situation at the crossroads.

Key words: road accident, road safety, crossroads, street-road network.

Создание первого автомобиля и последующее развитие мировой автомобилизации позволило решить ряд проблем практически во всех сферах жизнедеятельности человека. По сравнению с «живым транспортом» автомобиль позволил совершенствовать многие эксплуатационные показатели, такие как: работоспособность, надежность, скорость сообщения, грузоподъемность и мн. др. Но к сожалению у любой медали есть обратная сторона. Увеличение количества автомобильного транспорта привело к появлению других проблем:

- Ранение и гибель людей а также порча имущества в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП);
- Истощение невозполнимых природных ресурсов;
- Загрязнение окружающей среды;
- Глобальное потепление на земле и др.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) на дорогах ежегодно погибает свыше 1,4 млн людей, 50 млн получают различного рода травмы. Ежегодные потери от ДТП составляют свыше 500 млрд \$ США что составляет 1-5% ВВП в разных странах [4]. ДТП является одной из причин преждевременной смертности, травматизма и инвалидности во всем мире, особенно в молодой возрастной категории. В Кыргызстане ежегодно от ДТП гибнет более 1200 человек, получают ранения до 10000 человек, снижая потенциал страны по таким показателям, как демографический, производственный, социальный и другие. Согласно данным Всемирного банка, экономический ущерб от ДТП в республике составляет 4,3% ВВП.

Основными причинами возникновения ДТП являются, нарушение правил дорожного движения, как со стороны водителей, так и пешеходов, техническая неисправность транспортных средств, а так же увеличение объема пассажирских и грузовых перевозок. Кроме этого, на безопасность движения существенно влияет состояние УДС. Поскольку развитие дорожной сети связано с автомобилизацией, то можно утверждать, что строительство и реконструкция дорог является важной предпосылкой для повышения безопасности движения.

Существенное повышение безопасности движения достигается улучшением дисциплины поведения водителей на дорогах [6]. Как известно около 80% ДТП происходит по вине водителей транспортных средств. Поэтому необходимо улучшать качество подготовки будущих водителей и повышать квалификацию действующих водителей в автошколах, а также пропагандировать уроки безопасности дорожного движения с малых лет в школах.

Более 20% от всех ДТП приходятся на пересечения улиц. Перекрестки являются опасными в виду возникновения и увеличения конфликтных точек. Поэтому для повышения безопасности дорожного движения, каждое пересечение улиц требует индивидуального, тщательного и детального анализа [2].

На основании проведенного теоретического анализа и натурных исследований, было принято решение улучшить организацию и безопасность движения на перекрестке ул. Тоголок Молдо – пр. Жибек Жолу. Исследования перекрестка показали, что подъездные пути к торговому комплексу «Арзан» построены с нарушением, и создают опасные аварийные условия движения. Как показано на рис. 1 автомобиль (Mercedes Benz sprinter), выезжая с территории торгового центра, попадает напрямик на дорогу, создавая аварийную ситуацию. Поэтому велика вероятность того, что многие водители выезжающие из торгового комплекса будут создавать конфликтные ситуации. Дополнительную опасность создает автобусная остановка, которая оказалась на пути въезда в здание. На рис. 1 видно, что водители маршрутных автобусов останавливаются один за другим и затрудняют движение загромождая большую часть дороги. Виновниками сложившейся ситуации можно считать и людей ожидающие свои микроавтобусы, которые выходят на проезжую часть дороги и стоят не на остановочной площадке.



Рис. 1 Исследуемый перекресток ул. Тоголок Молдо – пр. Жибек Жолу

Данный перекресток является регулируемым четырехсторонним. Встречные транспортные потоки на проспекте Жибек Жолу, начиная с пересечения ул. Тоголок Молдо, до восточного автовокзала разделены разделительной полосой. Главной дорогой является проспект Жибек Жолу, улица Тоголок Молдо – второстепенной. Ширина главной дороги в западном направлении составляет 16 м. В восточном направлении – 2 полосы движения по 9 метров каждая. Разделительная полоса движения – 16 метров. Второстепенная дорога имеет ширину 12 метров (рис. 2).

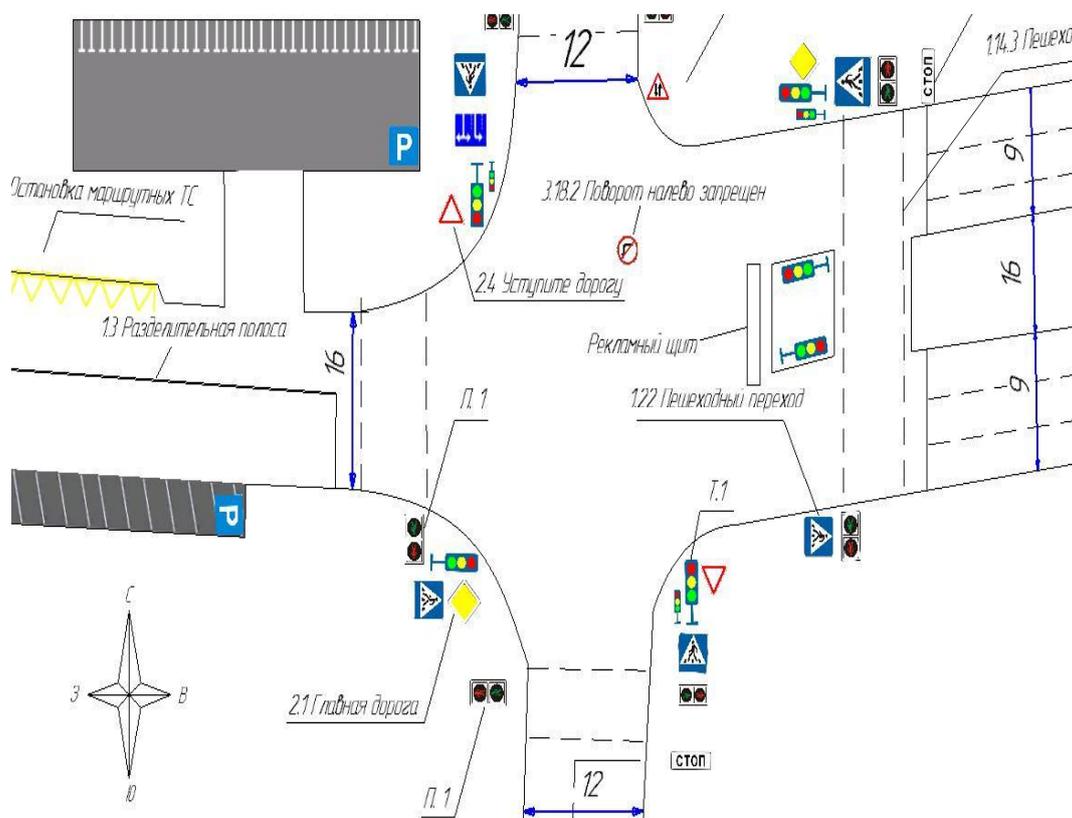


Рис. 2 Существующая схема организации дорожного движения на перекрестке пр. Ж. Жолу – ул. Т. Молдо

Взаимодействие транспортных средств на дорогах является чрезвычайно сложным явлением, и упрощенные оценки конфликтных ситуаций дают очень приблизительное представление об опасности пересечения. Вероятность столкновений транспортных средств при маневрах пропорциональна интенсивности движения взаимодействующих транспортных потоков.

Места возникновения конфликтных ситуаций, где пересекаются, сливаются или разделяются траектории движения потоков, называют конфликтными точками. Зона конфликтных ситуаций характеризуется увеличением времени задержек транспортных средств и повышением вероятности возникновения ДТП.

Все маневры транспорта, осуществляемые в узле, состоят из отклонения, слияний и пересечений транспортных потоков. Отклонения, как и слияния, удобнее и безопасней осуществлять при небольших углах. Для сравнительной оценки сложности и потенциальной опасности пересечений применяют различные системы условных показателей. Так, например, оценка сложности транспортного узла по пятибалльной системе основана на вычислении показателя сложности:

$$M = n_0 + 3n_c + 5n_n$$

За единицу сложности принимается отклонения n_0 и считается, что примыкание в 3 раза, а пересечение в 5 раз сложнее ответвления. Если в результате расчетов получилось $m < 40$, то пересечение простое, если $40 < m < 80$ - пересечение средней сложности, если $80 < m < 150$ - пересечение сложное, если $m > 150$ - пересечение очень сложное. где n_0 – количество точек отклонения;

n_c - количество точек слияния;

n_n - количество точек пересечения.

Для перекрестка пр. Жибек Жолу – ул. Тоголок Молдо по критерию сложности данный перекресток можно оценить, как очень сложный, так как $M = 157$ (рис. 3).

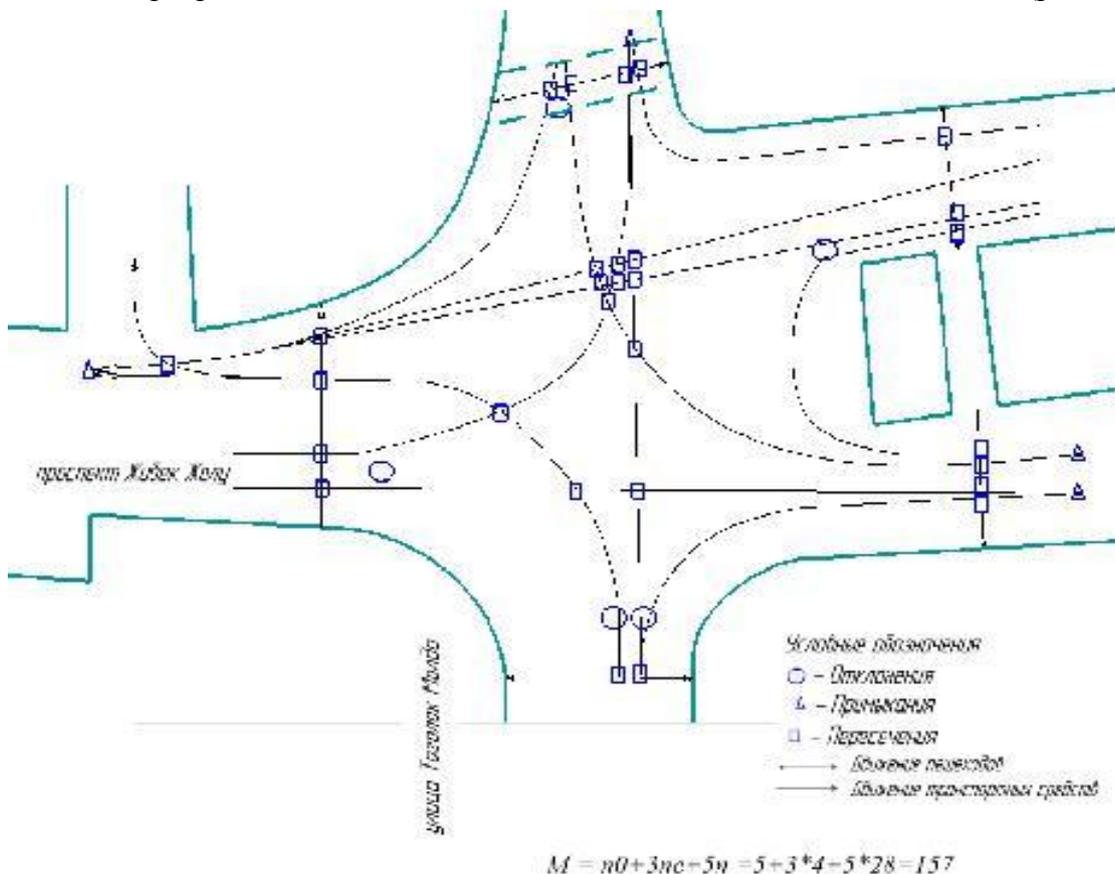


Рис. 3 Анализ конфликтных точек на перекрестке пр. Ж. Жолу – ул. Т. Молдо

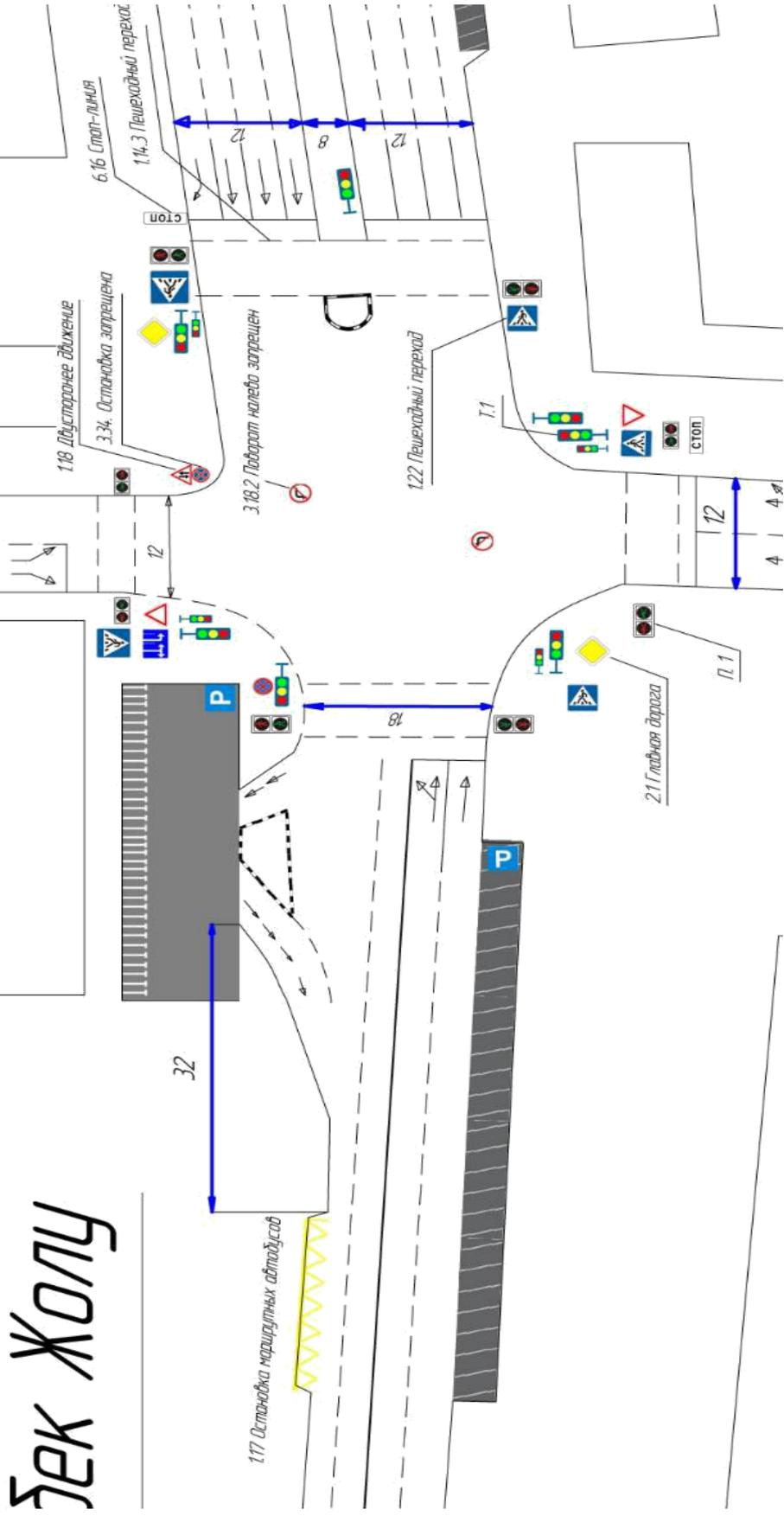


Рис. 4. Схема организации дорожного движения на перекрестке пр. Ж.Жолу – ул. Т. Молдо после проведения мероприятий

Анализ конфликтных точек и существующей схемы организации дорожного движения позволили провести ряд мероприятий организационно-технического и реконструкционного характера. На рис. 3 показана схема ОДД после проведения мероприятий

В схему ОДД перекрестка пр. Ж. Жолу – ул. Т. Молдо были внесены изменения. По улице Тоголок Молдо:

1. Натурные исследования показали, что водители часто создают аварийную ситуацию поворачивая со второго ряда. Установлен 1 знак «поворот налево запрещен» при движении автомобилей в из юга в западном направлении. Данное мероприятие позволит ликвидировать конфликтные точки: 1- отклонение и 4- пересечений, и перевести пересечение из разряда «очень сложного» в «сложный»

$$M=n0+3nc+5n= 4+3*4+5*24=136$$

2. Для улучшения видимости движения установлен дублирующий транспортный светофор при повороте автомобилей в восточном направлении на пр. Ж.Жолу. Это позволит увеличить видимость сигналов основного транспортного светофора.

По улице Жибек Жолу:

1. Расширена проезжая часть за счет сужение разделительной полосы, которое позволило добавить 2 полосы движения.

2. Удален рекламный стенд ухудшающий видимость при движении автомобилей в западном направлении.

3. Установлены 2 знака «разворот разрешен», и 1 знак «остановка запрещена».

4. Установлен транспортный светофор при движении автомобилей в западном направлении.

5. Перенесена остановка.

6. Обозначен въезд и выезд в ТЦ.

7. Установлен 1 пешеходный светофор.

8. Обновлена разметка проезжей части.

9. Установлены знаки парковка.

10. Размещен островок безопасности на выезде из торгового центра.

Заключение

В настоящее время руководством города Бишкек ведется бурное строительство новых

и реконструкция существующих дорог. В свою очередь данные мероприятия позволяют повышать пропускную способность УДС а также безопасности дорожного движения. В частности:

- По улице Боконбаева обеспечен сквозной проезд транспорта до улицы Асаналиева;
- Обеспечены выход улицы Льва Толстого на улицу Шабдан батыра в восточной части города, а также соединение в западной части с улицей Барпы Алыкулова.

- Реконструированы улицы Дмитрова, Джамгерчинова (продолжение Московской) до улицы Садыгалиева.

- Продолжены улица Ахунбаева с выходом в близлежащие жилмассивы западной части города.

- Построена улица Профсоюзная (продолжение ул. Жибек Жолу) позволяющая разгрузить центральные улицы города и др.

С 2015 года ввелось одностороннее движение на 4 столичных улицах:

- По ул. Московская, от бульвара Молодой Гвардии до ул. Ибраимова, в восточном направлении с сохранением движения общественного транспорта в обе стороны;

- По ул. Токтогула, от ул. Ибраимова до бульвара Молодой Гвардии, в западном направлении;

- По ул. Киевская, от бульвара Молодой Гвардии до Абдырахманова в восточном направлении, с сохранением двустороннего движения общественного транспорта в обе стороны;
 - По ул. Боконбаева - от ул. Ибраимова до ул. Кулиева в западном направлении.
- Внедрение приведенных выше мероприятий не может не радовать. Но для совершенствования безопасности дорожного движения необходим детальный анализ всех перекрестков, на основании которого возможно принять комплексное решение по всей улично-дорожной сети города Бишкек.

Библиографический список

1. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В.Ф. Бабков. - 3-е изд., испр.- М.: Транспорт, 1993. - 271 с.
2. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов. - М.: Транспорт, 1990. 255 с.
3. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения: учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – М. : Транспорт, 2001. – 247 с.
17. Клинковштейн, Г.И. Организации дорожного движения : учебник для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – М. : Транспорт, 1991. – 183 с.
4. Майборода, О.В. Основы управления автомобилем и безопасность движения : учебник водителя авто- транспортных средств категорий «С», «D», «Е» / О.В. Майборода. – М. : Изд. центр Академия, 2004. – 256 с.
5. Касмамбетова, Ч.С. Масштабы, последствия и меры профилактики ДТП в Кыргызской Республике: отчет / Ч.С. Касмамбетова – г. Бишкек, 2015. – 88 с.
6. Сарымсаков, Б.А. Правильное поведение водителя в дорожном движении - залог повышения безопасности дорожного движения / Б.А., Сарымсаков Б.М., Касымалиев. - Известия Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова. 2017. № 1-1 (41). С. 156-162.

УДК 678.5:004.94:658.512.4

ЦИФРОВАЯ ПОДГОТОВКА ЛИТЬЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Тимофеева Ольга Сергеевна, аспирант, Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург, 197101, Кронверкский пр. д.49, e-mail: otimofeeva@corp.ifmo.ru
Дроздов Александр Геннадьевич, аспирант, Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург, 197101, Кронверкский пр. д.49, e-mail: aleks@corp.ifmo.ru
Яблочников Евгений Иванович, к.т.н., доцент, Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург, 197101, Кронверкский пр. д.49, e-mail: yablochnikov@corp.ifmo.ru

Аннотация. В статье рассматривается технологическая подготовка литейного производства как унифицированный процесс, состоящий из ряда этапов. Приведен список задач и предполагаемых результатов их решения. Описываются методы цифровой подготовки литейного производства с использованием результатов расчетов систем автоматизированного проектирования и инженерного анализа для имитационного моделирования производственного участка.

Ключевые слова: литейное производство, технологическая подготовка производства, имитационное моделирование, литейная форма, литье под давлением, САД/САМ-система, САЕ-система, информационная модель

DIGITAL PREPARATION OF THE INJECTION MOLDING PRODUCTION

Timofeeva Olga, postgraduate student, ITMO University, Russia, Saint Petersburg, 197101, Kronverksky Pr., 49, e-mail: otimofeeva@corp.ifmo.ru

Drozдов Alexander, postgraduate student, ITMO University, Russia, Saint Petersburg, 197101, Kronverksky Pr., 49, e-mail: aleks@corp.ifmo.ru

Yablochnikov Eugeny, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, ITMO University, Russia, Saint Petersburg, 197101, Kronverksky Pr., 49, e-mail: yablochnikov@corp.ifmo.ru

Abstract. The article considers the technological preparation in injection molding production as a unified process consisting with number of steps. The list of tasks and the expected results about their solution is given. The methods of digital preparation in injection molding production using results of calculations computer-aided design and engineering analysis systems for simulation of the manufacturing site are described.

Keywords: injection production, technological preparation of production, simulation modeling, injection mold, injection molding, CAD/CAM-system, CAE- system, information model

Введение

Целью технологической подготовки производства (ТПП) является оптимальное с точки зрения сроков, стоимости и используемых ресурсов обеспечение готовности производства к изготовлению изделий. Технологическая подготовка литьевого производства, помимо своевременного предоставления основному производству средств технологического оснащения, представляет собой подготовку информационного и технического обеспечения, а также формирование принципиальных технологических и организационных решений. Для конкурентоспособности предприятий, ориентированных на данный тип производства, одной из важнейших задач является сокращение длительности и стоимости ТПП.

Тенденция к переходу от массового типа производства, характерного для выбора технологии литья под давлением, к малым сериям, требует от предприятий высокой гибкости и быстрого перехода с выпуска одного типа продукции на другой. Цифровое производство – концепция, позволяющая эффективно управлять жизненным циклом изделия, за счет полного цифрового описания производственных процессов и управления информацией [1, 2]. Создание цифровых моделей изделий, включающих информацию обо всех процессах, необходимых для их изготовления, а также используемых ресурсах позволит сократить сроки ТПП новых изделий за счет более эффективного планирования производства.

Литьевое производство, по сравнению с другими типами производств, включает в себя множество технологических процессов - изготовления литьевой формы, сборки, контроля и испытания; литья изделий из термопластичных полимерных материалов (ТПМ) на термопластавтомате (ТПА), отрезки литников и контроля отливок. Таким образом, при технологической подготовке литьевого производства формируется множество информационных моделей, которые должны взаимосвязано храниться в единой цифровой информационной системе [3].

Этапы и задачи технологической подготовки литьевого производства

Изготовление литьевой формы является наиболее длительным и дорогостоящим этапом технологической подготовки литьевого производства. Традиционно, ошибки, допущенные на стадии проектирования, часто выявляются только после пробного литья и контроля изделий. Если принимается решение о невозможности доработки литьевой формы, то создание извещений об изменении конструкции, внесение изменений в чертежи, повторное изготовление формообразующих деталей значительно увеличивает сроки от

поступления заказа до получения качественной готовой продукции. Применение CAD/CAM и CAE-систем позволит избежать ошибок проектирования, и сократить время за счет имитации процесса литья еще до изготовления формообразующих деталей, проанализировать точки впрыска расплава и оптимизировать их расположение в зависимости от требований к изделию (как можно меньшее коробление, отсутствие воздушных ловушек и пр.) [4]. Цифровая технологическая подготовка производства позволит смоделировать и оценить весь производственный цикл еще до запуска реального производства, что значительно сократит ее стоимость.

В данной работе использовалось программное обеспечение CAD/CAM CimatronE (3D Systems) для проектирования технологической оснастки и разработки управляющих программ для станков с ЧПУ, CAE Moldex3D (CoreTech System) для проектирования и анализа технологических процессов литья изделий из термопластичных полимерных материалов, DELMIA (3DS Dassault Systèmes) для проектирования, планирования и оптимизации производственных процессов. Данные, полученные в результате использования этих систем должны храниться в единой информационной системе, в качестве которой выбрана PDM-система ENOVIA Smarteam (3DS Dassault Systèmes).

Процессы автоматизации подготовки производства необходимо сопровождать постоянной работой по унификации технических решений, анализу задач, решаемых на всех этапах. В целом технологическую подготовку литьевого производства можно представить как унифицированный процесс, включающий последовательность этапов и задач. В таблице также приведены результаты, получаемые на каждом этапе.

Процесс ТПП носит итерационный характер, данные и модели уточняются и дополняются в процессе подготовки производства. От результатов, полученных на каждом из этапов зависит эффективность всего производственного процесса. Решение задач сопровождается использованием различных баз данных оборудования, материалов, инструментов, оснастки и других. Перспективным направлением является разработка онтологии данной предметной области и организации на ее основе базы знаний, содержащей правила принятия технических решений на всех этапах [5].

Таблица. Этапы технологической подготовки литьевого производства

| Этап | Решаемые задачи | Результат |
|------------------------|--|---|
| Получение заказа | Изучение документации и технических требований к изделию Создание/изучение 3D-модели изделия | 3D-модель изделия |
| Анализ технологичности | Оценка максимальной и минимальной толщины стенки, разнотолщинности Проверка наличия скруглений углов и технологических уклонов Изменение 3D-модели изделия и согласование ее с заказчиком (при необходимости) Выбор/оценка выбора ТПП Определение технологии литья | 3D-модель изделия (версия 2) Код ТПП |

| | | |
|---|---|--|
| Проектирование отливки и формообразующих деталей | <p>Проектирование отливки с учетом усадки полимерного материала и числа гнезд литьевой формы n (несколько вариантов $n = 1, 2, 4, 6, \dots$)</p> <p>Проектирование литниковой системы и точки (точек) впрыска расплава</p> <p>Определение положения плоскости разъема</p> <p>Определение площади проекции отливки на плоскость разъема (S_n)</p> <p>Определение объема формообразующей полости (V_n)</p> <p>Определение габаритных размеров формообразующей полости (X_n, Y_n, Z_n) для всех вариантов гнездности</p> <p>Проектирование системы охлаждения и выталкивания</p> <p>Определение габаритных размеров формообразующих деталей (ФОД)</p> <p>Определение габаритных размеров литьевой формы (X_f, Y_f, Z_f)</p> <p>Расчет в САЕ-системе процесса заполнения различных вариантов гнездности</p> | <p>3D-модель отливки $S_n, \text{см}^2$, при $n=1, 2, \dots$</p> <p>$V_n, \text{см}^3$ для всех S_n</p> <p>$X_n, Y_n, Z_n, \text{см}$</p> <p>$X_f, Y_f, Z_f, \text{см}$</p> <p>3D-модели ФОД</p> <p>САЕ – отчет (режимы процесса литья и время)</p> <p>Технологическая карта литья</p> |
| Выбор технологического оборудования | Определение необходимого типа оборудования и периферийных устройств | 3D-модель ТПА 3D-модели периферийных устройств |
| Разработка конструкции литьевой формы (ЛФ) | Детальная разработка литьевой формы (выбор стандартных и разработка уникальных деталей) | 3D-модель ЛФ Спецификация |
| Определение режима работы | <p>Выбор робота для снятия отливок с ТПА</p> <p>Проектирование модели схвата</p> <p>Проектирование траекторий перемещений</p> <p>Проектирование транспортной системы</p> | 3D-модель робота 3D-модель схвата |
| Разработка технологических процессов изготовления и сборки ФОД и ЛФ | <p>Определение материала ФОД в зависимости от материала изделия, точности и серийности</p> <p>Выбор оборудования для изготовления ФОД</p> <p>Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ</p> | Код материала ФОД Файл ЧПУ 3D-модели оборудования и оснастки Интерактивная инструкция сборки |
| Разработка технологических процессов контроля ФОД и изделий | <p>Разработка управляющих программ для КИМ</p> <p>Разработка контрольных карт</p> | Программы контроля КИМ |
| Разработка технологического процесса отрезки литников | Выбор оборудования и оснастки для отрезки литников | 3D-модель оборудования Технологический процесс |
| Разработка планировки литьевого участка | Имитационное моделирование и оценка эффективности производственного процесса | 3D-модель литьевого участка |

Применение систем компьютерного моделирования

В качестве примера цифровой подготовки литьевого производства было взято изделие “Диск защитный” из полистирола, 3D-модель которого представлена на рис. 1а. Технические требования к данному изделию обуславливают отсутствие следов от толкателей на поверхностях диска, поэтому отливка проектировалась с прибылями, и было выбрано соответствующее положение толкателей. 3D-модель отливки представлена на рисунке 1б.

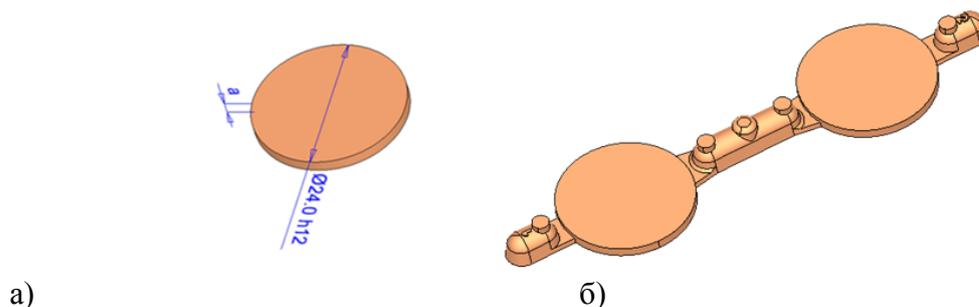


Рисунок 1. 3D-модель изделия и отливки

На следующем этапе на основании геометрии отливки проектируется комплект формообразующих деталей (матрицы и пуансона) и литейной формы, 3D-модели которых представлены на рис.2. Так как разрабатываемая в единой CAD/CAM-системе 3D-модель ассоциативно связана с файлом ЧПУ (CAM-модуль), то выполнение этапов анализа в CAE-системе и разработка управляющих программ может вестись параллельно.

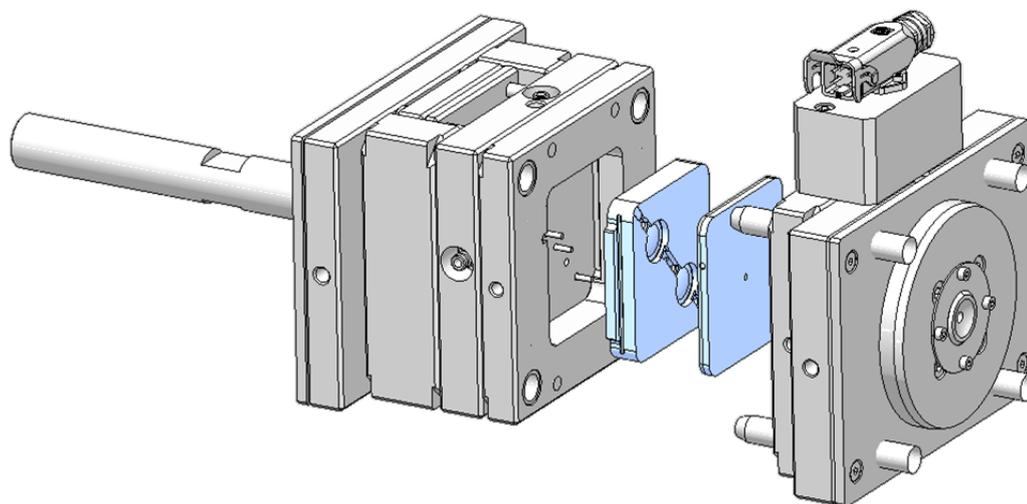


Рисунок 2. 3D-модели формообразующих деталей и литейной формы

Если необходимы тестовые образцы изделий для полномасштабных натурных испытаний, то параллельно с проектированием формообразующей оснастки для серийного производства можно изготовить формообразующие детали из неметаллического материала, способного выдержать литье «пилотной» серии отливок в количестве 100 ± 50 штук. Такие формообразующие детали можно изготовить с использованием аддитивных технологий (на 3D-принтерах) в кратчайшие сроки, установить их в переналаживаемую литейную форму и провести пробное литье [6, 7].

Расчет процесса заполнения формообразующей полости в CAE-системе можно проводить как с учетом выбранного оборудования (то есть в процессе расчета будут учтены технологические параметры ТПА, такие как, например, максимальная скорость и объем впрыска), так и без его учета. Полученные данные в результате расчета можно использовать для уточнения выбора подходящего ТПА. Для расчета необходимы данные о материале будущего изделия и модель отливки. Модель отливки экспортируется из CAD-системы в формате, необходимом для формирования конечноэлементной сетки. В результате расчета можно оценить такие важные для подготовки производства технологические параметры

процесса литья как время впрыска, время выдержки под давлением, время охлаждения до температуры, при которой возможен съем изделия. На основе этих параметров можно составить циклограмму литья и использовать ее при дальнейшей подготовке производства для имитационного моделирования схемы взаимодействия оборудования литейного участка и оценки эффективности производства. Некоторые результаты расчетов в САЕ-системе и циклограмма процесса представлены на рисунке 3.

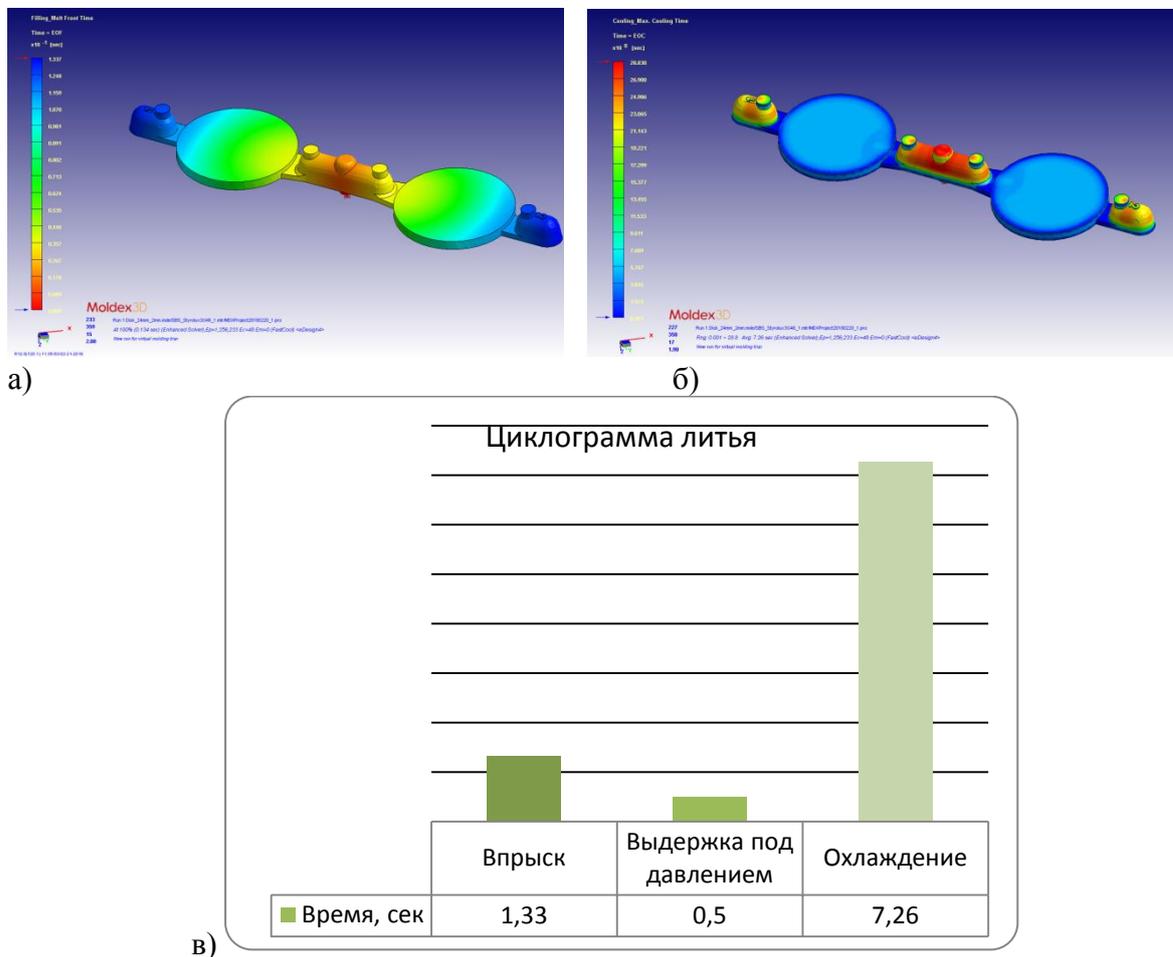


Рисунок 3. Расчет времени впрыска (а), времени охлаждения (б) в САЕ-системе Moldex3D, циклограмма литья (в)

Использование CimatronE для разработки конструкции литейных форм позволяет сократить сроки проектирования за счет того, что весь процесс от создания линии разреза до полной сборки формы, а также разработка программ для станков с ЧПУ выполняется в единой среде. При таком подходе к проектированию сокращается вероятность выявления ошибок изготовления деталей при сборке литейной формы за счет автоматической генерации конструкторской документации для деталей, входящих в сборочную единицу. CimatronE содержит библиотеки стандартных деталей литейных форм (DME, Hasco, Futaba/Misumi и др.), которые используются при проектировании формопакета. Автоматическое создание спецификаций позволяет выявлять уникальные детали, которые подлежат изготовлению на предприятии, и эффективно планировать загрузку оборудования. 3D-модель литейной формы используется также для создания интерактивной инструкции по ее сборке.

Для полноты описания информационной модели проектируемого процесса в работе было выполнено имитационное моделирование в системе DELMIA, что позволило получить: диаграмму Ганта, показывающую такты циклов всех операций, производимых литейным

участком за определенный период работы; среднее время изготовления отливки; степень загрузки элементов ячейки в процентах и пр.

Имитационное моделирование роботизированной ячейки литья под давлением заключается в моделировании отдельных элементов (ТПА, роботы, схваты, транспортные линии и пр.), определении схемы взаимного расположения элементов с учетом планировки производственного помещения, составлении временных циклов работы всей системы на основании циклограммы непосредственно технологического процесса литья. Для реализации этой цели для каждого устройства создаются и описываются виртуальные контроллеры, которые позволяют организовать связи между устройствами на уровне входных и выходных сигналов. Для обеспечения своевременного выполнения задач различными устройствами, входящими в систему, вводятся переменные, инициирующие или останавливающие движение исполнительных механизмов этих устройств.

На рисунке 4 представлена модель производственной роботизированной ячейки для литья под давлением изделий из полимерных материалов.

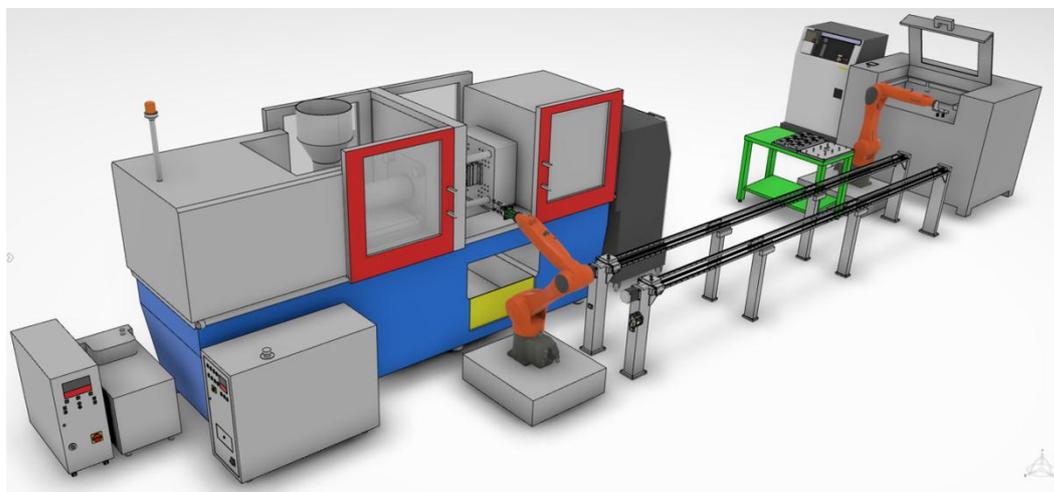


Рисунок 4. Имитационная модель производственной ячейки

Разработка имитационной модели уровня технологического процесса, которая включает как основные операции (связанные с изменением формы и свойств материала заготовки), так и вспомогательные (контроля, транспортирования и др.) позволяет отработать в виртуальной среде алгоритмы взаимодействия участвующих в рамках технологического процесса устройств, а также получить данные, необходимые для перехода к верхнему уровню имитационного моделирования - моделированию производственного процесса, который включает в себя управление поставками сырья, складами, человеческими ресурсами пр. Такая модель может быть использована для экономического анализа того или иного организационного решения отделами планирования производства и внутрипроизводственной логистики [8, 9].

Полученные при подготовке литейного производства 3D-модели, технологические процессы и результаты расчетов должны представлять собой единую модель данных, создаваемую в единой информационной среде. В основе модели данных 3D-модель изделия. Разработанная структура модели данных представлена на рисунке 5. Реализация данной модели в PDM-системе позволит всем специалистам, участвующим на разных этапах технологической подготовки литейного производства, получить доступ к актуальной информации и своевременно принимать необходимые организационно-технические решения.

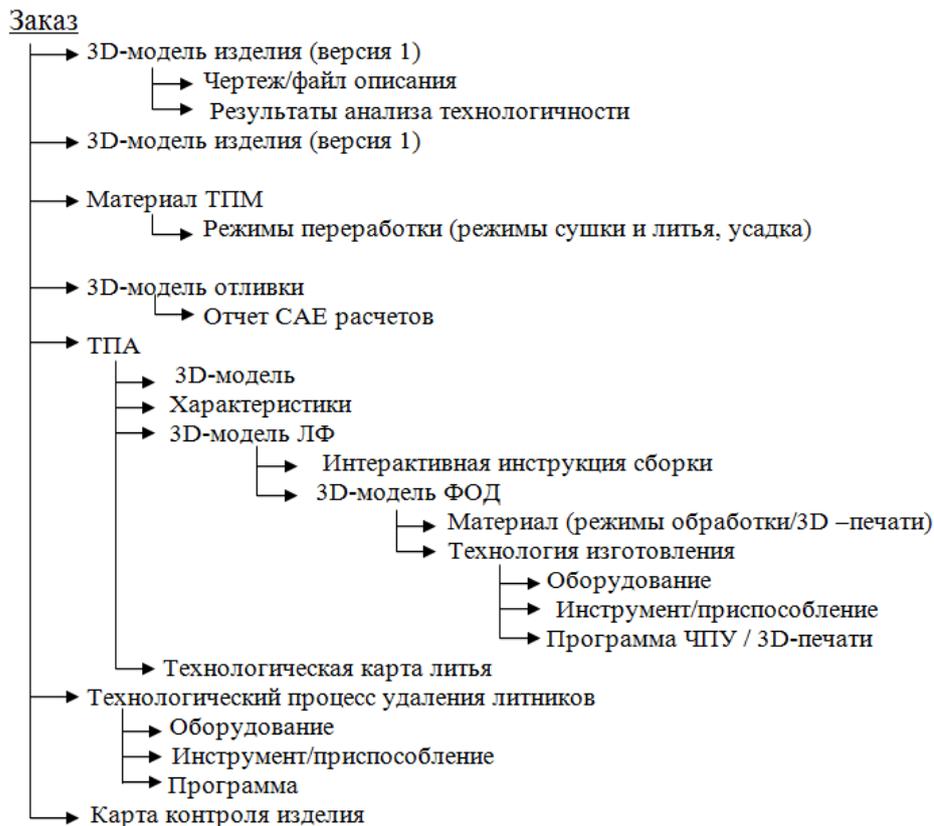


Рисунок 5. Структура информационной модели

Выводы

Переход предприятий к цифровой подготовке производства позволит сократить стоимость и время за счет выявления ошибок в «виртуальном производстве», еще до перехода к реальному, но дальнейшие исследования должны вестись в направлении новой промышленной парадигмы – Индустрии 4.0 – концепции, совмещающей в себе умные фабрики, машины, системы, продукты и процессы в единой сети, объединяя физический и виртуальный мир [10]. «Умные фабрики» являются одной из ключевых особенностей этой новой парадигмы, являясь производственным решением, позволяющим выполнять гибкие и адаптивные процессы, которые подходят для быстрого удовлетворения потребностей рынка.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение методологии построения цифрового двойника – цифрового макета, полномасштабно описывающего объект производства, цифровые технологические процессы и саму производственную систему, позволяющего моделировать и оценивать процессы, происходящие в реальной производственной среде посредством сбора и анализа информации, поступающей с сенсоров и датчиков, установленных на технологическом оборудовании литейного участка. В целом эта работа представляет собой составляющую разрабатываемого авторами проекта цифрового производства, включающего также имитационные модели участков механической обработки и сборки.

Список литературы

1. P.K.Paritala, S.Manichatla, Prasad K.D.V. Yarlagaadda, “Digital Manufacturing - Applications Past, Current, and Future Trends”, *Procedia Engineering*, vol. 174, pp. 982-991, 2017.
2. A. Kutin, V.Dolgov, M.Sedykh, S.Ivashin, “Integration of Different Computer-aided Systems in Product Designing and Process Planning on Digital Manufacturing”, *Procedia CIRP*, vol. 67, pp. 476-481, 2018.

3. Тимофеева О.С., Помпеев К.П., Дувидзон В.Г., Яблочников Е.И. Концепция технологической подготовки литейного производства с использованием новых информационных и производственных технологий // *Металлообработка* - 2017. - № 5(101). - С. 21-28

4. Барвинский И.А., Пирогов А.В. Инженерные расчеты литья термопластов под давлением в Moldex3D R13 // *САПР и графика* -2014. - № 12. - С. 45-49

5. Куликов Д.Д., Носов С.О. Применение табличного процессора для решения технологических задач // *Известия высших учебных заведений. Приборостроение* -2016. - Т. 59. - № 10. - С. 874-879

6. Бояринцев А.В., Дувидзон В.Г., Подсобляев Д.С. Быстрое изготовление пилотных серий деталей из термопластичных полимерных материалов.//*Полимерные материалы* №6, 2013.с. 4-9.

7. Яблочников Е.И., Пирогов А.В., Грибовский А.А. Совместное применение аддитивных технологий и систем виртуального моделирования при подготовке производства полимерных изделий // *Известия высших учебных заведений. Приборостроение* -2014. - Т. 57. - № 5. - С. 72-76

8. Абаев Г.Е., Яблочников Е.И., Демкович Н.А. Роль и задачи имитационного моделирования на этапе перехода от цифрового производства к «умным фабрикам» // VIII всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2017). –2017. – С. 74

9. Natalia Demkovich, Eugeny Yablochnikov, Grigory Abaev, “Multiscale modeling and simulation for industrial cyber-physical systems”, 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS), pp. 291-296

10. M. Lopes Nunes, A.C. Pereira, A.C. Alves, “Smart products development approaches for Industry 4.0”, *Procedia Manufacturing*, vol. 13, pp. 1215–1222, - 2017

УДК 679.85.02

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДИСКОВОГО АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РЕЗАНИЯ ПРИРОДНОГО КАМНЯ.

Трегубов Александр Васильевич, доцент, к.т.н, зав.кафедрой «ТМ», КГТУ им. И.Раззакова, (+996) 555 719364, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, E-mail: altreg13@mail.ru

Карпушевич Зинаида Геннадьевна зав.отделом АДМ КГТУ им. И.Раззакова, (+996) 779003725, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, E-mail: kzg60@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы влияния параметров дискового алмазного инструмента на производительность резания природного камня с целью повышения эффективности применения на камнеобрабатывающем оборудовании.

Ключевые слова: камнеобрабатывающие станки, дисковый алмазный инструмент, скорость резание, глубина резания, производительность распиловки, природный камень.

THE MAIN PARAMETERS OF DISK DIAMOND TOOLS THAT AFFECT PERFORMANCE OF CUTTING NATURAL STONE.

Tregubov A.V. associate professor, c.t.s., head of «TM» department, KSTU named after I.Razzakov A., (+996) 555 719364, Bishkek, Ch. Aitmatov ave 66, E-mail: altreg13@mail.ru

Karpushevich Z.G. head of «ADN» department, KSTU named after I.Razzakov A., (+996) 555 719364, Bishkek, Ch. Aitmatov ave 66, E-mail: kzg60@mail.ru

Abstract. Considered the impact of disk parameters of diamond tools for stone cutting performance with a view to improving the application of the kamneobrabatyvayushhem equipment.

Keyword: Stone processing machines, diamond disk tool, cutting speed, cutting depth, sawing performance, natural stone.

Введение

В настоящее время для производства облицовочных и архитектурных изделий из природного камня на камнеобрабатывающих станках широко применяется дисковый алмазный инструмент [1,3,4].

Основной технологической операцией на камнеобрабатывающих предприятиях Кыргызстана является распиловка блоков камня на плиты. Эта операция выполняется на ортогонально-фрезерных станках итальянских фирм «Терцаго» Т-12GM, Т-14GM и «БРА» Р-66, Р-40 [6]. В качестве инструмента для распиловки камня используются алмазно-дисковые пилы, которые представляют собой стальной диск армированный алмазносными сегментами (рис.1).

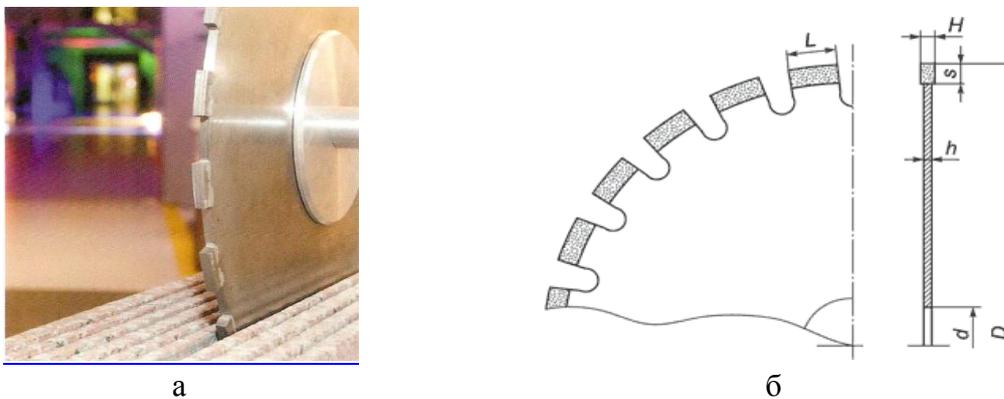


Рис. 1.Общий вид дискового алмазного инструмента: а- процесс распиловки природного камня на станке; б- конструктивная схема дисковой алмазной пилы.

На эффективность алмазно-дисковой распиловки камня существенное влияние оказывают режимы резания, глубина, ширина пропила и конструктивные параметры пилы и крепость природного камня.

У дисковой алмазной пилы главным рабочим параметром является наружный диаметр, который влияет на устойчивость инструмента и выбирается в зависимости от глубины (высоты) пропила по формуле:

$$D=2 H_{\max} + 2 d_{\phi} = 2_{\Delta} H_{\max} ,$$

где H_{\max} – максимальная глубина (высота) пропила; d_{ϕ} – диаметр прижимного фланца, мм; $H_{\max} - 0,05 H_{\max}$ - припуск на технологический зазор, мм.

В свою очередь, глубина пропила выбирается в зависимости от требуемой ширины плиты, величина которой составляет 150-300 мм.

Режимы обработки природного камня алмазно-абразивным инструментом, характеризуются скоростями подачи и резания, а также величиной глубины резания за один проход инструмента. При дисковой распиловке большое значение имеет правильный выбор схемы обработки (рис. 2): «по подаче» (направление вращения инструмента и подачи заготовки совпадают (рис. 2а) и «против подачи» (направление вращения и подачи противоположны) (рис. 2б). При обработке на схеме «против подачи» образуется стружка толщиной от нуля до ее максимального значения, что повышает стойкость алмазного инструмента. В то же время,

при обработке «по подаче» осуществляется снятие стружки не с нуля, а с уже заданной толщины, что в конечном итоге снижает его износостойкость на 10 – 12%.

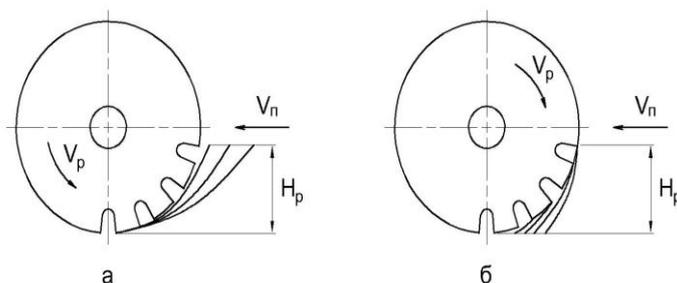


Рис.2. Схема основных формообразующих движений инструмента снятия стружки: а – при резании «против подачи»; б – при резании «по подаче»»

Как следует из экспериментальных данных, опубликованных в работах [2.5], при резании гранита алмазным сегментным отрезным кругом диаметром 500 мм с U-образными пазами, зернистостью А50 с концентрацией 50% на связке М1, удельный износ алмазоносного слоя при встречном способе подачи инструмента в 2-3 раза выше, чем при попутном (рис.3). Повышенный износ обусловлен динамическим приложением тангенциальной нагрузки на алмазное зерно в начальный период его контактирования с распиливаемой породой. В результате неизношенное алмазное зерно вырывается из металлической связки, что существенно снижает время работы алмазоносных сегментов дискового инструмента.

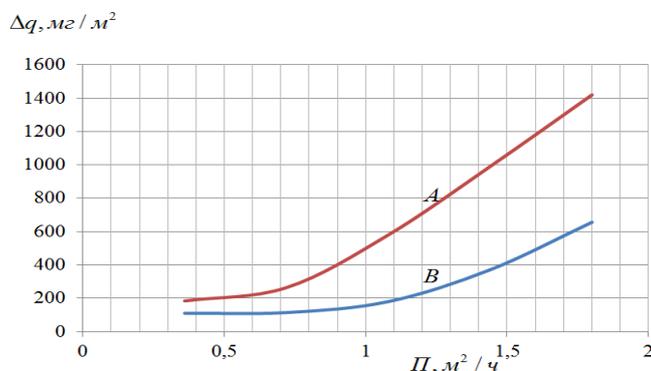


Рис.3. Зависимость удельного износа алмаза Δq от производительности с заданным условием ($V_{II}=6$ м/мин, $H=1; 2; 3; 4; 5$ мм) при: А – резании против подачи; В – резании по подачи

Уменьшить износ алмазоносного слоя при встречном способе подачи инструмента можно только обоснованно выбранными режимами резания и конструктивными параметрами инструмента, а также мерами по его интенсивному охлаждению.

В середине 80-х годов ведущие фирмы, производители камнеобрабатывающего оборудования, с целью повышения производительности распиловки камня пошли по пути увеличения максимальных диаметров алмазно-дисковых пил с 1000-1500 мм до 2500-3000 мм и скорости резания с 40-60 м/с до 90-100 м/с в зависимости от физико-механических свойств (абразивности и твердости) обрабатываемого камня. Это объясняется тем, что производительность ортогонально-фрезерных станков прямо-пропорционально зависит от глубины резания и скорости резания. Однако, как показала практика, увеличение наружного диаметра приводит к увеличению суммарной погрешности установки пилы на шпинделе

станка (рис.4), которая складывается из эксцентricности шпинделя и диска пилы, торцевого и радиального биения пилы, не перпендикулярности прижимного фланца оси шпинделя.

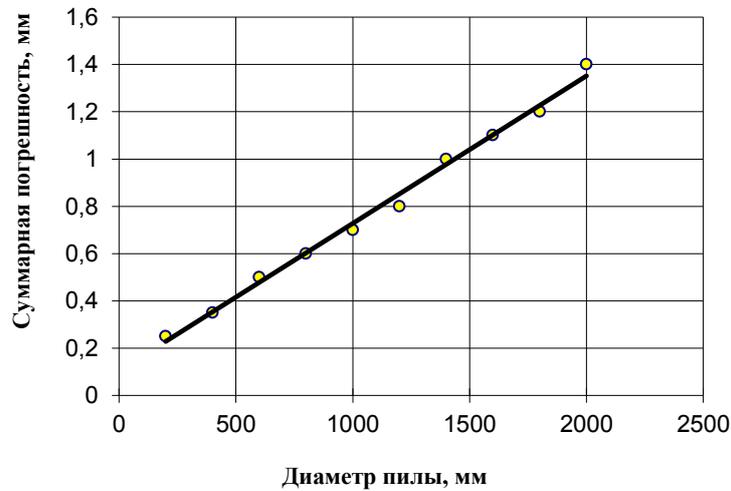


Рис.4. Зависимость суммарной погрешности от диаметра дисковой алмазной пилы.

Величина суммарной погрешности установки дисковых пил диаметром 2500-3000 мм составляет 1,5-1,6 мм. Если еще учесть минимальные погрешности самого станка, связанные с люфтами при продольном и поперечном перемещении пилы относительно стола, то суммарные погрешности увеличатся минимум на 0,3 мм и составляют 2 мм.

Кроме того, при увеличении наружного диаметра пилы для обеспечения требуемой боковой динамической жесткости, исключающей потерю устойчивости инструмента необходимо увеличить диаметр прижимного диска и толщину диска (рис.5). В свою очередь, увеличение толщины пилы в совокупности с суммарной погрешностью установки приводят к увеличению пропила, ширина которого становится соизмеримой толщине плиты (15-20 мм), и, соответственно, к повышению энергоемкости резания и потерь сырья.

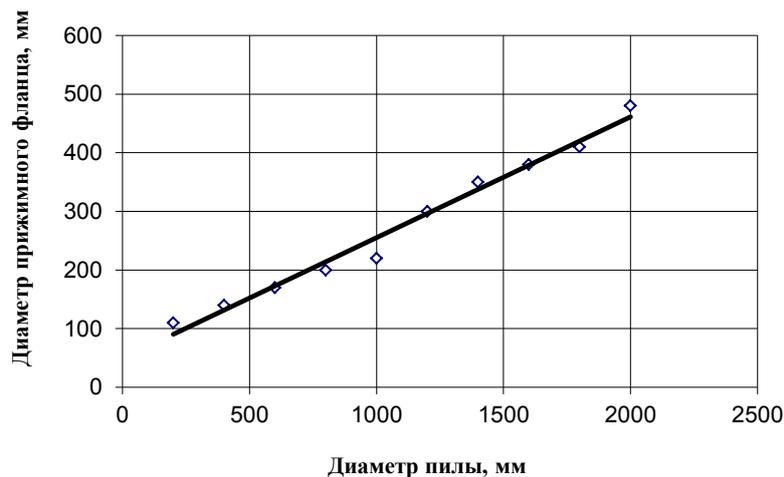


Рис.5. Зависимость толщины пилы от диаметра дисковой алмазной пилы.

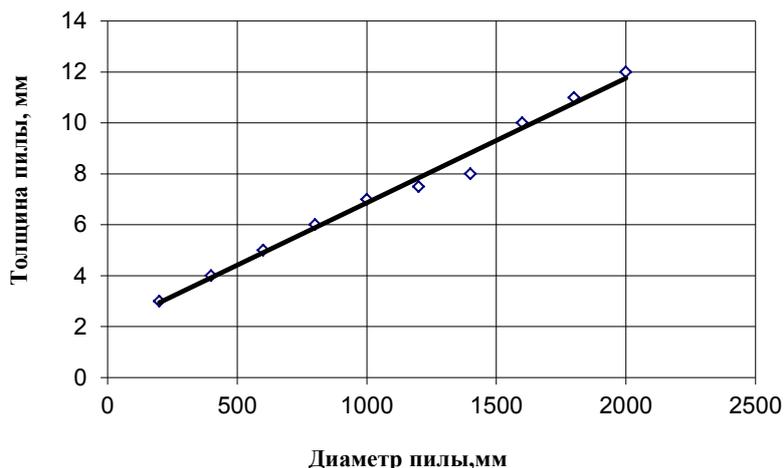


Рис.6. Зависимость диаметра прижимного фланца от диаметра дисковой алмазной пилы.

Необходимо отметить, что при использовании в ортогонально-фрезерных станках дисковых пил диаметром 2000-3000 мм и максимальных скоростях резания для нормального охлаждения инструмента и выноса шлама из зоны резания требуется подача охлаждающей жидкости объемом свыше 100 л/мин при минимальном рабочем давлении 0,3 МПа, что в два раза превышает аналогичные показатели станков Т-126М и Т14GM. Рекомендуемый объем охлаждающей жидкости определяется по формуле:

$$Q = D/25$$

где D – диаметр пилы.

Экспериментальные испытания, проведенные ИСМ Академии наук Украины, установлено, что увеличение скорости резания свыше 40 м/с приводит к повышенному износу алмазов вследствие возрастания тепловых и других величин.

Из диаграммы изменения критической скорости резания дисковой пилы в зависимости от ее диаметра (рис.7) видно, что для обеспечения устойчивой работы дисковых пил диаметром свыше 2000 мм критическая скорость резания не должна превышать 60 м/с, что 1,5 раза ниже установленной для ортогонально-фрезерных станков.

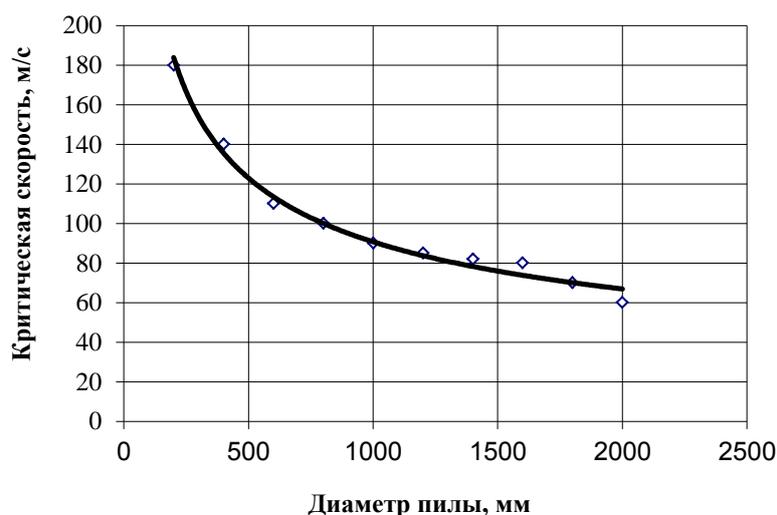


Рис.7. Зависимость критической скорости дисковой пилы от ее диаметра.

Обобщение зарубежного и отечественного опыта распиловки природного камня [6] показывает, что рациональная скорость резания изменяется в пределах от 20 до 80 м/с в

зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала (рис.5). Отсюда следует, что для обеспечения максимальной производительности и универсальности распиловочных станков для получения плиток из различных пород камней целесообразно оснащать эти станки инструментом, диаметр которого не превышает 1000 мм.

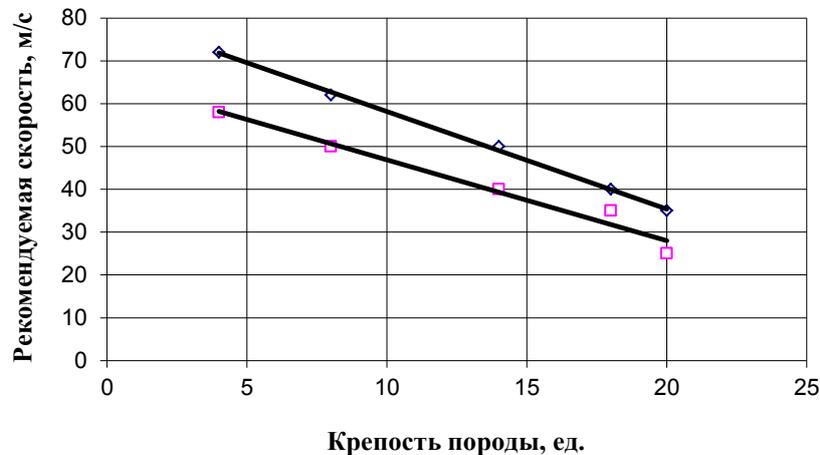


Рис. 5. Диаграмма рациональных скоростей резания для различных пород природного камня.

Заключение

Анализ технологических схем распиловки камня показывает, что для получения плиток шириной 150-300 мм достаточно установить на ортогонально-фрезерных станках, выше указанных моделей, алмазные дисковые пилы диаметром 700-800 мм. Такое техническое решение позволит уменьшить ширину пропила до 10 мм, снизить потери сырья при распиловке на 34%, сократить расход охлаждающей жидкости на 50%, а скорость резания увеличить в два раза.

Список литературы:

1. Алмазный инструмент. Каталог. М.: ВНИИалмаз, 1985. 119 с.
2. Василевский В.В. Алмазный инструмент для резания горных пород // Разрушение горных пород механическими способами. М.: Наука, 1966. С. 160-167.
3. Добыча и обработка природного камня: Справочник под ред. А.Г. Смирнова. М.: Недра, 1990. 445 с.
4. Оборудование для производства облицовочных материалов из природного камня. Н.Г. Картавый, Ю.И. Сычев и др. М.: Машиностроение, 1988. 240 с.
5. Першин Г.Д., Митин А.Н. Расчёт количества контактов алмазных зёрен дискового камнерезного инструмента с распиливаемой горной породой // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. унив-та им. Г.И.Носова, 2012. С. 142-150.
6. Проспекты итальянских фирм PELLEGRINI, TERZAGO, BRETON, BRA (1991-2011 г.г.).

УДК: 521:658.652.3/6

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО СТАНКА

Трегубов Александр Васильевич, доцент, к.т.н, зав.кафедрой «ТМ», КГТУ им. И.Раззакова, (+996) 555 719364, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, E-mail: altreg13@mail.ru

Карпушевич Зинаида Геннадьевна зав.отделом АДум КГТУ им. И.Раззакова, (+996) 779003725, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, E-mail: kzg60@mail.ru

Абышев Оман Аскарбекович, магистрант КГТУ им. И.Раззакова, (+996) 556 188140, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, E-mail: muras_a@bk.ru

Аннотация Рассматривается система автоматического регулирования режимами работы ортогональных камнерезных станков с различным приводом исполнительных механизмов, а также экспериментальный электрогидравлический стенд для проведения исследования зависимостей сил резания от режимов резания при обработке природного камня.

Ключевые слова: автоматическая система управления, гидропривод станка, силы резания, датчики, экспериментальный электрогидравлический стенд, камнеобрабатывающий станок, режимы работы станка.

STAND DEVELOPMENT FOR AUTOMATIC CONTROL OF THE OPERATION MODES OF STONE PROCESSING MACHINE

Tregubov A.V. associate professor, c.t.s., head of «TM» department, KSTU named after I.Razzakov A., (+996) 555 719364, Bishkek, Ch. Aitmatov ave 66, E-mail: altreg13@mail.ru

Karpushevich Z.G. head of «ADN» department, KSTU named after I.Razzakov A., (+996) 555 719364, Bishkek, Ch. Aitmatov ave 66, E-mail: kzg60@mail.ru

Abyshev O.A. magisrants of KSTU named after I.Razzakov A., (+996) 556 188140, Bishkek, Ch. Aitmatov ave 66, E-mail: muras_a@bk.ru

Abstract.The paper deals with the developed system of automatic control modes orthogonal stone-cutting machines with different drive actuators and electro- experimental stand for research dependences of cutting forces on cutting conditions for the processing of natural stone.

Keywords: automatic control system, hydraulic machine, cutting force, sensors, experimental electro-hydraulic stand, stone processing machine, modes of machine operation.

Введение

Кыргызская Республика обладает уникальными месторождениями природного камня - гранита, базальта, мрамора, ракушечника и др., которые по своим физико-механическим показателям и декоративным качествам соответствуют мировым стандартам. Изделия из природного камня пользуются большим спросом на мировом рынке благодаря отсутствию в их составе вредных для здоровья человека веществ. Покупательским спросом кроме облицовочной плитки пользуются декоративные изделия из камня выполненные в виде шаров, ваз, чаш, колонн, а также балюстрадные элементы лестниц, люстры, которые нашли применение в архитектурном и индивидуальном строительстве. Детали из природного камня, керамики и стекла широко используются в машиностроении, радиоэлектронной технике и приборостроении [3?4].

На камнеобрабатывающих предприятиях республики в процессе изготовления сложно-профильных деталей из гранита, мрамора, ракушечника из-за их различных физико-механических свойств, а также неравномерности припусков обрабатываемого материала на алмазном инструменте в зоне резания возникают радиальные и осевые нагрузки значительно превышающие допустимые. Это приводит к возникновению вибраций, повышенному износу и поломкам инструмента, ухудшению качества обрабатываемой поверхности деталей и увеличению трудоемкости обработки на станке [1,2].

На камнеобрабатывающих станках процесс настройки, регулирования и контроля процесса обработки деталей осуществляется станочником вручную, что существенно

сдерживает рост производительности и повышение качества изделий. В связи с этим актуальной задачей является разработка гидравлических устройств автоматического регулирования режимами обработки изделий из природного камня.

В данной работе предлагается новая оригинальная схема регулирования силовых параметров шпиндельного узла и механизма подачи камнеобрабатывающего станка, который позволяет автоматически снижать или увеличивать величину подачи инструмента в зависимости от нагрузки на шпиндельном узле с учетом особенностей физико-механических свойств природного камня.

При оптимальном автоматическом регулировании процессами обработки изделий из природного камня требуется обеспечить как заданную траекторию относительного движения инструмента и заготовки, так и непрерывное управление параметрами режима обработки для достижения наилучших технико-экономических показателей[5]. Режимы обработки в значительной степени определяют точность размера, формы и взаимного расположения обрабатываемых поверхностей, а также степень их шероховатости, производительность обработки, расход режущего инструмента и, в конечном итоге себестоимость их изготовления.

На рис.1 показана принципиальная схема разработанной автоматической системы, предназначенной для регулирования режимами работы камнерезного станка с гидравлической подачей рабочего стола с заготовкой.

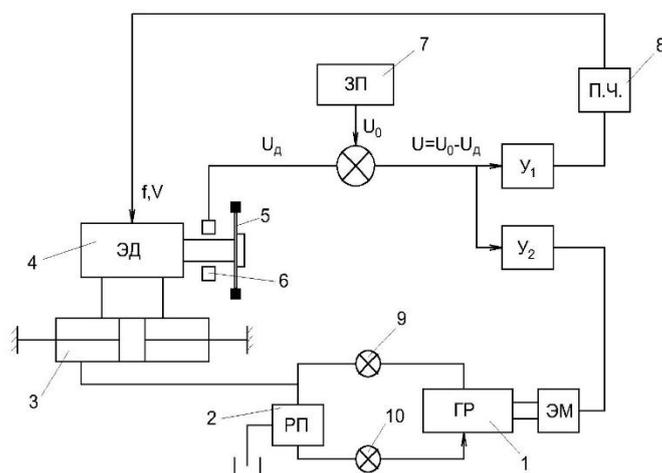


Рис.1. Блок схема электрогидравлической системы регулирования экспериментального станка: 1-гидравлический регулятор; 2-редукционный клапан; 3- гидроцилиндр; 4-электродвигатель;5- дисковый инструмент; 6-индуктивный датчик; 7- задающий прибор; 8- преобразователь частоты; 9,10-дрессели.

Представленная система имеет несложный принцип работы, проста в изготовлении, обладает высокой скоростью срабатывания и не требует значительных затрат на внедрение. САУ состоит из следующих элементов автоматики и гидравлических узлов: индукционного датчика крутящего момента 6; усилителя электрических сигналов U ; регулятора расхода жидкости с электромагнитным управлением 1; редукционного клапана 2 и двух дресселей 9, 10. (рис.1).

Принцип работы САУ заключается в следующем: в ходе технологического процесса, датчик 6, установленный на свободном участке шпиндельного вала, измеряет крутящий момент при колебании силы резания относительно заданной её величины. Величина силы резания является расчётной и задаётся перед началом работы на самом датчике. При возрастании силы резания электрический сигнал от датчика, пройдя через усилитель U , поступает на блок электромагнитного управления перемещением золотника регулятора

Расхода рабочей жидкости станка. (рис.1). Вследствие этого золотник регулятора начинает перемещаться вправо, уменьшая величину пропускной щели h рабочей жидкости. Уменьшение щели приводит к уменьшению расхода жидкости, поступающей в гидроцилиндр 3 механизма подачи и, следовательно, скорости подачи рабочего стола с заготовкой на вращающийся инструмент, до тех пор, пока величина силы резания не примет заданное значение.

Перемещение золотника влево с целью увеличения щели осуществляется под действием пружины, после уменьшения величины электрического сигнала датчика.

С целью исключения внешних колебаний давления в гидравлической системе САР, а также для обеспечения линейности выходных параметров регулятора, параллельно к последнему подключён редукционный клапан 5 с двумя демпферами 9,10.

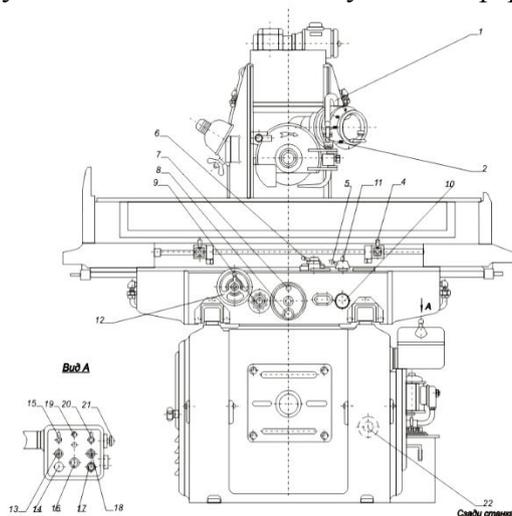


Рис.2 Общий вид системы управления экспериментального станда.

За основу экспериментального станда (рис.2) принят универсальный плоскошлифовальный станок высокой точности с горизонтальным шпинделем и прямоугольным столом модели ЗГ71. Гидропривод системы управления станда осуществляет: продольное возвратно-поступательное перемещение стола с регулируемой скоростью; автоматическую прерывистую поперечную подачу на каждый продольный ход стола; реверс поперечной подачи стола; смазку направляющих стола; автоматическое отключение и блокировку механизма ручного перемещения во время работы стола; автоматическую вертикальную подачу на каждый поперечный реверс.

Электродвигатель насоса гидропривода включается нажатием кнопки 18 (рис.2). Реверсирование стола происходит по упорам 4, перестановкой которых регулируется длина хода стола. Остановка стола осуществляется поворотом рукоятки крана 11. Скорость стола регулируется поворотом рукоятки дросселя 5. Величина поперечно подачи регулируется поворотом лимба 9. Реверсирование поперечного перемещения стола происходит автоматически по упорам, перестановкой которых регулируется величина поперечного хода стола.

На рис.3 приведена гидрокинематическая схема экспериментального станда станка

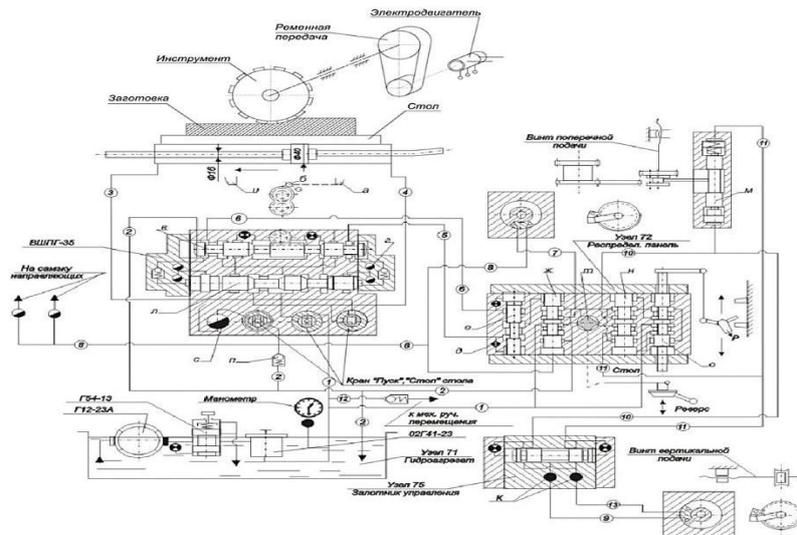


Рис.3. Гидрокинематическая схема экспериментального стенда.

Гидропривод станка состоит из гидравлических узлов: гидроагрегата; распределительной панели; гидроцилиндра; золотника управления; панели ВШПГ-35 (рис.3), соединенных между собой трубопроводами в единую систему, питаемую насосом Г12-23А. Панель ВШПГ-35, которая осуществляет реверс стола и регулирование скорости последнего. Гидроагрегат гидросистемы представляет собой маслобак сварной конструкции емкостью 45 литров.

На крышке маслобака установлены: электродвигатель АОЛ2-22-66 мощностью 1,1кВт, $n=930$ об/мин, соединенный муфтой с лопастным насосом Г12-23А. Производительность насоса $Q=25$ л/мин, при рабочем давлении 64 кгс/см².

1. Напорный золотник Г54-13, настройкой которого устанавливается требуемое давление в гидросистеме. Пропускная способность напорного золотника Г54-13: $Q=35$ л/мин, при $P=20$ кгс/см².
2. Фильтр пластинчатый встроенный 0,2Г41-23 при $P=50$ кгс/см² пропускной способностью $Q=35$ л/мин. Предназначен для очистки масла, поступающего в гидросистему.
3. Манометр общего назначения Ф60, предназначен для контроля давления в гидросистеме.

Распределительная панель предназначена для управления механизмом поперечной подачи и работает в момент реверса хода стола. Панель снабжена краном для включения и отключения реверса поперечно подачи.

Золотник управления предназначен для управления механизмом вертикальной подачи и работает в момент реверса крестового суппорта. По конструкции золотник управления представляет чугунный корпус с притертым в нем золотником. По торцам корпус закрыт крышками. Золотник управления снабжен краном отключения механизма вертикальной подачи. Крепится золотник управления сверху на крестовом суппорте.

Принцип работы автоматической системы (рис.1) заключается в следующем: с трёхфазной сети в 380 В и частотой 50 Гц через преобразователь частоты тока 8 подаётся питание на исполнительный механизм 4, который преобразует электрический ток в механическую силу для вращения вала шпинделя с определённой угловой скоростью ω , в результате чего происходит вращение дискового инструмента 5. В процессе обработки заготовки (рис.37) в обрабатываемой зоне возникает сила резания P_p , которую обычно подразделяют на три её составляющие силы P_z , P_{ϕ} , P_m , зависящие от ряда факторов:

$$P_p = f(v_p; t; S; HB; C_1; C_2; C_3),$$

где: v_p – скорость резания;
 t – глубина резания;
 S – скорость подачи инструмента;
 HB – твёрдость обрабатываемого материала;
 C_1 – коэффициент, характеризующий режущий инструмент;
 C_2 – поправочный коэффициент, других условий обработки;
 C_3 – коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей рабочего органа.

При расчёте режимов резания данные факторы и коэффициенты учитываются как постоянными величинами. Но на практике, как правило, эти факторы, с неоднородностью обрабатываемого материала переменчивы, что напрямую влияет на силу резания, и в конечном итоге приводит к неравномерным и нестабильным нагрузкам на систему СПИД, что может привести к поломке или заклиниванию инструмента, а также неточному изготовлению детали.

Для постоянного контроля за моментом резания на валу шпинделя установлен магнитоупругий датчик момента 6 (разработка проф.Муслимова А.П., к.т.н. Васильева В.Б.), который преобразует крутящий момент на валу в электрический сигнал, который усиливается усилителем и подаётся в преобразователь 8, где в зависимости от момента резания увеличивается или уменьшается частота и напряжение электрического тока, поступающего на электродвигатель.

Таким образом, разработана система автоматического регулирования режимами работы ортогональных камнерезных станков и токарных камнеобрабатывающих станков с различным приводом исполнительных механизмов, а также экспериментальный электрогидравлический стенд для проведения исследования зависимостей сил резания от режимов резания при обработке природного камня.

На рис 4 приведен общий магнитоупругого датчика МД-60.разработанный проф. Муслимовым А.П. и к.т.н. Васильевым В.Б. и успешно прошедший апробацию на кафедре “АиР”. Техническая характеристика магнитоупругого датчика МД-60 приведена в таблице1.



Рис.4. Общий вид магнитоупругого датчика МД-60.

Таблица 1.

Технические характеристики датчика МД – 60

| | |
|---|---------|
| Диаметр измеряемого вала, мм..... | 60 |
| Частота вращения вала, об/мин..... | 50÷1000 |
| Номинальный крутящий момент, Н·м..... | 250 |
| Пределы измерения крутящего момента, Н·м..... | 1÷400 |

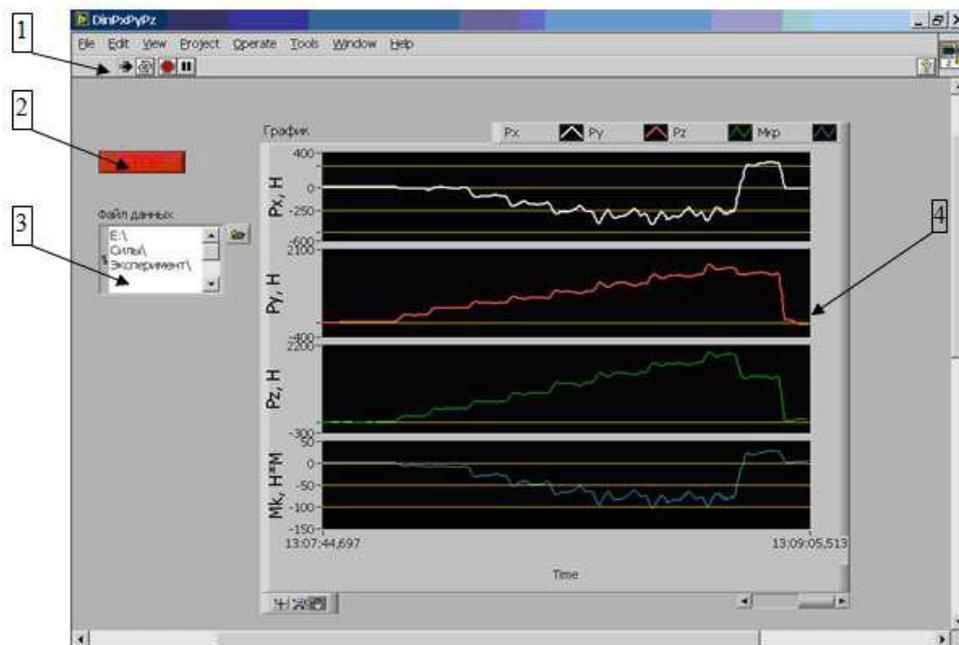
| | |
|--|-----|
| Напряжение питания обмотки возбуждения, В..... | 12 |
| Частота тока возбуждения, Гц..... | 400 |
| Количество полюсов возбуждения, шт..... | 6 |
| Количество измерительных полюсов, шт..... | 24 |
| Вес, кг..... | 2,5 |

В работе рассмотрен вариант создания экспериментально-лабораторного стенда, позволяющего регистрировать составляющие силы резания, крутящий момент, вибрацию и температуру, на операциях механической обработки природного камня при распиловке, фрезеровании и шлифовании с помощью тензометрического силового динамометра, представленного на рис.5.



Рис.5. Динамометр для измерения сил резания P_z , P_y , P_x .

Оснащение лабораторного стенда специальным программным обеспечением, дающего возможность отображать изменение составляющих силы резания, момента, температуры, позволит повысить точность обработки, достоверность измерений, сократить время на обработку экспериментальных данных, предоставить возможность проводить необходимые математические и статистические вычисления, создавать массивы экспериментальных данных, графически представлять выходные данные в режиме реального времени (рис.6).



Рисб. Диаграммы измерения составляющих сил резания P_x , P_y , P_z .

При проведении экспериментальных работ, в процессе распиловке природного камня, после преобразования сигналов, поступающих от динамометра через усилитель, преобразователь аналогового сигнала (АЦП Е-502), показания составляющих сил резания выводятся в виде диаграмм на монитор компьютера лабораторного стенда. .

Заключение

Разработанный учебно-лабораторный стенд позволит автоматически регулировать режимы работы камнеобрабатывающего станка в зависимости от изменения физико-механических свойств обрабатываемого материала, повысить точность и достоверность измерений, сократить время на обработку экспериментальных данных, предоставить возможность проводить необходимые математические и статистические вычисления, создавать массивы экспериментальных данных, графически представлять выходные данные в режиме реального времени.

Список литературы:

- 1.Александров В.А., Алексеенко Н.А., Мечник В.А. Исследование силовых и энергетических параметров резки гранита алмазными дисковыми пилами // Сверхтвердые материалы. - 1984. - №6. - С. 35-39.
- 2.Александров В.А. Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом. Киев: Наукова думка, 1979, 239с.
- 3.Романов В.Ф, Сафронов В.Г. др. Алмазный инструмент. Каталог. НИИТЭРМ. М.: 1985, 117с.
- 4.Сычев Ю.И., Берлин Ю.Я. Распиловка камня. М.: Недра, 1989, 319с.
- 5.Карпушевич З.Г., Трегубов А.В. Методика выбора основных параметров регулятора автоматической системы регулирования режимами работы привода подачи инструмента. Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова № 17. Бишкек, 2009 г.

УДК 621. 744. 45

О МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Усубаматов Р.Н., д.т.н., профессор, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: ryspek0701@yahoo.com

Сартов Т.Э. к.т.н., профессор, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: ste-61@mail.ru

Оморова А. И., аспирант, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: alomorova15@gmail.com

Аннотация

Промышленные предприятия решают две проблемы, в частности, повышают производительность машин и качество продукции. Эти проблемы решаются с использованием производственных систем на основе соответствующих технологий. Производственные системы представлены в виде различных решений, как отдельных машин, так и автоматизированных производственных линий со сложными структурами. Теория производительности дает знания в анализе разумных связей и закономерностей, которые должны применяться к концепциям проектирования для оптимизации работы и структуры производственных машин и систем. В статье представлены математические модели расчета производительности машин и системы машин, разработанные с помощью аналитических уравнений, учитывающие технологический процесс, показатели надежности машин и

компонентов, специфику проектирования машин и систем, и которые позволяют вычислять оптимальные режимы обработки и оптимальные структуры АЛ на примере АЛ параллельного действия.

Ключевые слова: производственные системы, автоматические линии, промышленные предприятия

PRODUCTIVITY THEORY FOR INDUSTRIAL ENGINEERING

Usubamatov R.N., professor of Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, 720044 Bishkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av., ryspek0701@yahoo.com

Sartov T.E., professor of Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, 720044 Bishkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av., ste-61@mail.ru

Omorova A.I., postgraduate student, Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, 720044 Bishkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av., alomorova15@gmail.com

Abstract. Manufacturing companies are solving two problems, particularly, increase the productivity rate of a machinery and the quality of the products. These problems are decided by use of manufacturing systems based on appropriate technologies. Manufacturing systems are represented by different solutions from single machines and to automated production lines with complex structures. Productivity theory gives knowledge in analysis of reasonable links and regularities that should be apply on design concepts to optimize the work and structures of manufacturing machines and systems. The known theory contains many assumptions and simplifications that yield in many cases incorrect solutions. Presented theory is holistic without simplifications in analysis and mathematical models for productivity rate of different design of the manufacturing machines and systems. Practitioners using this theory are able to solve optimality engineering problems of productivity for the manufacturing systems and machines. The productivity theory represents the regularities in productivity of the manufacturing machines and systems based on technology, structural designs, reliability and management. Also, this theory contains the system analysis of the work of machines and systems in real manufacturing environments with object to discover the types and reasons of productivity losses and show the solutions to enhance productivity rate and quality of products.

Keywords: production systems, automatic lines, industrial enterprises.

Введение. Промышленные предприятия разработали множество разнообразных машин и систем, которые решают проблемы повышения производительности при обеспечении высокого качества производимых изделий. Современные тенденции в области машиностроения связаны с повышением интенсивности режимов обработки и созданием сложных производственных систем, таких как автоматизированные производственные линии (АЛ), с рабочими машинами, объединенные в последовательные, параллельные и последовательно-параллельные структуры. На производстве различают два значения производительности. В производственной экономике термин производительности представляет собой как отношение объема выпущенной продукции к затратам, и оценивается стоимостью затрат. Как правило, экономический термин производительности представляет эффективность производственных систем. Промышленное производство представляет собой термин производительности как отношение количества продукции, изготовленных за время производства. Этот термин используется в теории производительности машин. Качество продукции является важным аспектом производственных процессов и рассматривается различными теориями технологий обработки изделий.

Интенсификация режимов обработки приводит к повышению производительности машин, и ученые предложили множество моделей, решения которых представлены разными критериями. Как правило, все публикации, посвященные интенсификации и оптимизации процессов обработки, могут быть разделены следующими критериями: оптимальный срок службы инструмента, минимальное время обработки, качество обрабатываемой поверхности, минимальная стоимость обработки и их комбинации. Однако во многих случаях промышленного производства преобладает критерий максимальной производительности машины.

Производительность машин - это комплексный показатель и содержит параметры технологии, конструкции, надежности и управления. Последнее можно рассматривать отдельно, поскольку эта деятельность оценивает качество систем управления. Недавнее исследование представлено несколькими публикациями, которые решают оптимизацию режимов обработки по критерию производительности для одного и нескольких инструментов. Однако оптимизация режимов обработки приводит к ограничению производительности для данной технологии. Эта проблема решается путем проектирования сложных производственных машин на основе сегментации технологических процессов, которые реализуются на АЛ, состоящих из рабочих машин и механизмов, с транспортными системами. Для коротких технологических процессов, которые не могут быть сегментированы, разработаны многоканальные АЛ параллельной структуры. Следующими этапами эволюции производительной машины является АЛ последовательной, параллельной или смешанной структуры. Все эти типы АЛ разработаны с определенным количеством рабочих станций и собственными свойствами и особенностями. Сложные АЛ с различными структурами испытывают простои в основном по причинам надежности рабочих станций и механизмов. Увеличение числа рабочих станций приводит к снижению производительности АЛ. Следующими шагами повышения производительности является сегментация АЛ на участки со встроенными буферами. В случае отказа одной рабочей станции, которая приводит к простоям одного участка с несколькими станциями, но не всей АЛ. Следовательно, все типы АЛ имеют оптимальное количество рабочих станций, которые обеспечивают максимальную производительность. Что касается структурного проектирования АЛ, то их продуктивность и надежность публикуются в многочисленных книгах и документах с различными методологическими подходами и критериями решений. Публикации в области конструктивных решений АЛ можно разделить на следующие критерии: балансирование технологического процесса, минимальное время и стоимость обработки, надежность машин и механизмов, емкость буфера, количество секций и их комбинации.

Однако в известных публикациях отсутствуют математические модели производительности АЛ с различными структурами и описаны только некоторые свойства и особенности. Недавние исследования представляют собой целостные математические модели производительности АЛ с различными структурами, которые включают в себя технологические, конструктивные параметры, параметры надежности и могут включать управленческий аспект. Математические модели позволяют определить оптимальное количество последовательных и параллельных рабочих машин и станков АЛ. Эти математические модели универсальны и могут применяться для любых видов отраслей, таких как транспорт, химия, текстиль и т. д. Эта система аналитических уравнений для расчета производительности производственных процессов, представлена целостной теорией производительности для машиностроения. Представленная теория производительности рассматривает производственные процессы, как процессы, основанные на следующих фундаментальных принципах: концептуальные принципы теории производственных систем; технологические процессы - основа проектирования производственных систем; теория надежности и вероятности; математические модели производительности различных конструкций производственных машин и систем с оптимальными решениями по критерию

необходимой и максимальной производительности; системный анализ работы машин в реальных производственных средах с целью выявления типов и причин потерь производительности. Эта теория производительности в первую очередь ориентирована на технологические процессы, связанные с производством. Однако теория производительности универсальна и может применяться для любых отраслей промышленности. Адаптация теории производительности для производственных процессов других отраслей промышленности вполне допустимо.

1. Методология

Время производства, затрачиваемое на производственные процессы, должно эффективно использоваться и оцениваться по атрибутам, которые могут дать четкое представление о том, как используется время. Фактические производственные процессы зависят от многих факторов, в том числе от технологий, проектирования машин и систем, эксплуатации машин и систем обслуживания, надежности и обслуживания машин, а также управленческих и организационных аспектов на объектах производства. Реальные промышленные среды показывают, что время производства не используется полностью во время производственных процессов. Концептуальные принципы производительности для производственных систем представлены следующими математическими подходами.

Анализ фактического времени производства показывает, что некоторые типичные компоненты времени являются постоянными в производственных процессах, и поэтому они могут быть представлены в математических формах.

Аналитически время производства может быть представлено следующим уравнением:

$$\theta = \theta_m + \theta_a + \theta_r + \theta_i \quad (1),$$

где θ - общее время производства; θ_m - время обработки продукта, θ_a - вспомогательное время, которое представляет время, затрачиваемое на подготовку процесса дискретной обработки, например загрузку, зажим, перезагрузку и передачу рабочей части в область обработки. Вспомогательное время зависит от конструкции машины и представляет собой потерянное время. Этот атрибут является результатом несовершенной конструкции машины. Для непрерывных процессов обработки машины спроектированы без вспомогательного времени, где $\theta_a = 0$ и показатель безупречности конструкции машины. θ_r - это время простоя, затрачиваемого на ремонт, техническое обслуживание и обслуживание случайных сбоев оборудования и времени простоя из-за многих причин, включая время изготовления дефектных продуктов, т.е. потерянное время; и θ_i - время простоев из-за управленческих и организационных проблем, которые рассматриваются по двум аспектам:

- непредсказуемые перерывы в производственном процессе из-за отсутствия рабочих элементов, падения мощности, задержки сотрудников и т. д.
- планируемое время обслуживания и обслуживания остановленной машины, выполненное в соответствии с планом обслуживания, необходимое для обеспечения работы машины в рабочем состоянии в течение длительного времени, а также организационные изменения, необходимые для подготовки процесса обработки для изготовления новых изделий.

Эти простои являются атрибутом несовершенства систем управления и организаций производственных процессов. Время производства представлено следующими группами:

$\theta_w = \theta_m + \theta_a$ - рабочее время, затрачиваемое на производство изделий и
 $\theta_p = \theta_w + \theta_r$ представляется как время производства.

Процессы производства оцениваются по разным показателям, а одна из них - производительность. Размерности производительности отличаются, и наиболее применимыми являются изделие / время, кг / время, м / время, м² / время и м³ / время, и прочие. Эти размеры в значительной степени зависят от типа отрасли и используемых технологий. Независимо от разницы в измерении, в общем случае продуктивность производственной системы может быть представлена уравнениями в масштабе общего

времени производства. Производственные процессы являются сложными системами и должны учитывать различные типы производительности для оценки эффективности его компонентов. Такой подход дает возможность отдельно рассмотреть технологию процесса, строение и надежность машины, а также эффективность систем управления и организации. В данной статье рассматривается коэффициент производительности для различных производственных машин и систем. Однако представленный аналитический подход может быть использован для получения новых математических моделей и расчета производительности труда любых типов машин и целых производственных систем.

2. Математическая модель производительности технологической машины

Математическая модель производительности представлена для отдельной технологической машины следующим уравнением:

$$\theta_a = \frac{z}{\theta_p} = \frac{1}{\frac{\theta_m + \theta_a}{z} + \frac{\theta_r}{z}} = \frac{1}{T + \frac{m_r n}{mn/T}} = \frac{1}{T + m_r T \sum_{i=1}^r \lambda_i} = \frac{1}{t_m + t_a} \times \frac{1}{1 + m_r \sum_{i=1}^r \lambda_i} = \frac{1}{t_m} \times \frac{1}{1 + (t_a / t_m)} \times \frac{1}{1 + m_r \sum_{i=1}^r \lambda_i} = Q_c A \quad (2),$$

где Q_a - фактическая производительность машины, а z - количество изделий, произведенных за время производства θ_p ;

$(\theta_m + \theta_a) / z = T = tm + ta$ - время цикла для изготовления одного изделия; $\theta_r / z = m_r n$ - это время простоя из-за проблемы надежности машины на одно изделие, m_r - среднее время восстановления одного случайного отказа, n - количество отказов за время производства; $z = mn / T$, где m - среднее время безотказной работы машины, $\lambda_i = 1 / m$ - частота отказов i механизмов и единиц (инструмент λ_c , шпиндель λ_s , система управления λ_{cs} , передаточные механизмы λ_g и т.д.); $Q_c = 1 / T$ - циклическая производительность; $A = 1 / (1 + m_r \lambda)$ - доступность машины.

Уравнение производительности для машин непрерывного действия представлено уравнением (2) где вспомогательное время $t_a = 0$, а циклическая производительность выражается формулой $T = 1 / t_m$, которая является пределом для данной технологии. Формула $f_d = 1 / (1 + [t_a / t_m])$ представляет собой конструктивный фактор для промышленных машин и имеет глубокий смысл. Тенденция в промышленности заключается в создании машин и систем со сложными конструкциями, что приводит к увеличению производительности, что в конечном итоге снижает конструктивные факторы. Эта двойственность приводит к решению, что любые типы машин имеют оптимальное решение в дизайне, которые обеспечивают максимальную производительность для данной технологии. Это также означает, что новые технологии могут быть эффективно и практически реализованы на новых промышленных машинных конструкциях, которые имеют высокие конструктивные факторы. Положительные свойства новых технологий теряются, если использовать их на старых машинных конструкциях. После совершенствования технологии, проектирования и надежности дает теоретическое решение, что машины не имеют пределов производительности.

Повышение производительности достигается за счет интенсификации процессов обработки и поиска математических моделей для максимальной производительности станков. Ниже представлены универсальные математические модели для оптимальной скорости резания для процессов обработки несколькими инструментами, которые могут быть применены к многошпиндельным, многопозиционным станкам и АЛ. Процесс обработки представлен режимами механической обработки, которые значительно изменяют скорость резания. Другие компоненты имеют ограничение из-за качества рабочих деталей. Увеличение скорости резания приводит к сокращению срока службы инструмента и увеличению времени простоя из-за поломки режущего инструмента. Действие всех факторов представлено в математической модели производительности в качестве функции

интенсификации процесса обработки.

Время обработки детали изменяется с изменением скорости резания и представлено следующим уравнением:

$$t_{mn} = \frac{t_m}{k} = \frac{t_m}{V/V_0} = \frac{t_m V_0}{V} \quad (3),$$

где t_{mn} - новое время обработки; $k = V / V_0$ - коэффициент увеличения скорости резания, V - новая скорость резания, V_0 - нормативная скорость резания.

Уравнение для увеличения частоты отказов режущего инструмента с увеличением скорости резания решается с помощью уравнения времени Тейлора $T = (CV)^{1/b}$, где C - эмпирическая константа, возникающая в результате регрессионного анализа и полевых исследований, и b - эмпирическая постоянная, которая зависит от материала режущего инструмента.

Атрибут λ_c частоты отказа режущего инструмента изменяется вместе с изменением скорости резания. Частота отказов n независимых режущего инструмента, участвующих в процессе обработки в соответствии с правилами теории вероятностей, представлена следующим уравнением:

$$\sum_{i=1}^k \lambda_{c.i} = \frac{1}{\sum_i^r T_{ci}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i V}{c_i} \right)^{1/b} \quad (4),$$

где $a_i = V_i / V$ - отношение скорости резания режущего инструмента i относительно скорости резания режущего инструмента с самым длинным временем обработки.

Другие компоненты уравнения (3) не меняются с изменением скорости резания. Подставляя определенные параметры в (3.) и преобразование дает следующее уравнение:

$$Q = \frac{1}{\frac{t_m + V_0}{V} + t_a} \times \frac{1}{1 + m_r \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i V}{c_i} \right)^{1/b} + \sum_{i=1}^r \lambda_{\gamma} \right]} \quad (5).$$

Максимальная скорость производительности определяется первой производной уравнения (6) с переменной скоростью резания V (фор.1). Уравнение (5) может использоваться для вычисления оптимальной скорости резания для любых типов процессов резания, которые выполняются на станке.

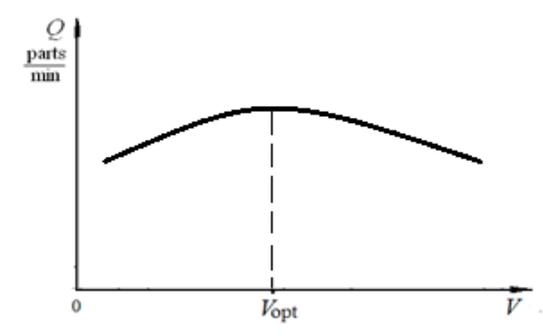


Рис. 1. Изменение производительности машины по сравнению с изменением скорости резания.

3. Математическая модель производительности АЛ параллельного действия

Промышленные процессы в разных областях используют технологические процессы с очень коротким временем работы. Практически короткие технологические процессы реализуются на одной рабочей машине или станке. Однако, во многих случаях, одна производительная машина не сможет выполнить программу выпуска изделия всего

предприятия. Спрос на увеличение производительности приводит к внедрению нескольких параллельных станков или рабочих машин с такими же технологическими процессами. Такой тип параллельных машин представлен как производственные системы параллельного действия. В промышленности АЛ параллельного действия представлены несколькими решениями, включая линейные и круговые конструкции. Они имеют разные свойства и математические модели производительности.

Станки и рабочие машины, расположенные в параллельной структуре, создают структуры АЛ, которые описываются следующими свойствами:

- параллельное расположение идентичных рабочих машин для обработки деталей представлено как АЛ параллельного действия и спроектировано на одной платформе с единой системой управления и жесткой связью всех рабочих машин и механизмов;
- неисправность любой рабочей машины, механизма или блоков управления приводит к остановке всего АЛ, что приводит к снижению производительности;
- каждая рабочая машина в АЛ снабжена автоматическими механизмами подачи детали;
- производительность АЛ параллельного действия представлена как результат производительности одной рабочей машины, а также зависит от количества параллельных рабочих машин и их безотказной работы;
- все рабочие машины в АЛ запускают процесс обработки в одно время и завершают в одно время, т. е. время цикла процесса обработки одинаково на всех параллельных рабочих машинах.

Свойства АЛ параллельного действия позволяют представить математическую модель производительности, основанную на уравнении (2) для одной машины. Следовательно, производительность АЛ параллельного действия представляется следующим уравнением:

$$Q = \frac{P}{t_m + t_a} \times \frac{1}{1 + m_r [p_s (\lambda_s + \lambda_f) + \lambda_{cs}]} \quad (6),$$

где частота отказов АЛ параллельного действия увеличивается в p_s раз в соответствии с количеством параллельных рабочих машин, блоков и механизмов, p - количество машин для обработки деталей на АЛ; λ_s - частота отказа одной рабочей машины, λ_f - частота отказа устройства подачи обрабатываемой детали для одной рабочей машины, λ_{cs} - частота отказа общей системы управления.

Анализ уравнения (6) показывает, что в знаменателе есть одна компонента, $m_r p_s (\lambda_s + \lambda_f)$, значение которой увеличивается с увеличением числа рабочих машин p_s . Другие компоненты не меняются и имеют постоянные значения. На рисунке 2 показано изменение производительности по сравнению с изменением числа параллельных станций p_s .

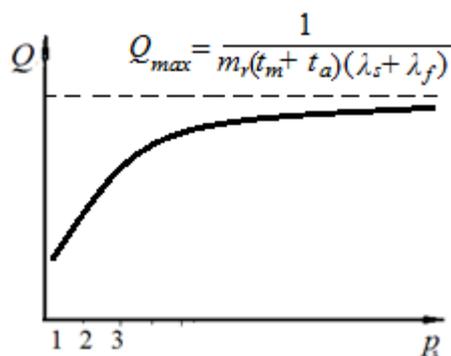


Рис. 2. Производительность АЛ параллельного действия по сравнению с изменением количества параллельных рабочих машин.

Анализ уравнения (6) демонстрирует, что это некоторый предел производительности для АЛ параллельного действия. Максимальная производительность определяется

математическим пределом уравнения (6). Оптимальное количество параллельных рабочих машин в АЛ рекомендуется выбирать в зоне, где увеличение количества параллельно работающих рабочих машин не дают чувствительного повышения производительности, и которое может быть оценено по экономическому критерию.

Вывод. Выведенные математические модели для производительности отдельной технологической машины и АЛ параллельного действия на основе технологического процесса, показателей надежности машин и компонентов, включают специфику проектирования машин и систем, позволяют вычислять оптимальные режимы обработки и оптимальные структуры АЛ.

Список литературных источников

1. **Волчкевич Л.**, 2005, Автоматизация производственных процессов, Машиностроение, Москва.
2. **Усубаматов Р., Исмаил К.А., Сах Дж. М.**, 2013, Математические модели производительности и доступности автоматизированных линий, Международный журнал передовых технологий производства: Vol. 66, выпуск 1, стр. 59-69.
3. **Усубаматов Р., Син Т. С. и Ахмад Р.**, 2016, Математические модели производительности автоматизированных линий с разной частотой отказов для станций и механизмов, Международный журнал передовых технологий производства. 82, pp. 681-695.
4. **Chryssolouris G.**, 2006, Системы производства: теория и практика. 2-й энд, Спрингер, Нью-Йорк.
5. **Groover M. P.**, 2010, Основы современного производства: материалы, процессы и системы, 4-е изд., (Lehigh University), Wiley.
6. **Grewal S.**, 2011, Проектирование и калькуляция производственных процессов: комплексный подход, Springer-Verlag, Лондон.

УДК 669.715:621.791.4

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СВАРОЧНЫЕ РЕЖИМЫ ДЛЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА (AL-MG) 5083 ПРИ СВАРКЕ СМТ.

Белекова Жылдыз Шаршеналиевна, преподаватель, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч. Айтматовва66, e-mail: jyldyza.88@mail.ru

Аннотация. Проведены сравнительные исследования по режимам сварки алюминиевых сплавов (Al-Mg) марки 5083 с разными подачами проволоки параметрами для выбора режимов сварки в среде защитного газа МИГ, а именно новейшего метода сварки СМТ.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, сварка СМТ, холодная дуга, инновация, тепловложение, короткая дуга, динамика, фаза дуги.

RECOMMENDED WELDING REGIMES FOR ALUMINUM ALLOY (AL-MG) 5083 FOR WELDING SMT.

Belekova Zhyldyz Sharshenalievna, teacher, KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek city, 66 Aitmatova Ave., e-mail: jyldyza.88@mail.ru

Annotation. Comparative studies on the welding conditions of aluminum alloys (Al-Mg) of grade 5083 with different wire feeds by parameters for selecting welding regimes in the MIG protective gas, namely, the newest method of welding of CMT, were carried out.

Key words: aluminum alloys, SMT welding, cold arc, innovation, heat input, short arc, dynamics, arc phase.

Упрочняемым алюминиевым сплавам относятся 6000 сплавы Al-Mg-Si, и не упрочняемым термической обработкой относят 5000 Al-Mg сплавы. Сплавы бxxx-групп имеют широкое применение, особенно в строительстве, авиационной и автомобильной промышленности [1]. В работе [2] рассматриваются материалы 5083 и 6082, как представители алюминиевых сплавов, которые хорошо свариваются лазерной сваркой. Способами сварки достигают приемлемых прочностей сваркой с малой теплотой, таким образом, меньшее влияние на микроструктуру, базовые материалы подвергаются уменьшенным искажениям[3].

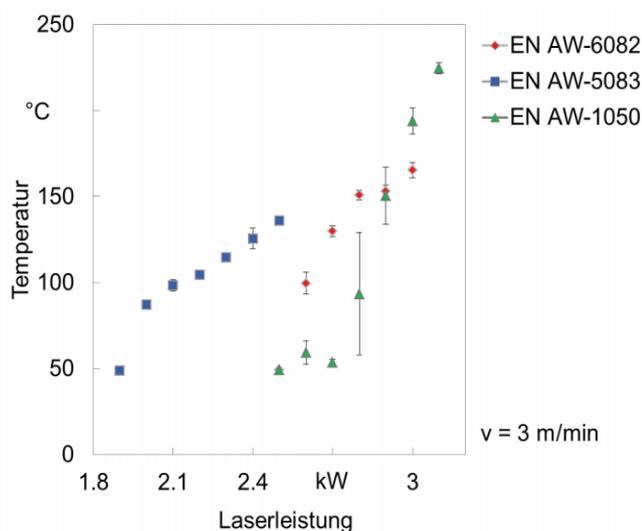


Рис. 1.7. Температура на поверхности, обращенной от лазера [2]

Из рис. источника [2] следует, что результаты показывают, что сплав EN AW-5083 достигает тех же температур при более низких уровнях мощности, чем сплавы EN AW-6082 и EN AW-1050 при мощности лазера. Дальнейшее увеличение мощности приводит к линейному повышению температуры. Из работы [5] известно что, сплав EN AW6082 является одним из алюминиево-магниево-кремниевых сплавов и обладает очень хорошей свариваемостью, но его прочность снижается в зоне сварки. Алюминиево-магнелиевые сплавы представляют собой сплавы без термической обработки, которые обеспечивают хорошую механическую свойств, коррозионной стойкости, хорошей обрабатываемости и свариваемости [4]. Во многих исследованиях основное внимание уделялось сварке трением с перемешиванием алюминиевых сплавов, и хорошо известно, что некоторые из алюминиевых сплавов не могут быть сваренной методом сварки плавлением. Воздействие повышенных температур выше 150°C для сплавов 6082 и 250°C для 5083-N116 в течение любого периода времени приводит к изменению механических свойств как для алюминиевых сплавов 5083, так и 6082[3]. Для обеих пластин 5083-N116 минимальное значение остаточного предела текучести происходит при 500 ° C. Было обнаружено, что избыток Si ($Mg / Si > 1,73$) оказывает отрицательное влияние на пластичность сплавов Al-Mg-Si без наличия дополнительных легирующих элементов [7]. AA6XXX и AA5XXX виды алюминиевых сплавов наиболее широко применяемые в сварочной области [7,8]. В алюминиевых сплавах бxxx группы образуют внутри интерметаллические частицы которые образуется во время

затвердевания. Легирующие элементы как Fe, Mn и Cr вызывает формирование нового фазового компонента [1]. Алюминий 5083 характеризуется хорошей свариваемостью, отличной коррозионной стойкостью и умеренной прочностью[9]. Алюминиевые сплавы с числом «6» в качестве первой цифры в обозначении сплава легируются комбинацией магния и кремния. Магний и кремний объединяются с образованием силиката магния (Mg_2Si), который, в свою очередь, образует простую эвтектическую систему с алюминием.

Материалы и методика экспериментов

Сварочные работы на сплаве Al-Mg 5083 были выполнены на установке Института сварки и разделительных технологий металлов (ISAF TU Clausthal, Germany) с использованием сварочной установки СМТ (рис.1), которая позволяет провести сварку/наплавку металлических материалов как в режиме СМТ так и в режиме СМТ Impuls.

В данной работе были использованы в качестве основного свариваемого материала листы алюминиевого сплава (Al-Mg) марки 5083 с толщиной 2 мм и в качестве сварочной проволоки AW-ALMg 4,5 марки 5087 с диаметром 1,2 мм. В таблице 1 приведены химические составы основного материала и сварочной проволоки.

Табл. 1. Химический состав основного металла и сварочной проволоки (масс %)

Таблица 1

| | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti | Zr |
|------------------|------|------|------|----------|---------|-----------|------|------|------|
| AlMg4,5 5083 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 0,40-1,0 | 4,0-4,9 | 0,05-0,25 | 0,25 | 0,15 | - |
| AW-ALMg 4,5 5087 | 0,25 | 0,40 | 0,05 | 0,9 | 4,9 | 0,15 | 0,25 | 0,15 | 0,15 |

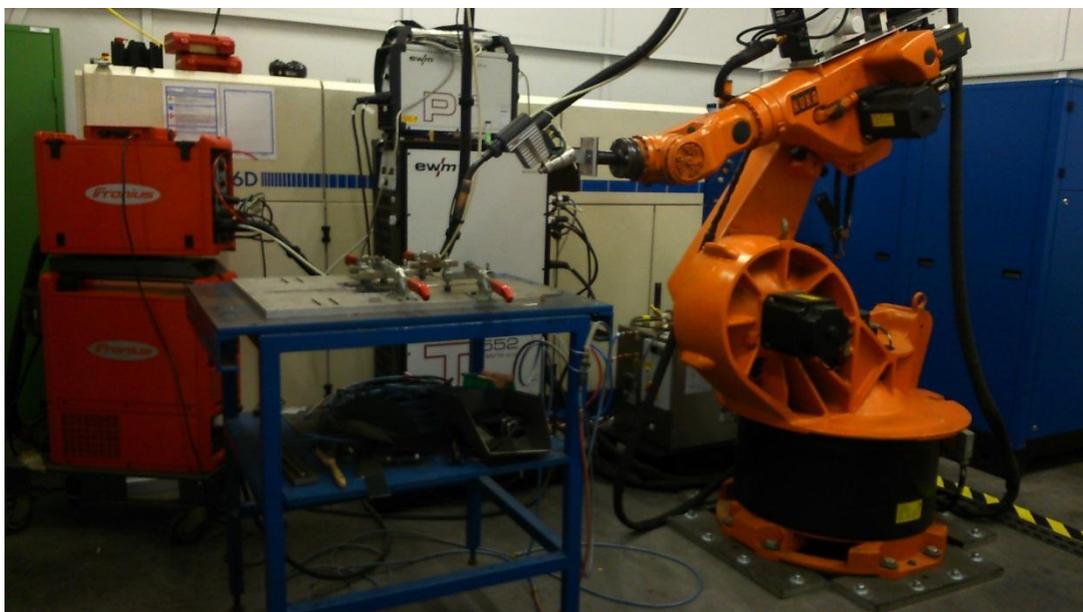


Рис.1. Сварочная установка ISAF с техникой СМТ

В качестве защитного газа был применен Varigon HE 30 (He 30%+Ar 70%) с объемом потребления 15 л/мин. Способ сварки СМТ. Параметры процесса сварки приведены в таблице.2.

| № | Скорость подачи проволоки [м/мин] | Скорость сварки [м/мин] |
|---|-----------------------------------|-------------------------|
| 1 | 4 | 0,4 |

На рис.2 показаны сварочные работы, полученные в соответствии со сварочно-технологическими параметрами из табл.2. Из параметров можно отметить, что варьируя скоростью подачи проволоки, был выбран режим для сплава 5083. Остальные параметры не изменялись. Микроанализ сплава (рис.2 а,б).



Рис.2. Микроанализ сплава 5083

3. Выводы

Рекомендуется подача проволоки 4м/мин. Благодаря меньшей энергии, вносимой в поверхность металла во время сварки СМТ процесса, формируется ровный сварочный шов без брызг.

Благодарность:

Автор выражает благодарность Высшей школе им. Бойта (Beuth Hochschule) для поддержки в проведении данного исследования.

Литература

1. G. Mrówka-Nowotnik*, J. Sieniawski, M. Wierzbińska, статья на тему «Intermetallic phase particles in 6082 aluminium alloy», журнал Archives of Materials Science and Engineering, Poland 2007,69-76 стр.
2. Möller, Felix –Wechselwirkung zwischen Lichtbogen und Laserstrahl beim Fügen von Aluminium, BIAS Verlag, Bremen, 2016
3. Ryan Douglas Matulich, магистр.дисс. «Post-fire Mechanical Properties of Aluminum Alloys and Aluminum Welds»,Blacksburg 2011,92 стр.
4. Schwartz, M. M.: Brazing, 2. Aufl., ASM International,Materials Park (2003).
5. Daniela Schwerdt ,Schwingfestigkeit und Schädigungsmechanismen der EN AW-6056 und EN AW-6082 sowie des Vergütungsstahls 42CrMo4 bei sehr hohen Schwingspielzahlen, Darmstadt 2011
6. Дмитриева А. В. Сварка "холодной" дугой / А. В. Дмитриева ; науч. рук. М. А. Крампит // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении : сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи, г. Юрга, 7-9 апреля 2016 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 1. — [С. 120-122].
7. Magnus Sætersdal, диссертация на тему «The Effect of Alloying Elements on the Ductility of Al-Mg-Si Alloys», Norwegian 2014
8. T. Srikanth, S. Surendran, G. Balaganesan,G. L. Manjunath, Response of CMT Welded Aluminum AA5086-H111 to AA6061-T6 Plate with AA4043 Filler for Ballistic. Procedia Engineering 194 (2017) 522 – 528
9. Faustin Kalenda Mutombo, магистерская диссертация «CORROSION FATIGUE BEHAVIOUR OF 5083-H111 AND 6061-T651 ALUMINIUM ALLOY WELDS», Pretoria 2011

ДВУХКОНТУРНОЕ АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДАЧИ ИНСТРУМЕНТА И ЗАЗОРА В ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ СУППОРТА СТАНКА.

Муслимов А.П., д.т.н., профессор, Кыргызский Государственный Технический Университет им.И.Раззакова, Бишкек, Кыргызстан, пр.Ч.Айтматова 66.

Алмасбеков А.А., преподаватель, Кыргызский Государственный Технический Университет им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызстан, пр.Ч.Айтматова 66. e-mail: aik101@mail.ru.

Цель статьи – разработка двухконтурного автоматического устройства регулирования подачи инструмента и зазора в гидростатических направляющих суппорта станка, обеспечивающей высокую точность и производительность процесса обработки деталей.

Разработана оригинальная двухконтурное устройство автоматического управления режимами работ токарного станка на гидростатических направляющих, новизна, которой рассматривается в Кыргызпатенте.

Ключевые слова: Гидростатические направляющие; зазор; суппорт станка; гидросуппорт; электромагнитный движитель; регулятор расхода; усилитель.

DOUBLE-CONTOURED AUTOMATIC DEVICE FOR TOOL FEED AND CLEARANCE CONTROL IN THE HYDROSTATIC CARRIAGE GUIDES.

Muslimov A. P., D.Eng.Sc, Prof, Kyrgyz State Technical University – I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan,66 Ch.Aitmatov av.

Almasbekov A.A., lecturer, Kyrgyz State Technical University – I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan, 66 Ch.Aitmatov av.e-mail:aik101@mail.ru.

The purpose of the article is to develop a double-counteracted automatic device for tool feed and clearance control in the hydrostatic carriage guides, ensuring high accuracy and performance of the part shaping process. An original double-counteracted automatic device with operating modes of lathe on hydrostatic guides has been developed, and novelty of which is being considered at Kyrgyzpatent.

Keywords: Hydrostatic guides; clearance, lathe carriage; hydrosupport, electromagnetic thruster; flow controller; and amplifier.

Основной задачей технологического процесса изготовления изделий является обеспечение их высокого качества при наименьших затратах. Точность геометрических размеров необходима не только для выполнения изделиями их служебного назначения, но и является одной из предпосылок длительной работы их без потери первоначальной точности.

В связи с этим при проектировании высокоточных станков, предназначенных для финишной обработки изделий машиностроения, проблемным вопросом является стабилизация скорости подачи инструмента и величины зазора в гидростатических направляющих, способствующая повышению качества изделий и увеличению производительности труда.

Наиболее широко в системах адаптивного управления применяют внесение поправки в размер динамической настройки путем изменения силы резания. Отличительная особенность такого способа – изменение в той или иной степени

упругих перемещений всех составляющих звеньев размерной цепи, замыкающим элементом которой является расстояние между деталью и режущими кромками инструмента. Существующие станки, предназначенные для чистовой обработки, имеют систему стабилизации скорости подачи инструмента, но в них отсутствует автоматическая система, стабилизирующая одновременно величин зазора в гидростатических направляющих и подачи инструмента, что приводит к снижению точности геометрических размеров изготавливаемых деталей. Поэтому разработка двухконтурной автоматической системы, обеспечивающей стабильность подачи инструмента и величины зазора в гидростатической паре независимо от колебаний внешней нагрузки, является актуальной задачей и решение её позволит создавать высокоточные станки.

Известно, что для чистовых обработок изделий типа тел вращения широко используются токарные станки, в которых суппорт с инструментом – резцом перемещается на гидростатических направляющих, т.е. между элементами существует масляной зазор, обеспечивающий жидкостное трение.

В то же время величина зазора в гидростатических направляющих изменяются под действием возмущающих сил – изменения сил резания.

В связи с этим возникает необходимость разработки автоматического устройства стабилизации зазора в направляющих независимо от нагрузки.

Одновременно необходимо стабилизировать и подачу инструмента независимо от изменений сил резания, что позволяет также повысить точность геометрических размеров и качество поверхности изделия, а также стойкость инструмента.

В связи с этим рассматривается создания принципиально нового двухконтурного адаптивного устройства управления применительно к токарным станкам при обработке тел вращения, которая может осуществлять управление по двум контурам одним датчиком, отслеживая при этом два параметра: подача инструмента и зазора в направляющих.

Задачей разработки является:

1) Стабилизация силы резания посредством регулирования величиной подачи инструмента посредством расхода, поступающим в силовой цилиндр гидросуппорта (1-й контур автоматической системы)

2) Стабилизация зазора гидростатических направляющих путем регулирования давления в опорах посредством расхода, поступающего в карманы гидростатических направляющих. (2-й контур автоматической системы)

Предлагается двухконтурное автоматическое устройство, предназначенной поддерживать постоянства подачи инструмента и зазора в гидростатических направляющих суппорта, которая позволит существенно повысить точность обрабатываемых изделий, она отличается простотой и надежностью.

На рис.1 приведена принципиальная схема двухконтурного автоматического устройства стабилизации зазора и подачи, состоящая из станины, на которой установлен суппорт станка (5) с силовым цилиндром (4).

На суппорте станка закреплен режущий инструмент, для обработки детали (6). Датчик (7), предназначен для измерения упругого перемещение резца под действием радикальной составляющей силы резания и преобразования его в электрический сигнал. Сигнал от I_d с помощью усилителя $У$ усиливается и усиленный сигнал I_y поступает в электромагнитный движитель, якорь которого перемещает подвижной элемент регулятора расхода (2). При повышении нагрузки его щель увеличивается ровно на столько, чтобы компенсировать утечки в силовом цилиндре. При снижении нагрузки на силовом цилиндре величина щели регулятора уменьшается под действием пружины ровно на столько, чтобы подача инструмента была постоянной.

Одновременно подвижный элемент регулятора (1), который жестко связан с

Принципиальная схема двухконтурного автоматического устройства регулирования подачи суппорта и зазора в гидростатических направляющих.

N_1 и N_2 – насосы гидростатических направляющих и силового цилиндра;

PK_1 и PK_2 - редуционные клапаны;

У – усилитель;

P_y – сила резания;

S – Подача инструмента;

q – Зазор гидростатической направляющей;

Q_1 , P_1 – расход и давление;

ЭМ – электромагнитный движатель;

h_1 , h_2 – соответственно величины открытий рабочей щели;

Из – задающий сигнал;

Ид – сигнал датчика;

Иу – сигнал усилителя;

Q_{n1} , P_{n2} – расход и давление насоса;

1 и 2 - регуляторы расхода в гидростатических направляющих и силового цилиндра;

3 – гидростатические направляющие;

4 – силовой цилиндр;

5 – суппорт;

6 – обрабатываемая деталь;

7 – дифференциальный индуктивный датчик;

8 – демпферы.

Устройство для автоматического управления техническими параметрами подачи инструмента и зазора гидростатических направляющих предназначено для повышения качества изготовления детали на токарном станке (точность геометрических размеров и чистоты детали за счет стабилизации выше названных параметров с помощью автоматической системы).

Двухконтурное автоматическое устройство регулирования отличается простотой, компактностью (в виде панели), легко встраивается к любому оборудованию и не требует больших затрат на её изготовление.

Применение таких автоматических устройств в станках, предназначенных для чистовой обработки изделий, дают ориентировочно следующие результаты:

1) Повышение производительности на 20% за счет уменьшения настроечных операций;

2) Качество продукции (геометрические размеры, чистота поверхности) возрастает за счет стабильности настройки;

3) Стойкость инструмента, поскольку он работает в одинаковых условиях, повышается в среднем на 60%.

4) Срок службы оборудования также возрастает, поскольку обеспечиваются стабильные режимы работ его узлов и механизмов.

Исходя из этого можно сделать вывод, что разработанную автоматическое устройство можно будет использовать при создании высокоточных токарных, расточных и шлифовальных станков, предназначенных для финишной обработки, так как это устройство обладает высокой точностью и быстродействием.

Разработанная технологическое устройство с автоматическим управлением зазора в направляющих применима как при модернизации существующих станков, а также при проектировании новых высокоточных станков.

Литература

1. Башта Т. М., Гидропривод и гидропневмоавтоматика. М., 1972. 319с.
2. Бесекерский В. А., Попов Е. П., Теория систем автоматического регулирования. М., 1975. 768 с.
3. Иринг Ю. Проектирование гидравлических и пневматических систем: Пер. со словац. Л., 1983. 363 с.
4. Лещенко В. А. Гидравлические следящие приводы станков с программным управлением . М., 1975. 288 с.
5. Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. М., 1987. 464 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

УДК: 637.521.47:613.22

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЯСОРАСТИТЕЛЬНОГО ПОЛУФАБРИКАТА
ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ**

Джамакеева Анара Джекшеновна, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66. Тел.: 0312-54-51-63, e-mail: anara-5.65@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена изучению возможности использования растительного сырья в технологии мясных полуфабрикатов и исследованию его влияния на функционально-технологические свойства мясных фаршей, качество и пищевую ценность готовых продуктов. Были разработаны рецептуры мясорастительных полуфабрикатов с различной дозировкой растительных добавок. Исследованы качественные показатели готовых продуктов, подтверждающих целесообразность внесения растительного сырья в состав мясных полуфабрикатов. Были исследованы также показатели безопасности новых видов мясорастительных полуфабрикатов. Новый вид мясорастительного полуфабриката предназначен для детей школьного возраста.

Произведен расчет их пищевой и биологической ценностей с использованием программного обеспечения. Оно основано на расчетно-аналитическом методе Липатова Н.Н. и Рогова И.А. Программное обеспечение реализовано в среде MS Visual Studio на языке программирования Visual Basic, с использованием системы управления базами данных SQL Server в модели клиент / сервер.

Ключевые слова: мясной фарш, растительные добавки, мясорастительные полуфабрикаты, качественные показатели, пищевая ценность, биологическая ценность.

**DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF MEAT-PLANT SEMI-FINISHED
PRODUCT FOR CHILDREN FEED**

Dzhamakeyeva Anara Dzh., PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, KSTU named after I. Razzakov. Phone: 0312-54-51-63, e-mail: anara-5.65@mail.ru

Abstract. The work is devoted to the study of the possibility of using vegetable raw materials in technology of meat semi-finished products and the study of its influence the functional and technological properties of minced meat, quality and nutritional value of finished products. Formulations of meat-plant semi-finished products were developed with different dosage of vegetable supplements. The qualitative indicators of finished products were investigated, which confirm the feasibility of add vegetable raw materials in the composition of meat semi-finished products. Safety indicators of the new kind of meat-plant semi-finished products were investigated also. The new kind of meat-plant semi-finished product is intended for school-age children.

Their food and biological values were calculated using software. It is based on the calculation-analytical method of Lipatov N.N. and Rogova I.A. The software is implemented in the MS Visual Studio environment in the Visual Basic programming language, using the SQL Server database management system in the client / server model.

Keywords: meat stuffing, vegetable supplements, meat-plant semi-finished products, qualitative indicators, the nutritional value, biological value.

Введение. Мясные полуфабрикаты пользуются большой популярностью у потребителей и с каждым годом занимают все более прочное место в рационе питания. Спрос на эту продукцию растет с каждым годом, и эта тенденция усиливается с каждым днем.

Сегодня особую актуальность приобретает разработка современных технологических решений в производстве мясных полуфабрикатов. Это связано со спецификой их технологии, способной легко модифицировать технологический процесс, использовать различные виды сырья, способы его подготовки и применения.

В ближайшие годы будут востребованы нетрадиционные и инновационные продукты, отличающиеся оригинальностью рецептуры и технологией производства, а также полуфабрикаты с комплексом заданных полезных свойств, которые будут позиционироваться как продукты для здорового питания, с улучшенными функциональными свойствами [8].

Применение функциональных растительных ингредиентов в рецептуре рубленых полуфабрикатов позволяет снизить их калорийность и рекомендовать в качестве продуктов для здорового питания, приобретающих в настоящее время все большую популярность у покупателей. Спрос на мясорастительные полуфабрикаты обусловлен еще и тем, что их стоимость значительно ниже, чем натуральных мясных полуфабрикатов [5].

Особое значение полуфабрикаты с улучшенными функциональными свойствами имеют для детей школьного возраста. Этот период очень важен для детей этого возраста, так как именно в это время происходит «взросление» организма: рост скелета и мышечной массы тела, увеличение энергетических затрат организма, связанных с повышением физической и умственной нагрузок.

Неполноценное питание, приводящее к дефициту в питании полноценного белка, витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон требует включения в рацион питания для этой категории потребителей продуктов с улучшенными функциональными свойствами.

Решение данной проблемы возможно благодаря использованию в рецептурах полуфабрикатов широкого спектра функциональных растительных ингредиентов. Растительное сырье с высокой степенью вероятности можно считать натуральным благодаря отсутствию химической, ферментативной или иной модификации в процессе получения и использования. Такой подход в наибольшей степени отвечает и запросам покупателей, которые хотят использовать в питании пищевые продукты, изготовленные с использованием натуральных ингредиентов и сбалансированные по своему химическому составу [6].

Цель исследования. Целью данной исследовательской работы является разработка технологии нового вида мясорастительного полуфабриката с использованием функциональных растительных ингредиентов, предназначенного для детей школьного возраста.

Методы исследования. Для изучения качественных характеристик и пищевой ценности новых видов мясорастительных полуфабрикатов были использованы стандартные методики, спектрофотометрический метод, метод аналитического расчета химического состава и базовых показателей биологической ценности мясных продуктов Липатова Н.Н. и Рогова И.А. [1, 2; 4, С. 15 – 16].

Результаты обсуждения. При выборе объектов исследования было решено использовать рубленые полуфабрикаты, а именно котлеты, занимающие в последнее время все большую нишу на современном потребительском рынке. Следует учесть и тот факт, что данный вид полуфабрикатов пользуется большой популярностью у детей дошкольного и школьного возрастов.

С целью обогащения и повышения пищевой и биологической ценности было принято решение обогатить мясной фарш кунжутным жмыхом, плодами унаби и лимоном.

Выбор этих растительных добавок основывался на результатах проведенного анализа их химического состава и пищевой ценности. При выборе вводимых растительных

ингредиентов учитывалось и то, что для нормального развития организма подростка требуются пищевые продукты, сбалансированные по основным компонентам, обогащенные витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами, с повышенной пищевой, биологической и энергетической ценностью.

Исходя из поставленных в работе задач, на первом этапе исследований были разработаны 4 модельные рецептуры мясорастительных полуфабрикатов (далее мясорастительных котлет) на основе имеющейся рецептуры котлет без добавок. В ходе исследований была осуществлена замена части основного сырья на плоды унаби в количестве – 3, 5, 7 и 10 %. По результатам дегустационной оценки и сенсорного анализа лучшими были признаны опытные образцы 1 и 2, содержащие 3 и 5 % плодов унаби.

На втором этапе с учетом рекомендаций и пожеланий дегустационной комиссии были разработаны новые модельные рецептуры мясорастительных котлет. При этом были учтены положительные результаты, полученные после проведения предыдущих исследований. В частности, дозировка плодов унаби в количестве 3 и 5 %. Дополнительно для повышения пищевой ценности исследуемых образцов в мясной фарш были введенные новые растительные ингредиенты, такие как кунжутный жмых и лимон.

Результаты дегустационной оценки, проведенной на кафедре «Технология производства продуктов питания» показали, что по совокупности органолептических показателей опытные образцы превосходили контрольный образец (рис. 1).

Из представленных опытных образцов наибольший балл получил опытный образец 1 (4,84 балла), поэтому дальнейшие исследования было решено проводить с контрольным образцом и образцом 1.

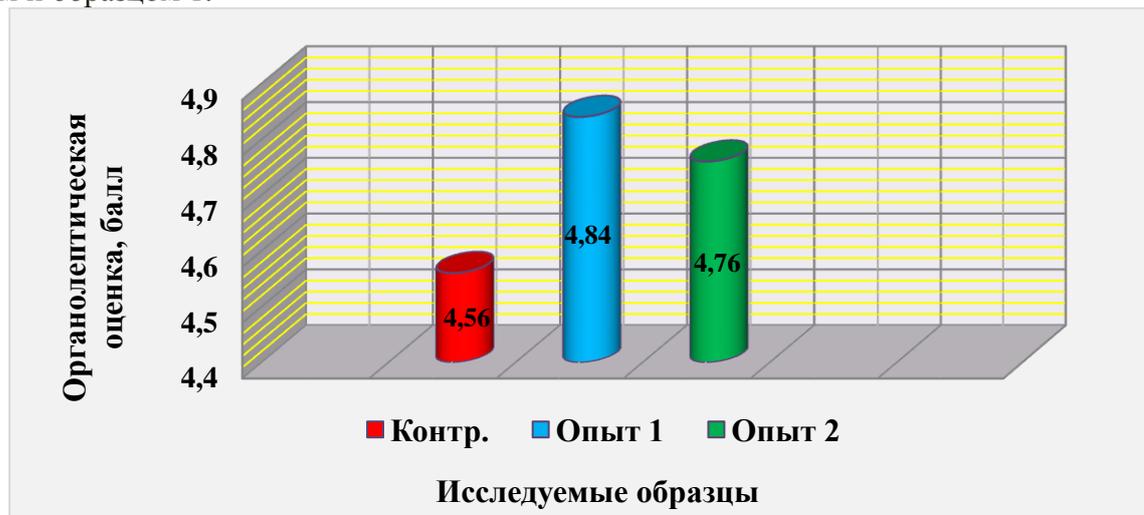


Рис. 1. Органолептические показатели мясорастительных котлет

В соответствии с поставленными задачами на следующем этапе были выполнены исследования влияния вносимых растительных ингредиентов на функционально – технологические свойства мясных фаршей: водосвязывающую способность (ВСС), пластичность и общую массовую долю влаги. Результаты исследования функционально-технологических свойства исследуемых образцов мясных фаршей с растительными добавками представлены на рис. 2 и 3.



Рис. 2. Изменение массовой доли влаги в исследуемых образцах мясных фаршей с растительными добавками

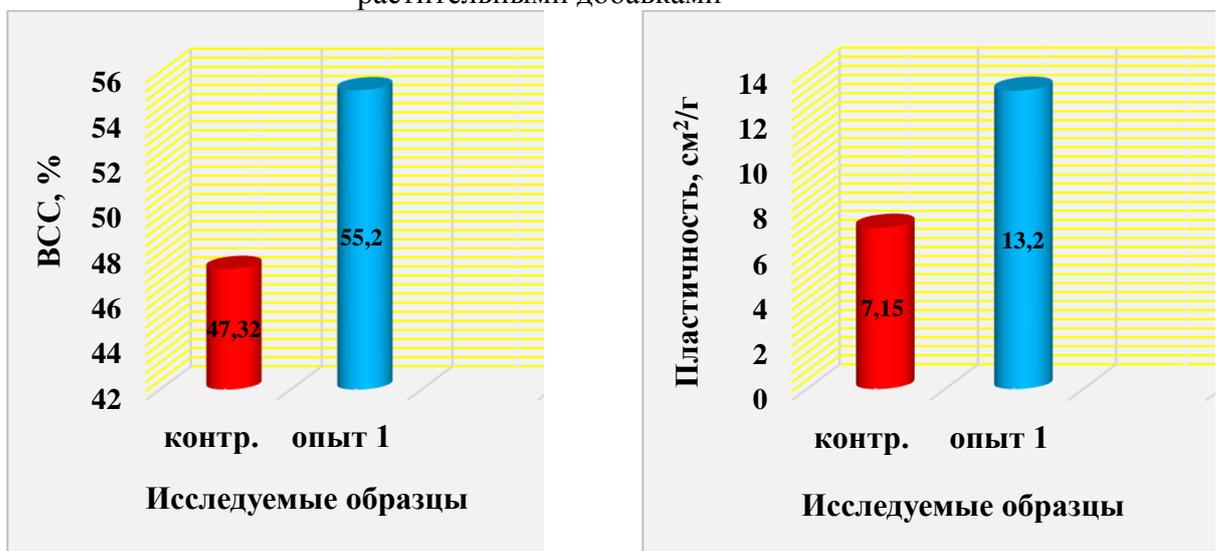


Рис. 3. Изменение водосвязывающей способности и пластичности мясных фаршей с растительными добавками

Анализ функционально-технологических свойств мясных фаршей показал, что введение растительных добавок приводит к их стабильному повышению, что подтверждено полученными результатами (рис. 2 и 3).

В частности, в опытном образце 1 по сравнению с контролем наблюдалось повышение водосвязывающей способности на 7,88 %; пластичности – на 6,05 см²/г.

Массовая доля влаги в опытном образце 1 увеличилась на 5,9 % по сравнению с контрольным образцом, однако не превысило норм, установленных стандартами для данного вида полуфабриката, и благоприятно сказалось на таких органолептических показателях как сочность и нежность.

Несомненно, большую роль в улучшении функционально-технологических свойств мясных фаршей сыграл кунжутный жмых. Это обусловлено тем, что пищевые волокна и крахмал, входящие в состав кунжутного жмыха, обладают способностью связывать излишнюю влагу, увеличивая, тем самым, долю прочно связанной влаги, приведшей к большему увеличению водосвязывающей способности фарша и пластичности у опытного образца 1 по сравнению с контролем (рис. 3).

Для сохранения пищевой ценности растительных ингредиентов, вводимых в рецептуру мясорастительных котлет, был выбран паровой способ тепловой обработки.

Анализ качественных показателей готовых полуфабрикатов показал увеличение массовой доли белка на 3,14 % в опытном образце 1 по сравнению с контролем. Это дает основание полагать, что небольшая замена основного сырья на растительные ингредиенты привела не к снижению пищевой и биологической ценности опытного образца, а к их повышению, так как значительно обогатила готовые продукты полезными нутриентами, содержащимися в растительных добавках.

Кунжутный жмых содержит довольно большое содержание кальция. Данное обстоятельство побудило нас провести исследования по определению массовой доли кальция в исследуемых образцах мясорастительных котлет. Результаты определения массовой доли кальция в исследуемых образцах мясорастительных котлет показали увеличение массовой доли кальция на 32 мг/100г продукта по сравнению с контролем, что очень важно для растущего организма, так как предлагаемые нами мясорастительные котлеты предназначены для детей школьного возраста (рис. 4).



Рис. 4. Изменение массовой доли кальция в исследуемых образцах мясорастительных котлет

Тяжелые металлы являются одним из главных источников загрязнения окружающей среды. Усиливающееся загрязнение тяжелыми металлами создает серьезную опасность для здоровья населения. Наиболее часто в пищевых продуктах встречается свинец, который обладает сильно выраженными токсикологическими и кумулятивными свойствами. Особенно опасно воздействие свинца на детей: при длительном воздействии он вызывает умственную отсталость и хронические заболевания.

Были проведены исследования содержания этого элемента в исследуемых образцах мясорастительных котлет спектрофотометрическим методом [1].

Количественное содержание свинца в исследуемых образцах мясорастительных котлет варьировалось от 0,06 до 0,08 мг/кг, что не превышает предельно допустимых значений ПДК для этого элемента (0,3 мг/кг) [7, С. 170].

В современной технологии мясных продуктов для проектирования рецептов многокомпонентных пищевых систем в основном используются подходы, базирующиеся на методах экспериментально-статистического моделирования и линейного программирования, а также математические методы расчета основных показателей биологической ценности [3].

Разработано программное обеспечение, предназначенное для расчета химического состава и базовых показателей биологической ценности сложных многокомпонентных мясных продуктов, в основе которого положена методика Липатова Н.Н. и Рогова И.А.

Программное обеспечение разработано в среде «MS Visual Studio» на языке программирования Visual Basic, с использованием системы управления базами данных SQL Server в модели «клиент/сервер».

Предлагаемая программа решает такие проблемы как избежание метода «проб и ошибок» при разработке и оптимизации рецептур мясных продуктов, сокращение времени на сложные технологические расчеты, что приводит к значительному сокращению временных затрат

Полученные с помощью этого программного обеспечения расчетные данные по общему химическому составу и аминокислотному составам, а также качественным показателям белкового компонента, характеризующим уровень биологической ценности исследуемых образцов мясорастительных котлет, представлены в табл. 1 – 3.

Таблица 1.

Расчетные данные химического состава и энергетической ценности исследуемых образцов мясорастительных котлет

| Образец | Вид вводимого компонента | % замены основного сырья | Состав продукта | | | Отношение белок: жир | Энергетическая ценность ккал/100г |
|----------|--------------------------|--------------------------|------------------|------|-----------|----------------------|-----------------------------------|
| | | | Массовая доля, % | | | | |
| | | | белка | жира | углеводов | | |
| Контроль | - | - | 13,03 | 8,77 | 7,99 | 1,5:1 | 161 |
| Опыт 1 | Кунжутный жмых | 7,5 | 15,7 | 8,93 | 9,21 | 1,7:1 | 178 |
| | Плоды унаби | 3,0 | | | | | |
| | Лимон | 5,0 | | | | | |

Таблица 2.

Расчетные показатели биологической ценности исследуемых образцов мясорастительных котлет

| Образец | Массовая доля белка, % | Количество лимитирующих НАК | Минимальный скор, % | Расчетные коэффициенты | | | |
|----------|------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|-------|------|------|
| | | | | КРАС | БЦ | U | G |
| Контроль | 13,03 | 1 | 89 | 5,68 | 94,02 | 0,69 | 0,88 |
| Опыт 1 | 15,7 | 1 | 92 | 5,98 | 94,87 | 0,68 | 1,04 |

Таблица 3.

Аминокислотный состав мясорастительных котлет

| Незаменимые аминокислоты | Содержание аминокислот в мясорастительных котлетах, г/100г белка/скор, % | | |
|--------------------------|--|--------------|-------------|
| | Эталон ФАО/ВОЗ | Контроль | Опыт 1 |
| | треонин | 4,00 | 4,33/108 |
| валин | 5,00 | 5,17/104 | 6,07/120 |
| метионин +цистин | 3,50 | 3,52/101 | 4,39/126 |
| изолейцин | 4,00 | 5,11/123 | 5,11/128 |
| лейцин | 7,00 | 7,19/103 | 8,52/122 |
| фенилаланин + тирозин | 6,00 | 7,23/120 | 8,83/147 |
| лизин | 5,50 | 4,89/89 | 5,04/92 |
| триптофан | 1,00 | 1,06/106 | 1,16/116 |
| Итого НАК | 36,00 | 38,50 | 44,0 |

Как следует из анализа представленных данных, несмотря на замену основного сырья в рецептуре котлет, массовая доля белка в опытном образце 1 увеличилась на 2,67 % по сравнению с контрольным образцом. Содержание жира и углеводов в опытном образце 1 увеличилось незначительно – на 0,16 и 1,22 %, соответственно.

Что касается соотношения белок: жир, то оно изменилось незначительно (табл. 1). Энергетическая ценность опытного образца увеличилась на 17 ккал, что связано, вероятно, с введением в состав фарша кунжутного жмыха.

Проведение оценки качественного состава и уровня биологической ценности (БЦ) белкового компонента образцов свидетельствует о том, что замена части мясного сырья в базовой рецептуре котлет растительными ингредиентами, в принципе не изменяет количество лимитирующих незаменимых аминокислот (1). Минимальный скор у контрольного образца составил 89 %, у опытного образца 1 – 92 %. При этом во всех исследуемых образцах лимитирующей аминокислотой является лизин.

Сравнительная оценка расчетных показателей свидетельствует о том, что, несмотря на замену основного сырья растительными добавками в базовой рецептуре, показатель биологической ценности (БЦ) у опытного образца 1 незначительно увеличивается на 0,85 %.

Коэффициент утилитарности (U) находится в пределах 0,68 – 0,69, а наилучшим показателем по коэффициенту сопоставимой избыточности (G) обладает контрольный образец, но абсолютное значение G в обоих образцах почти не изменяется (отклонение всего 0,16). Такое же минимальное различие наблюдается и в значениях коэффициента различий аминокислотного сора (КРАС) в исследуемых образцах - 0,3 % (табл. 2).

По сумме незаменимых аминокислот опытный образец 1 превосходит контрольный образец (табл. 3).

Выводы: В целом, анализируя полученные экспериментальные и расчетные данные, можно сделать вывод, что введение растительных ингредиентов в рецептуру рубленых полуфабрикатов взамен основного сырья принципиально не меняет уровня биологической ценности и позволяет получить продукты со сбалансированным химическим составом, улучшенными функционально-технологическими свойствами, высокой пищевой ценностью, что имеет немаловажное значение для детей школьного возраста.

Список литературы

1. Анетте Лебеда. UV/VIS спектроскопия – понимание и применение в целях гарантии качества продуктов питания// Материалы регионального семинара, проведенного в рамках Программы GIZ «Профессиональное образование в Центральной Азии». - Бишкек, 2013. - 49 с.
2. Антипова, Л.В., Глотова, И.А., Рогов, И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. – М: Колос, 2001. - 376 с.
3. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания: учебное пособие/Муратова, Е.И., Толстых, С.Г., Дворецкий, С.И., Зюзина, О.В., Леонов, Д.В. Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. - 80 с.
4. Липатов, Н.Н., Лисицын, А.Б., Юдина, С.Б. Совершенствование методики проектирования биологической ценности пищевых продуктов // Мясная индустрия, 1996. – №1. – С. 15 – 16.
5. Митасева, Л.Ф., Пыльцова, Л.А. и др. Отечественные добавки премиксы для рубленых полуфабрикатов // Мясная индустрия, 1999. - №1.
6. Стефанова, И.Л., Тимошенко, Н.В. Мясо птицы в детском питании. Перспективы создания продуктов детского и функционального питания // Мясные технологии, 2006. - № 3. - С. 42 - 45.
7. ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». – С.170.
8. <http://www.meatbranch.com>

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОЛУЧЕНИЮ ПРОТЕИНОВЫХ НАПИТКОВ НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ

Егорова Елена Юрьевна, д.т.н., доцент, профессор кафедры технологии хранения и переработки зерна, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Ленина 46. Тел.: +7 (3852) 29-07-55, e-mail: egorovaeyu@mail.ru

Аннотация. Разработка новых эффективных технологий переработки продовольственного сырья относится к числу важнейших задач в обеспечении продовольственной безопасности государства. Масличные жмыхи и шроты в данном аспекте перспективно использовать в качестве дополнительного источника пищевого белка для «протеиновых продуктов». Целью исследования являлась оценка возможности получения стабильной формы протеинсодержащих напитков на растительной основе. Объектами исследований выступали суспензии и эмульсии, полученные на основе полуобезжиренной муки из ядра кедровых орехов (кедровой муки). В качестве способа диспергирования кедровой муки и стабилизации получаемых эмульсий выбрано ультразвуковое воздействие в режиме развитой кавитации (при интенсивности более 10 Вт/см²). Образцы – суспензии, полученные смешиванием кедровой муки и воды питьевого качества, подогретой до температуры 70 °С (гидромодуль 1:5 и 1:6) – подвергались ультразвуковому воздействию в течение 2 минут. Использование эффектов ультразвуковой кавитации позволило получить на основе кедровой муки стабильные эмульсии. По сравнению с напитками, приготовленными без применения ультразвука, обработанные эмульсии отличаются повышенным содержанием растворимых сухих веществ (7,2–8,4 %), жира (1,8–3,3 %) и белков (1,9–3,4 %), что позволяет их использовать в качестве растительного аналога молока.

Ключевые слова: протеиновые продукты, растительное молоко, технология, пищевая эмульсия, коллоидная стабильность, растительное сырье, масличные жмыхи, эффективность растворения, пищевая ценность.

MODERN APPROACHES TO GENERATING PROTEIN DRINKS OF VEGETABLE-BASED

Egorova Elena Jurjevna, Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of technology of storage and grain processing, Institute for Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Polzunov Altai State Technical University, Russia, 656038, Barnaul, Leninast. 46. Phone/Fax: +7 (3852) 29-07-55, e-mail: egorovaeyu@mail.ru

Abstract.

Development of new effective technologies of processing of food raw materials is one of the most important tasks in ensuring food security of the state. Oilcake and meal in this aspect is promising to use as an additional source of dietary protein for «protein products». The aim of the study was to assess the possibility of obtaining a stable of form of protein-containing beverages on a vegetable basis. The objects of research were suspensions and emulsions obtained on the basis of semi-skimmed flour from oilcake from nuts of *Pinus sibirica Du Tour* (cedar flour). As a method of dispersion of cedar flour and stabilization of the emulsions selected ultrasonic action in the mode of developed cavitation (at an intensity of more than 10 W/cm²). Samples-suspensions obtained by mixing cedar flour and drinking water, heated to a temperature of 70 °С (hydromodule 1:5 and 1:6) – were exposed to ultrasonic treatment for 2 minutes. The use of ultrasonic cavitation effects made

it possible to obtain stable emulsions based on cedar flour. Compared to drinks prepared without the use of ultrasound, processed emulsions have a high content of soluble solids (7,2–8,4 %), fat (1,8–3,3 %) and proteins (1,9–3,4 %), which allows them to be used as a vegetable analogue of milk.

Key words: protein products, vegetable milk, technology, food emulsion, colloidal stability, vegetable raw material, oil cake, dissolution efficiency, nutritional value.

Введение

Одним из направлений научных разработок АлтГТУ, ориентированных на повышение эффективности переработки региональных ресурсов продовольственного сырья и обеспечение пищевыми продуктами населения Алтайского края, является деятельность по обоснованию рациональных технологических схем переработки вторичных сырьевых ресурсов масложировой отрасли и оптимизации параметров получения целевых продуктов [1, 2].

К перечню отраслей, развивающихся в последние годы наиболее активно, относится масложировая. Сегодня предприятиями края в качестве масличного сырья перерабатываются подсолнечник, соя, рапс, тыква, амарант, черный тмин, масличный лен, кунжут, расторопша, конопля, орехи грецкие и кедровые, облепиха. Действующие технологические схемы предусматривают выработку пищевых растительных масел, жмыхов и шротов, с выделением в качестве отходов производства лузги и фуза [1].

Для жмыхов и шротов масличных семян интенсивно прорабатывается возможность их применения в качестве дополнительных источников пищевого белка для получения так называемых «протеиновых продуктов» [3–5]. В частности, значительно возрос интерес к промышленному производству протеиновых напитков и сухих протеиновых смесей [6]. Целесообразность получения подобных продуктов и напитков обусловлена, прежде всего, возможностью регулирования их химического состава в соответствии с запросами потребителей и современными требованиями науки о питании. В этих условиях использование масличного сырья рассматривается как доступная альтернатива белкам животного происхождения.

Следует отметить, что российские исследования в данной области, в целом, совпадают с общемировыми тенденциями развития потребительского рынка: получать продукты питания, более энергоемкие и/или насыщенные незаменимыми для полноценного ежедневного питания нутриентами, к которым относится и белок.

Развитие продовольственного рынка сопровождается непрерывным расширением спектра промышленной переработки протеинового сырья. В целом, по прогнозам аналитиков международного рынка, к 2020 году объем рынка растительных белков может достичь 10,12 млрд. \$ [7]. Ведущую роль в этом играет получение заменителей молока и мяса и производство продуктов спортивного питания [6, 8].

Крупнейшие сегменты современного сырьевого рынка протеинов представлены изолятами, концентратами и текстурированным белком. Изоляты находят основное применение в производстве спортивного питания и продукции фармацевтического назначения, текстурированные белки пользуются большим спросом в индустрии мясопродуктов, в качестве заменителя мясного сырья [7]. Наряду с отмеченными сегментами, постепенно набирает темпы роста сегмент протеинов из масличного сырья – таких, как протеины конопляных семян, кедровых орехов, льняных семян или их жмыхов, в основном – благодаря растущей популярности у населения «органических продуктов».

Белки, входящие в состав протеиновых коктейлей или сухих белковых смесей, обычно получают гидролизом или изолированием молочного казеина, сывороточных или соевых белков. Кроме названных, в качестве товарных форм – источников протеина – на потребительском рынке предлагаются конопляная, рисовая и бобовая высокобелковая мука (с содержанием от 35 до 85 % белка) [9].

Белки концентратов и изолятов, в основном, относятся к водо- и солерастворимым,

поэтому хорошо переходят в суспендированно-эмульгированную форму и могут быть приготовлены и употреблены в любой подходящий для человека момент: в качестве легкого «перекуса» в обеденный перерыв, гейнера или протеинового коктейля после спортивной тренировки и т. д. Собственно, условиями потребления обусловлено и основное требование к таким продуктам – легкость восстановления (перевода в удобную для употребления форму – суспендированного коктейля) и усвоения, для обеспечения возможности быстрой компенсации потраченной энергии и строительного материала – белка.

Вместе с тем, анализ биологической ценности основных видов товарных протеинов показывает, что протеины риса, как и преобладающего числа других злаковых культур, лимитируются лизином. Этот лимит ограничивает усвояемость рисового протеина на уровне 54–56 % от заявленного содержания белков в подобных продуктах. Протеины бобовых культур – бобов, гороха, фасоли, нута (соя – не исключение) обладают утилитарностью порядка 60–64 %. Протеины, получаемые из большинства видов масличных семян, имеют усвояемость, не превышающую 45–60 %, такой значительный разбег значений усвояемости обусловлен видовым разнообразием масличных культур и различием в соотношениях незаменимых аминокислот их белков.

Орехи занимают в этом перечне особое место. В частности, при анализе белков ядра кедровых орехов идентифицировано 19 аминокислот, до 70 % от состава которых представлено незаменимыми и условно-незаменимыми. Кедровая высокопротеиновая мука – кедровый жмых – содержит от 32 до 45 % белков от суммы сухих веществ, их усвояемость может составлять до 68 % [10]. Содержание жирного масла, богатого полиненасыщенными жирными кислотами и фосфолипидами, находится в кедровой муке на уровне 16,4–26,3 %, в зависимости от исходной масличности перерабатываемых орехов и используемой технологии их переработки [11]. Высокая пищевая ценность кедровой муки подтверждена в клинических условиях, в том числе в качестве дополнительного продукта диетического значения при реабилитации послеоперационных больных и лечении туберкулезной интоксикации с наличием выраженных деструктивных изменений и сопутствующих заболеваний [12].

Однако, в отличие от изолятов и концентратов наиболее популярных товарных протеинов (например, сывороточного белка), при обычных условиях из кедрового жмыха (кедровой муки) практически не возможно получить стабильный напиток – привычную форму потребления протеиновых продуктов, популярную и, в целом, приемлемую для любой возрастной группы потребителей.

Все выше сказанное подтверждает целесообразность поиска новых методических подходов и технологических решений, направленных на разработку и производство новых продуктов с повышенным содержанием протеинов.

Хорошо известно, что структурирование и диспергирование белка, как и многих других компонентов в коллоидных пищевых системах зависит от нескольких факторов:

- от крупности частиц протеинсодержащего сырья;
- от соотношения в коллоидной системе компонентов другой природы (углеводов, органических кислот и др.);
- от интенсивности внешнего физико-химического воздействия на коллоидную систему (температура; pH; способ диспергирования).

Для частиц кедровой муки диапазон дисперсности варьирует в пределах 0,25 до 14,0 мкм, средний размер частиц составляет 5 мкм [13]. Очевидно, что без применения специальных физических методов воздействия на суспендированную систему напитка, получаемого на основе муки с подобными размерами нерастворяющихся частиц, нельзя ожидать эффективного перехода в эмульсию наиболее ценных пищевых компонентов кедровой муки – белков и полиненасыщенных жиров, как невозможно и добиться необходимой коллоидной стабильности таких напитков. Наиболее перспективным способом обработки пищевых сред, позволяющим придать коллоидной системе устойчивость и ускорить

процессы растворения и эмульгирования без применения специализированных пищевых добавок, можно считать ультразвуковую кавитацию. Этот прием является одним из наиболее экологичных методов интенсификации процессов экстракции и гомогенизации [14, 15], в том числе активно применяется в молочной отрасли – для гомогенизации молока и молочных продуктов, получаемых на основе сухого молочного сырья [16–18].

Применение ультразвука считается перспективным и в случае получения белковых напитков на растительной основе, в качестве примера можно привести миндальное молоко [19].

В целом, эффективность ультразвукового воздействия в кавитационном режиме является доказанной в отношении гомогенизации и структурирования различных пищевых систем коллоидной природы, как растительного, так и животного происхождения. Поэтому можно предположить, что применение сонохимических эффектов должно способствовать и повышению стабильности напитков, получаемых на основе муки из масличных жмыхов. В рассматриваемом случае – из кедровой муки.

Целью данной работы являлась оценка возможности получения стабильной формы протеинсодержащих напитков на основе кедровой муки.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований выступали суспензии и эмульсии, полученные на основе кедровой муки – полуобезжиренной муки из ядра кедровых орехов, полученной производителем путём однократного холодного отжима пищевого кедрового масла (ООО «Специалист», г. Бийск, Алтайский край). Кедровая мука обладает характерным слабо выраженным ореховым ароматом и привкусом, кремового цвета. Пищевая ценность 100 г продукта, согласно маркировке производителя: белки – 34 г, жиры – 20 г, углеводы – 25 г; энергетическая ценность – 416 ккал. Фактические значения компонентов химического состава кедровой муки, определенные с использованием стандартных методов исследований масличного сырья: жиры – $21,5 \pm 0,2$ %, белки – $36,7 \pm 0,1$ %, углеводы (суммарно) – $21,4 \pm 0,5$ %.

В качестве способа диспергирования частиц кедровой муки и стабилизации получаемых эмульсий выбрано ультразвуковое воздействие в режиме развитой кавитации (при интенсивности более 10 Вт/см^2).

Образцы (суспензии, полученные смешиванием кедровой муки и воды питьевого качества, подогретой до температуры $70 \text{ }^\circ\text{C}$; гидромодуль 1:5 и 1:6) подвергались ультразвуковому воздействию (2 минуты), генерируемому аппаратом УЗТА-0,4/22-ОМ серии «Волна» [20]. Аппарат спроектирован и собран в Лаборатории акустических процессов и аппаратов АлтГТУ и предназначен для интенсификации процессов в жидких и жидкодисперсных средах, в том числе для интенсификации процессов растворения и диспергирования. Конструктивно ультразвуковой аппарат состоит из электронного блока и подключаемой к нему посредством соединительного кабеля ультразвуковой колебательной системы. Частота ультразвуковых колебаний ($22 \pm 1,65$) кГц, максимальная потребляемая мощность – 400 Вт. Для обработки модельных сред напитков применялись режимы высокоинтенсивного ультразвукового воздействия (не менее 10 Вт/см^2).

В ходе исследований изучалось влияние продолжительности обработки на состав и коллоидную стабильность напитков, полученных на основе кедровой муки. В качестве контроля использовались образцы, полученные в тех же условиях, но без применения ультразвукового воздействия.

Диаметр и количество жировых капель в напитках на основе кедровой муки определяли с использованием счетной камеры Горяева.

Массовую долю сухих веществ в напитках определяли рефрактометрически, с использованием рефрактометра ИРФ-454Б2М.

Массовую долю белка в напитках определяли методом формольного титрования.

Массовую долю жира в напитках определяли бутирометрическим методом.

Все исследования проводились в 3–4-кратной повторности. Результаты экспериментальных исследований обрабатывали с использованием стандартных прикладных

программ Microsoft Office.

Результаты и их обсуждение. Как показано во многих работах, генерируемые в условиях высокоинтенсивного ультразвукового воздействия механические и химические эффекты проявляются преимущественно в диспергировании и растворении компонентов. К важнейшим факторам, определяющим скорость протекания в пищевых средах различных диффузионных, химических и других процессов, относят изменение фазового состояния воды. В результате гидратации возникает прочная связь воды с растительными биополимерами типа белков и сложных углеводов (имеющими основное структурирующее значение). В частности, именно на этом свойстве воды основаны эффекты сонохимической водоподготовки в технологии восстановления сухого молока и сухой молочной сыворотки [16–18].

При получении эмульсий активированная за счет кавитационных воздействий вода легче связывается коллоидной системой в результате гидролиза молекул жиров, граничащих с кавитирующей жидкостью, и появления в растворе ди- и моноглицеридов – естественных эмульгаторов-загустителей. Тем не менее, в каждом конкретном случае применения эффектов ультразвуковой кавитации необходимо выбирать те режимы и продолжительность воздействия, которые обеспечат получение стабильной коллоидной системы, в нашем случае – эмульсии протеинсодержащего напитка.

Согласно экспериментальным данным, при обработке ультразвуком увеличивается переход в эмульсии напитков сухих веществ. Следовательно, повышаются растворимость компонентов кедровой муки, пищевая ценность полученных напитков и их коллоидная стабильность. Эффекты, наблюдаемые после 2-х минут обработки модельных сред (напитков) ультразвуком, можно условно подразделить на:

- 1) повышение степени перехода в водную фазу жира, растворимых белков и других компонентов, входящих в состав кедровой муки;
- 2) диспергирование капель кедрового масла, экстрагированных из частиц кедровой муки, что способствует повышению устойчивости получаемых эмульсий (таблица 1).

Таблица 1.

Характеристика экспериментальных эмульсий «кедрового молока»

| Характеристика эмульсии | Без УЗ-обработки | С УЗ-обработкой (2 минуты) |
|--------------------------------------|------------------|----------------------------|
| <i>гидромодуль 1:5</i> | | |
| Средний диаметр жировых шариков, мкм | 1,25 | 0,50 |
| Средний объем жировых шариков, мкм | 1,00 | 0,07 |
| Массовая доля сухих веществ, % | 5,4±0,1 | 7,6±0,1 |
| Массовая доля белка, % | 1,62±0,20 | 3,17±0,25 |
| Массовая доля жира, % | 0,2±0,1 | 3,3±0,2 |
| <i>гидромодуль 1:6</i> | | |
| Средний диаметр жировых шариков, мкм | 3,11 | 0,52 |
| Средний объем жировых шариков, мкм | 15,65 | 0,08 |
| Массовая доля сухих веществ, % | 4,0±0,1 | 7,2±0,1 |
| Массовая доля белка, % | 1,45±0,18 | 2,65±0,22 |
| Массовая доля жира, % | 0,22±0,05 | 2,8±0,2 |

Увеличение продолжительности обработки модельных сред ультразвуковыми волнами не приводило к существенному повышению содержания в получаемых эмульсиях растворенного жира. Однако с увеличением продолжительности обработки ультразвуком наблюдалось уменьшение диаметра жировых капель, так как под воздействием продолжающейся кавитации экстрагированные из кедровой муки крупные капли жира

распадались на более мелкие. Изменение гидромодуля от 1:5 до 1:6 не сопровождалось существенным изменением эффективности эмульгирования жира.

По сравнению с напитками, полученными без использования эффектов ультразвукового воздействия, в обработанных напитках размерный ряд жировых капель принципиально меняется. Более наглядно эффективность ультразвукового воздействия иллюстрируют фотографии экспериментальных напитков на основе кедровой муки (рис. 1).



Рис. 2. Фотография эмульсии «кедрового молока», полученного при обработке ультразвуком в течение 2 минут

Полученные результаты (таблица 1) демонстрируют явную прослеживаемость влияния ультразвукового воздействия на состав и коллоидную стабильность напитков типа «растительное молоко», получаемых на основе муки из масличных жмыхов. Сравнительный анализ данных о содержании в полученном напитке растворенных белков и жира (таблица 1) показывает их сопоставимость с коровьим молоком (3,3 % белка, 3,5–3,9 % жира).

Таким образом, использование эффектов ультразвукового воздействия в процессе получения новых белоксодержащих напитков типа «растительное молоко» позволяет получать на основе кедровой муки стабильные эмульсии, не требующие применения эмульгаторов и, по сравнению со способом приготовления напитков без применения эффектов ультразвуковой кавитации, отличающиеся повышенным содержанием растворимых сухих веществ (7,2–8,4 %), жира (1,8–3,3 %) и белков (1,9–3,4 %).

Рекомендуемые пределы используемой дозировки кедровой муки, в зависимости от способа получения напитков (заваривание или варка), составляют 14,3–16,7 % (для гидромодуля 1:5 и 1:6, соответственно). Для получения таких напитков достаточно 2 минут ультразвукового воздействия, при увеличении продолжительности обработки исследуемые характеристики эмульсий практически не меняют своих значений.

Список литературы:

1. Егорова, Е.Ю. Перспективы использования вторичных сырьевых ресурсов маслостекольного и масложирового производств в Алтайском крае // Ползуновский вестник. – 2015. – № 4. – Т. 2. – С. 23–26.
2. Bockkarev M.S., Egorova E.Yu., Reznichenko I.Yu., and Poznyakovskiy V.M. Reasons for the ways of using oilcakes in food industry // Foods and Raw Materials. – 2016. – V. 4. – № 1. – P. 4–12.
3. Компанцев, Д.В. Белковые изоляты из растительного сырья: обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологии получения белковых изолятов из растительного сырья / Д.В. Компанцев, А.В. Попов, И.М. Привалов, Э.Ф. Степанова // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 1; URL: [http://science-](http://science-148)

education.ru/ru/article/view?id=24132 (дата обращения: 01.04.2018).

4. Щёколдина, Т.В. Технологии получения белоксодержащего сырья из продуктов переработки семян подсолнечника / Т.В. Щёколдина // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №109 (05). – С. 1–19.

5. Хёлинг, А. Инновационное получение протеинов из белоксодержащего биологического сырья / А. Хёлинг, Т. Гримм, В.В. Волков, О.Я. Мезенова, Н.Ю. Мезенова // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2017. – Т. 3. – № 2. – С. 1–11.

6. Отчёт по результатам проведения маркетингового исследования рынка белковых концентратов и текстурированных белковых веществ (код ТН ВЭД 2106) государств-членов Европейского союза; URL: <http://www.crrp.ru/Belkovie.pdf> (дата обращения: 06.04.2018).

7. Белковые ингредиенты: очередной виток роста (по данным Mordor Intelligence, Innova Market Insight); URL: http://bake.ingredients.pro/news/editorial/belkovye_ingredienty_ocherednoy_vitok_rosta/ (дата обращения: 06.04.2018).

8. Худяков, М.С. Рынок спортивного питания / М.С. Худяков // Сибирский торгово-экономический журнал. – 2015. – № 1 (20). – С. 89–91.

9. Soy Protein Ingredients Market – Growth, Trends and Forecasts (2017–2022) // <https://mordorintelligence.com/industry-reports/soy-protein-ingredients-market>; Global Rice Protein Market – Growth, Trends and Forecasts (2018–2023) // <https://mordorintelligence.com/industry-reports/rice-protein-market>; Europe Whey Protein Market – Growth, Trends and Forecast (2017–2022) // <https://mordorintelligence.com/industry-reports/europe-whey-protein-market>; US Whey Protein Market – Growth, Trends & Forecasts (2017–2022) // <https://mordorintelligence.com/industry-reports/us-whey-protein-market> (дата обращения: 10.04.2018).

10. Егорова, Е.Ю. Особенности производства и формирования потребительских свойств масла кедрового ореха и продукции на его основе: монография / Е.Ю. Егорова. – Бийск: Изд-во «Бия», 2014. – 453 с.

11. Егорова, Е.Ю. Разработка новых кондитерских изделий с использованием нетрадиционного сырья / Е.Ю. Егорова, И.Ю. Резниченко, М.С. Бочкарев, Г.А. Дорн // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 3. – С. 31–38.

12. Павлова, Е.С. Протеиновый концентрат "Протеины кедр" как средство дополнительного питания при туберкулезе / Е.С. Павлова, М.К. Винокурова // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84. – № S3. – С. 146.

13. Бочкарёв, М.С. Исследование дисперсных характеристик жмыха кедрового ореха и молочно-растительных композиций на его основе / М.С. Бочкарёв, Е.Ю. Егорова, Г.Г. Сакович // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – Бийск, 2009. – С. 342–347.

14. Pingret, D. Ultrasound-assisted extraction / D. Pingret, A.-S. Fabiano-Tixier, F. Chemat // RSC. Green Chemistry. – 2013. – P. 89–112.

15. Tiwari, B.K. Ultrasound: a clean, green extraction technology / B.K. Tiwari // TrAC – Trends in Analytical Chemistry. – 2015. – V. 71. – P. 100–109.

16. Mohammadi, V. Ultrasonic techniques for the milk production industry / V. Mohammadi, M. Ghasemi-Varnamkhasti, R. Ebrahimi, M. Abbasvali // Measurement. – 2014. – V. 58. – P. 93–102.

17. Лещенко, Е.Г. Исследование процесса восстановления сухой молочной сыворотки методом ультразвуковой кавитации и электрохимической обработки воды / Е.Г. Лещенко, К.В. Костенко // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2016. – № 4. – P. 34–40.

18. Фаткуллин, Р.И. Использование ультразвукового воздействия как фактора интенсификации процесса диспергирования в пищевых производствах / Р.И. Фаткуллин,

19. Maghsoudlou, Ya. Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk / Ya. Maghsoudlou, M. Alami, M. Mashkour, M.H. Shahraki // Journal of Food Processing and Preservation. – 2016. – V. 40. – № 5. – P. 828–839.

20. Ультразвуковой технологический аппарат серии «Волна» УЗТА-0,4/22-ОМ (Вариант исполнения № 2). <http://www.crpp.ru/Belkovie.pdf> (дата обращения: 10.04.2018).

УДК.:641.1/3-027.28:332.145

ДИЗАЙНЕРСКИЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ В РЕШЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ МАКРО- И МИКРОНУТРИЕНТНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

Мусульманова Мукарама Мухамедовна, д.т.н., проф., КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66. Тел.: 0312-54-51-63; e-mail: musulmanova.mukarama@gmail.com.

Мамбетова Анар Шергазиевна, доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66. Тел.: 0312-54-51-63; e-mail: anar.mambetova.60@mail.ru.

Аннотация. В статье анализируется состояние здоровья современного человека, которое, несмотря на достижения медицины, продолжает повсеместно ухудшаться. В Кыргызстане обострены проблемы «скрытого» голода, цереброваскулярных заболеваний, железодефицитных состояний, мало внимания уделяется здоровью пожилых людей. Действенной мерой решения указанных проблем является разработка, широкомасштабное производство и, следовательно, массовое потребление так называемых дизайнерских продуктов питания, содержащих физиологически функциональные ингредиенты и обладающих благодаря этому индуцированными свойствами. Создать такого рода продукты можно, используя принципы комбинаторики, возможности которой практически безграничны. Комбинированием молочного и растительного сырья разработана серия продуктов специального назначения, содержащих заданное количество макро- и микронутриентов и способных восполнить их недостаток в питании.

Ключевые слова: физиологически функциональные ингредиенты, функциональные продукты питания, геродиетические продукты питания, проектирование состава, дизайнерские продукты, макронутриенты, микронутриенты, пробиотики, пребиотики, пищевые волокна.

DESIGNER FOODSTUFFS IN THE DECISION OF REGIONAL PROBLEMS OF MACRO- AND MICRO-NUTRIENT DEFICIENCY

Musulmanova Mukarama M., Dr., Prof. I. Razzakov KSTU, Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek c., Ch. Aitmatov av., 66. Phone: 0312-54-51-63; e-mail: musulmanova.mukarama@gmail.com.

Mambetova Anar Sh., associate professor, I. Razzakov KSTU, Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek c., Ch. Aitmatov av., 66. Phone: 0312-54-51-63; e-mail: anar.mambetova.60@mail.ru.

Abstract. The article analyzes the state of health of modern man, which, despite the achievements of medicine, continues to deteriorate everywhere. In Kyrgyzstan, the problems of "hidden" hunger, cerebrovascular diseases, iron deficiency are exacerbated, little attention is paid to the health of the elderly. An effective measure to solve these problems is the development, large-scale production and, consequently, mass consumption of so-called designer food products

containing physiologically functional ingredients and thus having induced properties. It is possible to create such kind of products, using the principles of combinatorics, the possibilities of which are practically unlimited. Series of special-purpose products containing a specified number of macro- and micronutrients and capable to replenish their deficiency in nutrition has developed by combination of dairy and plant raw materials.

Keywords: physiologically functional ingredients, functional food products, gerodietic food products, composition design, designer foods, macronutrients, micronutrients, probiotics, prebiotics, food fibers.

Известно, что питание является наиболее сильным и устойчивым фактором среды, оказывающим постоянное влияние на состояние здоровья человека. За последние двести лет структура и состав питания претерпели существенные изменения. В рационе преобладают рафинированные продукты, богатые легкоусвояемыми углеводами, но лишенные витаминов, пищевых волокон и других жизненно необходимых нутриентов. Люди перестали есть незрелые овощи и фрукты с их мощным антимуtagenным и противораковым эффектом. Немалую роль в создании дефицита некоторых нутриентов играет и истощение почвы. Если 75 лет назад для удовлетворения суточной потребности организма в железе достаточно было 1-2 яблок, то сегодня – 10-15. Угрозой для безопасности страны стали явный и скрытый голод, сопровождающиеся снижением показателей здоровья населения. Как известно [12], КР занимает 113-е место по уровню здоровья и медицины (из 188 стран) и лидирует по цереброваскулярным заболеваниям в европейской зоне. Кроме того, в республике страдают анемией более 60 % женщин детородного возраста, 50 % девушек юного возраста, почти 90-95 % (60 % – другие данные) беременных женщин, более 40 % детей (0,5-12 лет). Распространенность анемии в разных регионах страны колеблется в пределах от 49 до 80-84 %. 40 % материнской и детской смертности связаны с ЖДА. 13 % детей раннего возраста умирают от аномалий развития, причиной которых является микронутриентная недостаточность. 13,7 % детей первых 5 лет жизни страдают от хронического недоедания [14]. Бишкек и Ошская область являются территориями с наиболее высокими показателями заболевания детей и подростков [11].

Не менее важной представляется проблема повсеместного, включая Кыргызстан, увеличения количества пожилых и старых людей. По прогнозам ООН, через 25 лет число людей старше 60 лет на Земле достигнет 1,2 млрд. человек. При этом ожидается увеличение численности тех, кому будет за 80 лет; гораздо больше, чем сейчас, станет и 100-летних. Согласно недавно проведенным исследованиям, количество старых людей (75-80 лет) на нашей планете ежегодно возрастает на 2,4% [9].

Замедлить процесс старения, сохранить здоровье стареющего человека, уберечь его от заболеваний можно соблюдением правильного образа жизни, важнейшей составной частью которого является питание. Известно, что фактор питания является одним из составляющих долголетия [1]. Изменением характера питания можно воздействовать на обмен веществ, адаптационные и компенсаторные возможности организма и, таким образом, оказать влияние на темп и направленность процессов старения.

Отечественная пищевая промышленность практически не производит специальных продуктов питания, предназначенных для людей пожилого и преклонного возраста.

Действенной мерой решения проблемы макро- и микронутриентной недостаточности для всех групп населения является разработка научно-практических основ создания дизайнерских продуктов питания с заданным составом и свойствами, в частности, геродиетических, предназначенных для пожилых людей и обладающих физиологически функциональными свойствами.

При решении проблемы создания нутриентобалансированных продуктов для этой категории населения необходимо учитывать целый ряд факторов, в частности, особенности

питания пожилых и старых людей, функционирование их пищеварительной системы, основные причины возникновения патологических процессов в человеческом организме, вызывающих преждевременное старение и развитие многих болезней и т.д.

При создании таких продуктов необходимо решение следующих задач: выбор и обоснование использования ингредиентов, обеспечивающих проявление функциональных свойств продукта; поиск источников таких функциональных ингредиентов; разработка способов их выделения; определение вида, формы, дозы и способов внесения в продукты питания; изучение влияния выбранных ингредиентов на ход биохимических, микробиологических и структурно-механических процессов, протекающих при выработке продуктов питания; разработка оптимизированных рецептур продуктов питания специального назначения с использованием информационных технологий; установление адекватности предложенных рецептур требуемым показателям качества готовых продуктов, в особенности показателям безопасности; разработка технологии приготовления дизайнерских продуктов питания, предназначенных для различных категорий населения; оценка пищевой, биологической и энергетической ценности предложенных продуктов; разработка пакета нормативно-технической документации, необходимой для организации промышленного производства новых продуктов; проведение опытно-промышленной проверки новых технологий и оценка экономической эффективности их внедрения в производство.

Существенную помощь в разработке целевых продуктов могут оказать информационные технологии [4]. Одной из основных задач компьютерного проектирования является оптимальный подбор сырьевых компонентов и их соотношений в рецептурах с целью достижения требуемых нутриентной, метаболической, пищевой адекватности и биологической ценности готовых продуктов [13, 3].

Молоко, являющееся уникальным по составу биосырьём, является практически идеальной основой для геродиетических продуктов питания. В основу разработки молочных геродиетических продуктов положено содержание в них основных макронутриентов – белков, жиров и углеводов в соотношении 1:0,8:3,5 (для средневозрастного человека – 1:1:4) [5]. Кроме того, необходимо обогащение продуктов питания недостающими микронутриентами: минеральными веществами, пищевыми волокнами, полиненасыщенными жирными кислотами, фосфолипидами, а также биологически активными добавками природного происхождения, повышающими резистентные свойства организма, способствующими увеличению периода активного долголетия и повышению качества жизни пожилых людей. Наличие физиологически функциональных ингредиентов способно придать полученным продуктам антистрессовые, адаптогенные, тонизирующие, стимулирующие и радиопротекторные свойства. Ожидаемый эффект может быть получен путем комбинирования сырья растительного и животного происхождения. В этом аспекте молоко и продукты его переработки представляются наиболее приемлемым субстратом для комбинирования в силу широко известного позитивного воздействия на организм человека, в особенности, пожилого.

Для разработки молочных продуктов с заданными лечебно-профилактическими свойствами и определённым содержанием белка, жира, углеводов, витаминов, пищевых волокон, минеральных и других веществ в Microsoft Excel 2007 создана математическая модель. Изменяя соотношение элементов состава, количество и качество вводимых добавок, можно регулировать пищевую и биологическую ценность изделий.

Разработку рецептур новых поликомпонентных молочных продуктов целесообразно осуществлять, применяя метод математического моделирования по критерию суточной потребности человеческого организма в пищевых компонентах, подбирая сырьевые компоненты с заданными ограничениями по содержанию физиологически важных веществ. Для достижения поставленной цели была создана база данных ингредиентного и нутриентного состава рецептур (Абдулина Г., 2016).

Подобраны рецептурные компоненты творожных изделий с заданными значениями содержания физиологически важных веществ в количестве 25-50% от дневной нормы потребления (табл. 1).

Таблица 1 – Ограничения на регулируемые показатели в проектируемых композициях

| Регулируемый показатель | Потребность (формула сбалансированного питания), г/сутки | Требуемое содержание компонента, г (25%-50% от суточной нормы) |
|-------------------------|--|--|
| Содержание белка | 50,19 | 12,54-25,09 |
| Содержание жира | 58,51 | 14,62-29,25 |
| Содержание углеводов | 258,28 | 64,57-129,14 |

На основании этих данных произведен математический расчет рецептур. Программа выдает следующие 8 комбинаций для проектируемых продуктов:

Образец № 1

| | Белки | Жиры | Углеводы | | |
|----|---------------------|--------------|----------|--------|----------|
| 1 | 1 | 0,83 | 3,46 | | |
| 7 | % от суточной нормы | Необходимо | Белки | Жиры | Углеводы |
| 8 | 36,70 | | 15,09 | 12,075 | 52,83 |
| 9 | Состав | По рецептуре | 18,42 | 15,26 | 63,74 |
| 12 | творог 9% | 88 | 15,84 | 7,92 | 2,64 |
| 13 | свекла | 44 | 0,66 | 0,044 | 3,872 |
| 15 | орех | 12 | 1,92 | 7,296 | 1,332 |
| 24 | свизар | 26 | 0 | 0 | 25,396 |
| 25 | инулин | 30 | 0 | 0 | 30 |
| 39 | Итого | 200 | | | |

Образец № 2

| | Белки | Жиры | Углеводы | | |
|----|---------------------------|--------------|----------|--------|----------|
| 1 | 1 | 0,87 | 3,15 | | |
| 7 | % от суточной нормы | Необходимо | Белки | Жиры | Углеводы |
| 8 | 46,67 | | 15,09 | 12,075 | 52,83 |
| 9 | Состав | По рецептуре | 23,425 | 20,476 | 73,731 |
| 12 | творог 9% | 95 | 17,1 | 8,55 | 2,85 |
| 14 | морковь | 30 | 0,39 | 0,03 | 2,07 |
| 15 | орех | 18 | 2,88 | 10,944 | 1,998 |
| 16 | пыльца | 22 | 0,22 | 0,022 | 0,968 |
| 25 | инулин | 15 | 0 | 0 | 15 |
| 27 | курага | 25 | 0,75 | 0 | 17,125 |
| 28 | Овсяные хлопья "Геркулес" | 15 | 1,845 | 0,93 | 9,27 |
| 29 | Мед | 30 | 0,24 | 0 | 24,45 |
| 39 | Итого | 250 | | | |

Образец № 3

| | Белки | Жиры | Углеводы | | |
|----|---------------------|--------------|----------|--------|----------|
| 1 | 1 | 0,81 | 3,49 | | |
| 7 | % от суточной нормы | Необходимо | Белки | Жиры | Углеводы |
| 8 | 45,66 | | 15,09 | 12,075 | 52,83 |
| 9 | Состав | По рецептуре | 22,915 | 18,615 | 79,875 |
| 12 | творог 9% | 105 | 18,9 | 9,45 | 3,15 |
| 13 | свекла | 20 | 0,3 | 0,02 | 1,76 |
| 14 | морковь | 25 | 0,325 | 0,025 | 1,725 |
| 15 | орех | 15 | 2,4 | 9,12 | 1,665 |
| 25 | инулин | 30 | 0 | 0 | 30 |
| 27 | курага | 25 | 0,75 | 0 | 17,125 |
| 29 | Мед | 30 | 0,24 | 0 | 24,45 |
| 39 | Итого | 250 | | | |

Образец № 4

| | Белки | Жиры | Углеводы | | |
|----|---------------------|--------------|----------|--------|----------|
| 1 | 1 | 0,85 | 3,27 | | |
| 7 | % от суточной нормы | Необходимо | Белки | Жиры | Углеводы |
| 8 | 40,64 | | 15,09 | 12,075 | 52,83 |
| 9 | Состав | По рецептуре | 20,395 | 17,293 | 66,777 |
| 12 | творог 9% | 90 | 16,2 | 8,1 | 2,7 |
| 14 | морковь | 25 | 0,325 | 0,025 | 1,725 |
| 15 | орех | 15 | 2,4 | 9,12 | 1,665 |
| 16 | пыльца | 48 | 0,48 | 0,048 | 2,112 |
| 25 | инулин | 17 | 0 | 0 | 17 |
| 27 | курага | 25 | 0,75 | 0 | 17,125 |
| 29 | Мед | 30 | 0,24 | 0 | 24,45 |
| 39 | Итого | 250 | | | |

Образец 5

Образец 6

| | Белки | Жиры | Углеводы |
|----------------------------|---------------------|--------------|--------------|
| 1 | 1 | 0,87 | 3,32 |
| % от суточной нормы | Необходимо | Белки | Жиры |
| 28,41 | | 15,09 | 12,075 |
| 52,83 | | | |
| Состав | По рецептуре | 14,26 | 12,4 |
| | | | 47,39 |
| Творог 9% | 50 | 9 | 4,5 |
| 1,5 | | | |
| морковь | 30 | 0,39 | 0,03 |
| 2,07 | | | |
| орех | 10 | 1,6 | 6,08 |
| 1,11 | | | |
| тыква | 40 | 0,4 | 0,04 |
| 1,76 | | | |
| курага | 20 | 0,6 | 0 |
| 13,7 | | | |
| Мед | 30 | 0,24 | 0 |
| 24,45 | | | |
| Кефир 2,5% | 70 | 2,03 | 1,75 |
| 2,8 | | | |
| Итого | 250 | | |

Образец 7

| | Белки | Жиры | Углеводы |
|----------------------------|---------------------|--------------|----------------|
| 1 | 1 | 0,78 | 3,47 |
| % от суточной нормы | Необходимо | Белки | Жиры |
| 32,14 | | 15,09 | 12,075 |
| 52,83 | | | |
| Состав | По рецептуре | 16,13 | 12,5313 |
| | | | 55,999 |
| свекла | 23,1 | 0,3465 | 0,0231 |
| 2,0328 | | | |
| орех | 13,8 | 2,208 | 8,3904 |
| 1,5318 | | | |
| чернослив | 23,1 | 0,5313 | 0,1617 |
| 13,2825 | | | |
| Кефир 2,5% | 74,9 | 2,1721 | 1,8725 |
| 2,996 | | | |
| Творог 4% | 50 | 10,5 | 2 |
| 1,5 | | | |
| Варенье из смородины ч | 46,6 | 0,2796 | 0,0466 |
| 33,9714 | | | |
| Клюква | 18,5 | 0,0925 | 0,037 |
| 0,6845 | | | |
| Итого | 250 | | |

Образец 8

| | Белки | Жиры | Углеводы |
|----------------------------|---------------------|----------------|----------------|
| 1 | 1 | 0,81 | 3,66 |
| % от суточной нормы | Необходимо | Белки | Жиры |
| 32,43 | | 15,09 | 12,075 |
| 52,83 | | | |
| Состав | По рецептуре | 16,2787 | 13,1661 |
| | | | 59,5933 |
| свекла | 7 | 0,105 | 0,007 |
| 0,616 | | | |
| орех | 13,8 | 2,208 | 8,3904 |
| 1,5318 | | | |
| чернослив | 23,1 | 0,5313 | 0,1617 |
| 13,2825 | | | |
| Кефир 2,5% | 104,6 | 3,0334 | 2,615 |
| 4,184 | | | |
| Творог 4% | 48 | 10,08 | 1,92 |
| 1,44 | | | |
| Варенье из смородины ч | 35 | 0,21 | 0,035 |
| 25,515 | | | |
| Варенье из малины | 18,5 | 0,111 | 0,037 |
| 13,024 | | | |
| Итого | 250 | | |

| | Белки | Жиры | Углеводы |
|----------------------------|---------------------|--------------|--------------|
| 1 | 1 | 0,74 | 3,66 |
| % от суточной нормы | Необходимо | Белки | Жиры |
| 26,84 | | 15,09 | 12,075 |
| 52,83 | | | |
| Состав | По рецептуре | 13,47 | 9,935 |
| | | | 49,35 |
| морковь | 35 | 0,455 | 0,035 |
| 2,415 | | | |
| тыква | 55 | 0,55 | 0,055 |
| 2,42 | | | |
| курага | 13 | 0,39 | 0 |
| 8,905 | | | |
| Овсяные хлопья "Геркул | 10 | 1,23 | 0,62 |
| 6,18 | | | |
| Мед | 18 | 0,144 | 0 |
| 14,67 | | | |
| Кефир 2,5% | 369 | 10,701 | 9,225 |
| 14,76 | | | |
| Итого | 500 | | |

Творожные изделия, выработанные по рецептурам, полученным в результате компьютерного моделирования, были подвергнуты органолептической оценке по пятибалльной шкале для выявления недостатков и первичной апробации в лабораторной практике. Наивысшую оценку получили образцы № 5, 7 и 8, которые подверглись дальнейшему исследованию.

С целью выявления оптимального по консистенции варианта рецептуры, были подготовлены образцы, отличающиеся формой вносимого растительного компонента: пюре или сок.

Все подготовленные образцы были подвергнуты повторной органолептической оценке. Наивысшую оценку получили образцы, содержащие овощные наполнители в виде пюре.

На основании проведенных исследований разработана оптимизированная рецептура и технология выработки творожного десерта геродиетического направления, названного «Нестарейкой».

Предложенная компьютерной программой математическая модель творожного десерта сбалансирована по основным нутриентам (табл. 2).

Таблица 2 – Творожный десерт «Нестарейка»

| | Белки | Жиры | Углеводы |
|----------------------------|---------------------|--------------|-------------|
| | 1 | 0,87 | 3,32 |
| % от суточной нормы | Необходимо | Белки | Жиры |
| 28,41 | | 15,09 | 12,075 |
| Состав | По рецептуре | 14,26 | 12,4 |
| | | | |
| творог 9% | 50 | 9 | 4,5 |
| пюре моркови | 30 | 0,39 | 0,03 |
| грецкий орех | 10 | 1,6 | 6,08 |
| пюре тыквы | 40 | 0,4 | 0,04 |
| курага | 20 | 0,6 | 0 |
| Мед | 30 | 0,24 | 0 |
| Кефир 2,5% | 70 | 2,03 | 1,75 |
| Итого | 250 | | |

Порция десерта (250 г) восполняет 30 % суточной потребности макроэлементов (белков, жиров, углеводов). Степень удовлетворения потребности в микроэлементах варьирует от 18 до 36 % для минеральных веществ и от 9 до 100 % – для витаминов.

Для пожилого организма огромное значение имеет сбалансированность продукта по кальцию, фосфору и магнию. Соотношение должно составлять 1:1,3:0,6 [6]. В предлагаемом продукте это соотношение близко к оптимальному и составляет 1:1,3:0,4.

Разработанный с помощью информационных технологий творожный десерт отвечает принципам геродиететики и обеспечивает:

- сбалансированность поступления белков, жиров, углеводов, а также восполнение 30% от их суточной потребности;
- соответствие химического состава пищи возрастным изменениям обмена веществ и функций организма;
- сбалансированность пищевого рациона по основным микроэлементам;
 - щелочную направленность питания за счет таких продуктов, как морковь, тыква, курага, кефир;
 - проявление пробиотических свойств благодаря содержанию живых лактобактерий, способствующих укреплению иммунной системы, обеспечивающих защиту стареющего организма от кишечной инфекции;
 - обогащение продукта пектином моркови и тыквы, обладающим пребиотическими свойствами. Пребиотики активизируют функции кишечника, уменьшают поступление токсинов и других вредных веществ в организм человека, укрепляют иммунную систему, регулируют состав кишечной микрофлоры, стимулируя развитие полезных для организма бактерий;
 - присутствие в рационе нутриентов, предупреждающих процессы старения, т.е. являющихся геропротекторными. К ним относятся антиоксиданты (витамины А, С, Е, В1, В2, В6, каротиноиды, липоевая кислота, коэнзим Q10, селен и др.) и янтарная кислота. Морковь, тыква, курага обладают антиоксидантными свойствами. Причем, как отмечают западные специалисты, сразу после варки моркови уровень антиоксидантов в ней повышается на 34% [10]. Янтарная кислота является мощным регулятором защитных сил организма, улучшает энергетический обмен, активизирует иммунитет, повышает работоспособность, способствует выведению из организма токсических веществ. В продукте ее источником является мед [7, 8]. Установлено, что пюре моркови и тыквы в сочетании с медом обладает значимым пребиотическим эффектом, стимулируя рост и развитие заквасочной микрофлоры. Результатом является сокращение длительности сквашивания молочной основы.

Незаменимым компонентом пищи стареющего человека являются пищевые волокна, оказывающие значимое физиологическое воздействие на организм. Конструирование новых

форм пищи через комбинацию животного и растительного сырья позволит сбалансировать рацион не только по белкам, аминокислотам, витаминам, макро- и микроэлементам, но и по пищевым волокнам, которые усиливают моторно-секреторную деятельность пищеварительного тракта, являются природными сорбентами токсических веществ и обладают антимуtagenными свойствами.

Для укрепления иммунной защиты организма пожилого человека очень важна нормализация микрофлоры желудочно-кишечного тракта, что можно достичь, потребляя функциональные кисломолочные продукты, создающие благоприятные условия для роста молочнокислых бактерий.

Нами разработаны принципы формирования модифицированных молочных продуктов с повышенным содержанием пищевых волокон, обладающих специфическими химическими и биологическими свойствами, и играющих жизненно важную роль в организме человека (недостаток пищевых волокон приводит к увеличению числа «болезней нарушенного метаболизма»). В молочно-злаковых продуктах содержится полноценный белок и кальций (в молочном ингредиенте), полиненасыщенные жирные кислоты (растительный жир злака), пищевые волокна (отруби), витамины (Е, β-каротин злака), олигосахариды, минеральные вещества.

Кисломолочные продукты, в числе которых напитки «Токчулук», «Сметана-комби», «Дан-Дан», сочетают в себе функциональность молока или сливок, зерновых и пробиотических культур закваски.

Значительный интерес представляет комбинирование молочной сыворотки с продуктами переработки зерновых, что позволяет значительно повысить биологическую и питательную ценность пищевых композиций и определяет возможность их использования для диетического, лечебно-профилактического, а также общего питания [2].

Молочная сыворотка является ценным вторичным продуктом при производстве сыров, творога и казеина. В неё переходит практически половина сухих веществ молока, в том числе практически идеальные сывороточные белки. Сывороточные белки обладают уникально сбалансированным аминокислотным составом. В них присутствуют в оптимальном количестве такие незаменимые для организма аминокислоты, как триптофан, метионин, лизин, цистин, гистидин. Сывороточные белки обладают также антиканцерогенными, иммуномодулирующими свойствами, антимикробной активностью, противовоспалительным, токсиносвязывающим эффектом. Их присутствие обеспечивает лучшие регенеративные возможности для восстановления белков печени, гемоглобина и белков плазмы крови. В последние годы активизировались исследования и практическое применение сывороточных белков для ВИЧ-инфицированных больных и людей с онкологическими заболеваниями. Клинические исследования в этой области дали положительные результаты. Физиологической функциональностью обладают и другие компоненты сыворотки – молочный сахар, комплекс минеральных солей с антиатеросклеротическим действием. Таким образом, молочная сыворотка является ценным в биологическом отношении полифункциональным продуктом питания, на основе которого можно приготовить большой ассортимент разнообразных продуктов.

Существенный вклад в физиологическую функциональность сывороточных напитков могут внести также продукты ферментации, образующиеся под действием заквасочной микрофлоры.

Напиток «Дан-Ай», приготовленный на основе молочной сыворотки и содержащий цельнозерновые зерна злаков, отличается специфическим вкусом и ароматом, привлекательным для потребителя. Комбинирование чрезвычайно полезной для организма человека молочной сыворотки с растительными наполнителями (зерна пшеницы, ячменя, кукурузы) привело к получению функционального продукта с привлекательными для потребителя органолептическими свойствами.

Ещё одним продуктом из этой серии является напиток «Бозодой», ценнейшим

ингредиентом которого являются сывороточные белки, а также минеральные вещества, углеводы молочной сыворотки, что значительно повышает биологическую и питательную ценность напитка.

Сочетание функциональных свойств молочной и сывороточной основы новых продуктов с функциональностью зерновых злаков, пектиновых веществ, других ингредиентов способно придать таким продуктам потенциальную возможность оказывать значительный оздоравливающий эффект на организм человека. Представленные напитки можно выработать без значительных затрат на имеющемся на предприятиях молочной промышленности оборудовании.

Для практической реализации разработанных рецептур и технологий в промышленности необходимо провести подготовительные мероприятия, связанные с разработкой нормативно-технической документации (НТД), опытно-промышленной проверкой предлагаемых технологий с дальнейшим выпуском инновационной продукции в промышленных масштабах. Это позволит в значительной степени оздоровить население республики, обеспечить его активное долголетие, повысить качество жизни современного кыргызстанца, в рацион питания которого будут включены специализированные продукты заданного состава и физиолого-биохимических свойств (защитных, регуляторных, лечебных) в отношении различных категорий населения: детей, пожилых людей, спортсменов, больных и выздоравливающих людей, а также для всех, кто стремится вести здоровый образ жизни. Социальный эффект здесь очевиден и он в данном случае будет сопровождаться значительным экономическим эффектом, обусловленным снижением расходов государства на выплату пособий по временной нетрудоспособности и по уходу за детьми, снижением инвалидизации населения, снижением расходов государства на здравоохранение. Важным аспектом является также повышение эффективности использования сельскохозяйственного сырья, в частности, молочного. Известно, что только 10 % заготавливаемого в стране молока перерабатывается на предприятиях. Т.е. Кыргызстан выступает в качестве сырьевого источника, а не экспортёра готовой продукции. Выработка новой, качественно другой молочной продукции, которая, как мы надеемся, будет пользоваться большим спросом у населения, позволит молочным предприятиям расширить ассортимент, увеличить мощность по переработке молока и экспорт готовой продукции [2].

Внедрение в рацион питания населения функциональных продуктов позволит сбалансировать рацион по макро- и микронутриентам, улучшить здоровье с получением значительного социального и экономического эффекта, сохранить генофонд нации.

Библиографический список:

1. Анисимов В.Н. Современные концепции в геронтологии // Русский биомедицинский журнал.- 2003.
2. Баткибекова М.Б., Мусульманова М.М. Инновации в производстве молочных продуктов // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана.- 2017.- № 4.- С. 24-28.
3. Башкиров О.И., Симоненко С.В., Антипова Т.А. Проектирование специальных молочных продуктов для детей // Молочная промышленность.- 2007.- №6.- С. 48-51.
4. Лисин П.А. Компьютерное моделирование поликомпонентных молочных продуктов // Пищевая промышленность.- 2006.- №11.- С. 60-61.
5. Касьянов Г.И., Запорожский А.А. Юдина С.Б. Технология продуктов питания для людей пожилого и преклонного возраста.- Ростов-на-Дону: Издательский центр «Март», 2001.
6. Коваленко Л.А., Приходько В.П. Особенности питания пожилых и старых людей // Архив статей Института геронтологии АМН Украины.- 2009.- № 1. Режим доступа: http://sim-med.com.ua/journals.php?article_id=58
7. Мед. Режим доступа: http://www.beehoney.ru/honey_x_sostav.html
8. Мёд. Режим доступа: <http://honey.narod.ru/prhoney.htm>

9. Николаев В.А. Особенности фармакотерапии пожилых // В помощь врачу.-1999.- №1.

10. Полезные свойства моркови. Режим доступа: <http://www.luxury2.ru/blog/poleznye-svoistva-morkovi-0>

11. Программа продовольственной безопасности и питания в Кыргызской Республике на 2015-2017 годы, утвержденная постановлением Правительства Кыргызской Республики от 4 сентября 2015 года № 618.

12. Рейтинг стран мира по состоянию здоровья их жителей в 2012 году (The World's Healthiest Countries, Bloomberg, 2012).

13. Савенкова Т.В., Благодатских В.Е., Духу Т.А., Марвина Е.Н. Подходы к созданию кондитерских изделий геродиетического назначения // Пищевая промышленность.- 2007.- № 3.- С. 62-63.

14. Состояние питания детей в Кыргызской Республике. http://www.baldar.kg/index.php?option=com_content&view=article&id=169:2010-01-05-11-51-41&catid=46:2010-01-05-08-24-09&Itemid=106

УДК.: 664.68:664.236

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ САХАРНОГО ПЕЧЕНЬЯ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ГЛЮТЕНА

Супонина Татьяна Алексеевна, к.т.н., профессор КГТУ, им. И.Раззакова, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66, e-mail: tsuponina@list.ru

Овсянникова Анна Сергеевна, бакалавр, КГТУ им. И. Раззакова, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66, e-mail: anya/ovsyannikova96@mail.ru

Аннотация. Цель исследования- разработка новых видов сахарного печенья с использованием безглютеновых видов муки. В статье приводятся данные о содержании глютена в пищевых продуктах и его опасности для людей, страдающих заболеванием целиакия. Представлены результаты исследования по разработке новых видов сахарного печенья с использованием безглютеновых видов муки, обоснована целесообразность применения в производстве мучных кулинарных изделий муки из безглютеновых типов сырья. Разработана рецептура печенья с пониженным содержанием глютена «Звездочки здоровья» трех видов: рисовые, гречневые и кукурузные. Изучены органолептические и физико-химические показатели сахарного печенья «Звездочки здоровья». Произведен расчет химического состава, пищевой и энергетической ценности образцов сахарного печенья. Установлено, что все образцы печенья соответствуют всем предъявляемым требованиям, и могут быть использованы для питания людей, страдающих заболеванием целиакия.

Ключевые слова: печенье, мука, сырье, глютен, целиакия, рис, гречка, кукуруза, рецептура, органолептические свойства, профилограмма, мучные кулинарные изделия.

DEVELOPMENT OF A RECIPE FOR SUGAR BISCUITS WITH REDUCED GLUTEN CONTENT

Suponina Tatiana Alekseevna, candidat of tehcnical sciences, professor KGTU name I.Razzakov, 720044, Bishkek city, Ch. Aitmatov avenue 66, e-mail: tsuponina@list.ru

Ovsyannikova Anna Sergeevna, bachelor KGTU name I.Razzakov, 720044, Bishkek city, Ch. Aitmatov avenue 66, , e-mail: anya/ovsyannikova96@mail.ru

Abstract Research goal – development of a new sort of sugar biscuits with use of non-gluten flour. In the following article there are presented some data about the concentration of gluten in some alimentary products and about the possible hazard for people, who suffer from coeliac disease. Additionally there are also given the results to research on theme of development the new sort of sugar biscuits without gluten contents. Moreover there is proved the expedience of using non-gluten sorts of flour in order to produce floury culinary products. It was developed a brand new formulation for biscuits with diminished gluten concentration that are called “The Stars of Health”. These biscuits are developed in 3 possible variants, they could be produced of corn, rise or buckwheat grouts. Also it was done a survey of the organoleptic indexes, physical and chemical compositions, nutrition and power value for the developed biscuit samples. It is investigated that all produced biscuit samples correspond to the qualifying standards and they could be used as a food for people, suffering from coeliac disease.

Keywords: biscuits, flour, raw materials, gluten, coeliac disease, rise, buckwheat, corn, formulation, organoleptic indexes, profilogram, floury culinary products.

Важными проблемами, стоящими перед кондитерской промышленностью на современном этапе, являются экономия дорогостоящих и дефицитных видов сырья, расширение и совершенствование ассортимента. Необходимо предложить потребителю качественно новые изделия на базе использования нетрадиционных видов сырья с высокими потребительскими характеристиками и невысокой стоимостью. В настоящее время актуальной задачей является разработка продуктов специализированного назначения, в том числе для питания людей, страдающих целиакией. Целиакия (глютенная энтеропатия) – мультифакториальное заболевание, вызванное повреждением ворсинок тонкой кишки пищевыми продуктами, содержащими глютен. Под термином «глютен» подразумевается белковая фракция таких злаков, как пшеница, рожь, ячмень, овес или их гибридов, и производные этой белковой фракции, нерастворимые в воде и 0,5 н растворе хлорида натрия. Лечение целиакии включает строгую безглютеновую диету, корректировку всего питания, а также медикаментозное лечение запущенных форм с осложнениями. Исключение ингредиентов, продуктов и напитков, изготовленных из злаков или с их примесями, должно быть абсолютным и пожизненным.

Глютеносодержащие злаки — пшеница, рожь, ячмень и овес — из рациона исключаются и заменяются рисом, кукурузой, соей, пшеном, гречневой крупой, амарантом и картофелем. В принципе, можно без проблем употреблять овощи, фрукты, мясо и т. д. Но иногда глютен «скрывается» в продуктах, в которых его наличие трудно предположить, это так называемый «скрытый глютен» [1].

В качестве полноценной замены глютеносодержащих продуктов можно использовать нетоксичные при целиакии злаковые культуры: рис, гречиху, кукурузу, пшено. Круг потребителей безглютеновых мучных изделий неширок, однако спрос на них растет с каждым годом и необходимость обеспечения данной категории людей специализированными продуктами питания существует постоянно. Целиакия может стать первопричиной других болезней — сахарного диабета, остеопороза, язвы желудка, рака двенадцатиперстной кишки, бесплодия, дерматита, астмы, неврологических заболеваний. Поэтому людям с целиакией необходимо строго держаться в рамках безглютеновой диеты. В современном мире глютен находится во многих продуктах, куда его добавляют искусственно, чтобы повысить эластичность массы, придать ей форму, используется в качестве консерванта. Получение глютена из зерна не стоит больших финансовых затрат, поэтому он широко применяется для промышленного пищевого производства. В соответствии с требованиями технического регламента ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» на продуктах питания должна указываться информация о наличии или отсутствии глютена [2,3].

Традиционно считается, что основная часть мучных изделий в мире сделана из пшеничной муки. Чтобы отказ от привычных макарон и булочек был не столь болезненным, на первое время их можно заменить безглютеновыми аналогами, таковыми являются рисовая, гречневая и кукурузная мука. Для сравнения, пшеничная мука содержит от 3 до 5 мг глютена на 100г продукта, тогда как рисовая, гречневая и кукурузная - 0,7; 1,4 и 0,8 мг глютена на 100г продукта, соответственно. Выбор данных видов муки для изготовления сахарного печенья, обусловлен содержанием белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ и их лечебно-профилактическими свойствами [4,5,6].

Нами были разработаны рецептуры сахарного печенья с пониженным содержанием глютена (таб.1).

Таблица 1 -Рецептура сахарного печенья «Звездочки здоровья»

| Наименование сырья | Расход сырья, г | | | |
|--------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | Контрольный образец | «Звездочки здоровья» рисовые | «Звездочки здоровья» гречневые | «Звездочки здоровья» кукурузные |
| Мука пшеничная | 200 | - | - | - |
| Мука рисовая | - | 200 | - | - |
| Мука гречневая | - | - | 200 | - |
| Мука кукурузная | - | - | - | 200 |
| Сахар-песок | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Масло сливочное | 100 | 100 | 100 | 100 |

Изготовление опытных образцов печенья осуществлялось по традиционной технологии.



Рис. 1. Сахарное печенье с пониженным содержанием глютена «Звездочки здоровья»

Для проведения физико-химических анализов контрольного и опытных образцов сахарного печенья использовались следующие стандартные методы исследования:

Определение массовой доли влаги - ГОСТ 5900-73 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ

Определение щелочности - ГОСТ 5898-87 Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности

Определение сахаров - ГОСТ 5903-89 Изделия кондитерские. Методы определения сахара

Определение намокаемости печенья - ГОСТ 10114-80 Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости

Определение массовой доли золы - ГОСТ 5901-87 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси

Проведение сенсорного анализа всех образцов исследуемой продукции, проводился профильным методом анализа в соответствии с ИСО 6658 1985 Sensory Analysis – General guidance. Результаты исследования приведены в таблице 2

Таблица 2 - Физико-химические показатели сахарного печенья «Звездочки здоровья»

| Показатель | ГОСТ 24901-2014 | Контрольный образец | «Звездочки здоровья» рисовые | «Звездочки здоровья» гречневые | «Звездочки здоровья» кукурузные |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Влажность, %, не более | 10,0 | 9,8 | 6,1 | 7,25 | 5,7 |
| Продолжение таб.2 | | | | | |
| Щелочность, град, не более | 2,0 | 0,5 | 0,6 | 1,7 | 0,9 |
| Зола, %, не более | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,05 | 0,1 |
| Общее кол-во сахаров, %, не более | 35,0 | 35,0 | 34,0 | 35,0 | 34,0 |
| Намокаемость, % не менее | 180 | 191,6 | 191 | 132 | 181,4 |

По результатам определения физико-химических показателей опытных образцов сахарного печенья «Звездочки здоровья», установлено что по влажности и щелочности все образцы соответствуют показателям ГОСТ 24901-2014.

Намокаемость образца «Звездочки здоровья» гречневые ниже показателей, нормируемых ГОСТом, что обуславливается меньшей пористостью, по сравнению с другими образцами сахарного печенья. Общее количество сахаров не превышают допустимой нормы. (Рисунок.2,3)



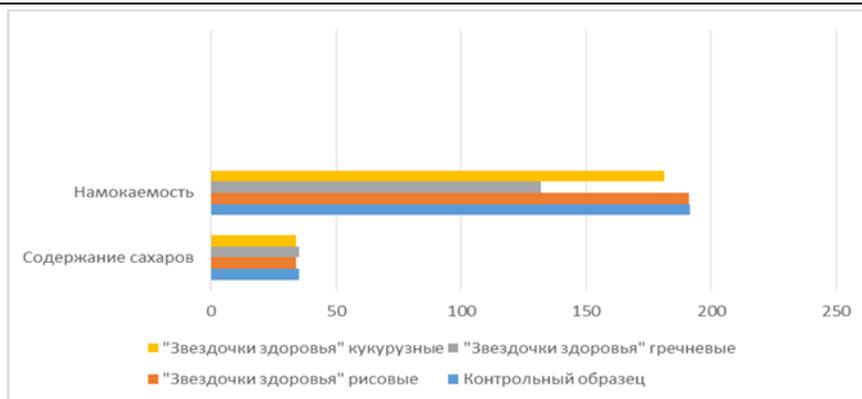


Рис.2,3 Физико-химические показатели опытных образцов сахарного печенья

По результатам определения пищевой ценности и калорийности опытных образцов сахарного печенья (таб.2) установлено что, «Звездочки здоровья» рисовые являются самыми калорийными из всех образцов (Рис.4.), и употребление 100 г этого продукта покрывает 14 % суточной потребности взрослого человека в основных пищевых веществах (Рис.5). Сахарное печенье «Звездочки здоровья» гречневые содержат в своем составе наибольшее количество кальция, который может покрыть 21,8 % суточной потребности кальция в питании человека. Так же гречневое печенье может обеспечить 90% суточной потребности витамина В₂.

Пищевая ценность всех видов сахарного печенья «Звездочки здоровья» представлена в таблице 3

Таблица 3 -Пищевая ценность сахарного печенья

| Пищевые вещества | потребность | «Звездочки здоровья» рисовые | | «Звездочки здоровья» гречневые | | «Звездочки здоровья» кукурузные | |
|---|-------------|------------------------------|--|--------------------------------|------|---------------------------------|--|
| | | Содержание в 100 г печенья | Степень удовлетворения суточной потребности, % | Содержание в 100 г печенья | | Содержание в 100 г печенья | Степень удовлетворения суточной потребности, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Белки ,г | 85,0 | 10,72 | 12,6 | 11,9 | 14 | 10,8 | 12,7 |
| Жиры, г | 102,0 | 16,32 | 16 | 16,94 | 16,6 | 16,56 | 16,2 |
| Усвояемые углеводы (моно- и дисахариды, крахмал и декстрины), г | 382,0 | 17,21 | 4,5 | 17,39 | 4,5 | 17,48 | 4,57 |
| Витамины | | | | | | | |
| Тиамин (В ₁), мг | 1,7 | 0,047 | 2,7 | 0,207 | 12,1 | 0,2 | 11,7 |
| Рибофлавин (В ₂), мг | 2,0 | 0,77 | 38,5 | 1,8 | 90 | 0,873 | 43,6 |
| Ниацин (РР), мг | 19,0 | 0,1 | 0,52 | 0,427 | 2,2 | 0,14 | 0,73 |
| Токоферолы (Е) | | 0,34 | 3,4 | 0,188 | 1,88 | 0,124 | 1,24 |

| Минеральные вещества | | | | | | | |
|----------------------|--------|--------|------|--------|------|--------|------|
| Кальций (Ca), мг | 800,0 | 70,53 | 8,8 | 175,08 | 21,8 | 92,8 | 11,6 |
| Фосфор (P), мг | 1200,0 | 18,67 | 1,5 | 24,37 | 2,03 | 24,37 | 2,03 |
| Магний (Mg), мг | 400,0 | 25,5 | 6,3 | 1,77 | 0,44 | 16,02 | 4 |
| Натрий (Na), мг | 4000,0 | 25,5 | 0,63 | 21,26 | 0,53 | 23,16 | 0,57 |
| Калий (K), мг | 2300 | 104,6 | 4,54 | 153,6 | 6,67 | 85,2 | 3,7 |
| Железо (Fe), мг | 14,0 | 0,89 | 6,3 | 2,74 | 19,5 | 1,69 | 12 |
| Калорийность, ккал | 2773 | 388,27 | 14 | 265,27 | 9,5 | 257,79 | 9,2 |



Рис.4 Калорийность сахарного печенья «Звездочки здоровья»

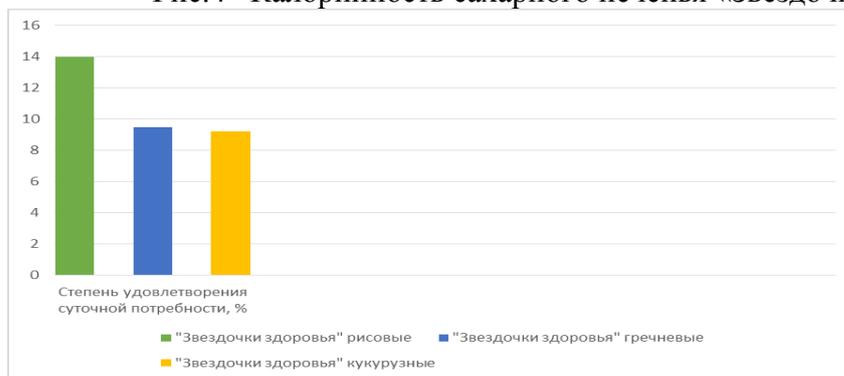


Рис. 5 Степень удовлетворения суточной потребности опытных образцов в кальции

Для построения сенсорной профилограммы проведена специальная дегустация, с оценкой продукта по 5-ти бальной системе. На основании данных дегустационных листов построены профилограммы для оценки органолептических свойств опытных образцов сахарного печенья (рис.6,7,8) [7].

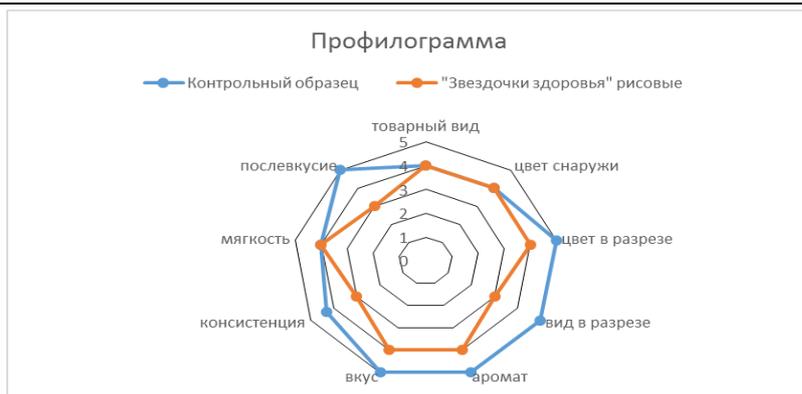


Рис 6. Профилограмма сравнения органолептических свойств сахарного печенья «Контрольный вариант» и «Звездочки здоровья» рисовые

По результатам построенной профилограммы сравнения органолептических свойств сахарного печенья «Контрольный вариант» и «Звездочки здоровья» рисовые, установлено что, такие показатели как товарный вид, цвет снаружи, мягкость двух опытных образцов имеют одинаковую бальную оценку 4, и показывает, что данные показатели оцениваются хорошо, но присутствует незначительный недостаток. Вкус, аромат и послевкусие опытного образца «Звездочки здоровья» рисовые, по бальной оценке, ниже чем у образца «Контрольный вариант». Это объясняется тем, что рисовая мука сама по себе нейтральна по вкусу и аромату.



Рис.7. Профилограмма сравнения органолептических свойств сахарного печенья «Контрольный вариант» и «Звездочки здоровья» гречневые

По результатам построенной профилограммы сравнения органолептических свойств сахарного печенья «Контрольный вариант» и «Звездочки здоровья» гречневые, установлено что, такие показатели как товарный вид, цвет снаружи, аромат, вкус и консистенция имеют одинаковую бальную оценку. Вкус и аромат опытного образца «Звездочки здоровья» гречневые имеют оценку 5 баллов, это показывает абсолютное восхищение данным показателем. Послевкусие, мягкость и вид в разрезе опытного образца «Звездочки здоровья» имеет более низкую оценку 3, тем самым данный показатель частично оправдывает ожидания. Объясняется это тем, что гречневое печенье имеет специфическое послевкусие, которые принимают не все потребители. Мягкость данного образца низкая вследствие отсутствия глютена в составе гречневой муки.



Рис. 8. Профилограмма сравнения органолептических свойств сахарного печенья «Контрольный вариант» и «Звездочки здоровья» кукурузные

По результатам построенной профилограммы сравнения органолептических свойств сахарного печенья «Контрольный вариант» и «Звездочки здоровья» кукурузные, установлено что, такие показатели как товарный вид, цвет снаружи и послевкусие оцениваются на 5 баллов, что соответствует абсолютному восхищению данным показателем. Аромат, вкус и консистенция опытного образца «Звездочки здоровья» кукурузные ниже чем оценка «Контрольного образца»

По результатам определения органолептических показателей опытных образцов сахарного печенья «Звездочки здоровья», установлено что, все образцы имеют выраженный вкус и запах. Гречневое печенье имеет приятное послевкусие, напоминающее вкус гречневой каши с молоком. Цвет всех образцов равномерный, свойственный цвету используемого вида муки. Форма, поверхность и вид в изломе всех опытных образцов соответствует ГОСТ 24901-2014 «Печенье. Общие технические условия».

Выводы: Разработана рецептура печенья с пониженным содержанием глютена «Звездочки здоровья» трех видов: рисовые, гречневые и кукурузные. В ходе работы изучены органолептические и физико-химические показатели сахарного печенья «Звездочки здоровья». По результатам определения физико-химических показателей опытных образцов сахарного печенья «Звездочки здоровья», установлено что по влажности и щелочности все образцы соответствуют показателям ГОСТ. Намокаемость образца «Звездочки здоровья» гречневые ниже показателей, нормируемых ГОСТ, что говорит о меньшей пористости, чем у других образцов сахарного печенья. Общее количество сахаров не превышает допустимые нормы. Все образцы печенья были проверены на соответствие показателям ГОСТ 24901-2014 «Печенье. Общие технические условия» и могут использоваться для питания людей, страдающих целиакией.

Список литературы

1. Гардинер, Д. Депрессия и целиакия / Д. Гардинер // Жизнь без глютена. 2006- № 4. С. 26.
2. Греко, Л. Эволюция целиакии / Л. Греко // Жизнь без глютена. -2006. № 3. - С. 6-7.
3. Анализ сырья и классификация кондитерских изделий / И. Чепурной. - (Отраслевое товароведение) // Товаровед продовольственных товаров. - 2007. - N 5. - С. 12-32
4. Греко, Л. Эволюция целиакии / Л. Греко // Жизнь без глютена. -2006. № 3. - С. 6-7.
5. <https://glavdiet.ru/ishop/141>
6. <http://pro-allergen.ru/spisok-krup-bez-glyutena.html>

7. Дуборасова Т.Ю. Сенсорный анализ пищевых продуктов. Дегустация вин: Учебное пособие. — 3-е изд. — М.: Издательско-торговая корпорация Дашков и К°, 2008. — 184 с.

УДК 577. 15:598.6:591.3

ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ КРОВИ У КУР В ЭМБРИОНАЛЬНОМ И РАННЕМ ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОМ ПЕРИОДАХ.

Турганбаева Анипа Самудиновна – кандидат биологических наук, доцент, Кыргызский Государственный Университет им И.Арабаева, 720026, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Раззакова 51, a.s.turganbaeva@mail.ru

Абдираимова Нуриза Абдикайымовна магистрант, Кыргызский Государственный Университет им И.Арабаева, 720026, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Раззакова 51

Абдыкадырова Назгул, магистрант, Кыргызский Государственный Университет им И.Арабаева, 720026, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Раззакова 51

Аннотация У кур племенного кросса Хай-Лайн (Hy-LineBrown) в период эмбриогенеза и впервые дни после вылупления оценивается активности ферментов - трансфераз-аспартат амнотрансфераза (АСТ) и аланинаминотрансфераз-(АЛТ) и креатинкиназа (КК)

Ключевые слова: куриные эмбрионы, цыплята, трансферазы, креатинкиназа

STUDY OF THE ACTIVITY OF BLOOD ENZYMES IN CHICKENS IN THE EMBRYONIC AND EARLY POSTEMBRYONIC PERIODS.

Turganbaeva Anipa S., dozent, Kyrgyzstan, 720026, Bishkek c., I. Razzakov st. 51, I. Arabaeva KSU, e-mail: a.s.turganbaeva@mail.ru

Abdiraimova Nuriza A., graduate student, Kyrgyzstan, 720026, Bishkek c., I. Razzakov st. 51, I. Arabaeva KSU

Abdykadyrova Nazgul S., graduate student, Kyrgyzstan, 720026, Bishkek c., I. Razzakov st. 51, I. Arabaeva KSU

In the Hy-Line Brown tribal cross chicken, during the embryogenesis period and for the first time after hatching, the enzymes -transferase-aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) and creatine kinase (CC)

Key words: chicken embryos, chickens, transferases, creatine kinase and lactate dehydrogenase.

Одним из показателей физиологического состояния организма при изучении факторов экзогенного происхождения является кровь, по состоянию показателей которой можно определить обеспеченность организма питательными веществами, дать объективную оценку физиологического статуса организма в целом.

В настоящее время биохимические методы как и морфологические методы исследования в эмбриологии являются основополагающими. Поэтому неслучайно, современные направления являются естественным продолжением ранее начатых исследований, но, как правило, они приобрели качественно новый характер и новые возможности, благодаря использованию новых технологий и новых объектов исследования. Как известно наиболее подходящим объектом таких исследований являются птичьи эмбрионы [Baumann, Meuer, 1992; Fritsche et.al., 2000; Ruijtenbeek et al., 2002; Sutendra et.al.,

2007].

Известно [Забудский Ю.И. 2004], что на некоторых этапах инкубации смертность эмбрионов особенно высока из-за резких скачкообразных изменений в организме (например, переход от аллантаоисного дыхания к легочному), что становится причиной высокой напряженности, в период формирования зрелого русла в некоторых мышцах возникает состояние тканевой гипоксии (ее называют «физиологической» [Druyan et. al., 2007], во время которой происходит активный капиллярогенез, а нередко и нарушение многих метаболических процессов. [Симонян А.А. 1973. Тагиров М.Т., Терещенко А.В. 2009].

В настоящее время оценку физиологического состояния животных принято проводить по определению активности ферментов, позволяющим определять ранние и глубокие нарушения обмена веществ. (Ласкавый, Малинин 2010)

Последнее время внимание ученых фокусируется на развитии активности ферментов в конце эмбрионального периода и сразу после выведения цыплят.

Данные о таких ключевых ферментах, приведенные рядом авторов [Зайцев С.Ю., Конопатов Ю.В., 2005; Daneshyar et.al. 2009; Decuypere, Willemsen, 2011] в эмбриогенезе и раннем постнатальном онтогенезе, иногда не совпадают.

Несмотря на многочисленные исследования (Christensen et.al. 2004; Imagawa et.al 2006) достаточного понимания роли данных ферментов в эмбриональном развитии органной кровеносной системы и изменении активности в эмбриональном развитии органной кровеносной системы пока остается открытым.

Выше изложенные теоретические предпосылки определили необходимость выполнения настоящей работы.

Настоящая работа, в известной мере, подобна ранее проведенных работам по исследовании активности ферментов -трансфераз . (Турганбаева и др 2014,) Как мы уже отметили для полной оценки состояния ферментов центральной зоны метаболизма в настоящей работе приводятся результаты наших исследований активности ферментов-креатинкиназы у кур во второй половине их эмбриогенеза, и проводится сравнение активности с трансферазами сыворотке крови таких же эмбрионов. Для этого использованы данные из полученных (Турганбаева и др 2014,) , и дополнены новыми материалами.

Материалы и методы исследований:

Основным объектом нашего исследования были куриные эмбрионы и домашние куры породы Хай-Лайн. Инкубационные яйца кур по определению сывороточных ферментов приобретали на птицефабрике ОАО «Ак-Куу» с.Сокулук Сокулукского района.

Эмбрионы дорастивали до необходимого возраста в автоматическом специальном инкубаторе (ДИП 56Ж) при температуре 38⁰С, непрерывной аэрации атмосферным воздухом, насыщенным водяными парами, и автоматическая ротация яиц. Исследование эмбрионов проводилось на 9-11-, 14-15- и 18-20-е сутки. В тексте их называем как 10-, 15- и 19- суточными эмбрионами, а также 1-3-х суточные цыплята. Цыплята выращивались в просторных клетках с достаточным количеством корма и воды.

Часть работы выполнена в лаборатории нейрофизиологии Института горной физиологии НАН КР в период с 2015 по 2018 г. У эмбрионов и цыплят берут кровь. После получения сыворотки крови в специальных пробирках помещали в термос со льдом для перемещения в лабораторию биохимических исследований МЦ «Хуман» (г.Бишкек) для определения активности ферментов.

Определение аспаратамино (АСТ) и аланинамино(АЛТ) -трансферазы и **общей активности креатинкиназы в сыворотке крови** проводили по многоточечной кинетике спектрофотометрическим методом с реактивами Реагенты фирмы «HUMAN», Германия GOT ASAT GPT ALAT.

Опыты на эмбрионах проводились без наркоза; цыплятам и иногда 19-суточным эмбрионам вводили внутривенно раствор уретана в дозе 1-3 г/кг.

Статистическая обработка полученных данных проводилась стандартными методами с определением средней арифметической (M) и ее ошибки (m); при этом число измерений (n) равнялось числу органов и птиц. Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента для $p \leq 0.05$.

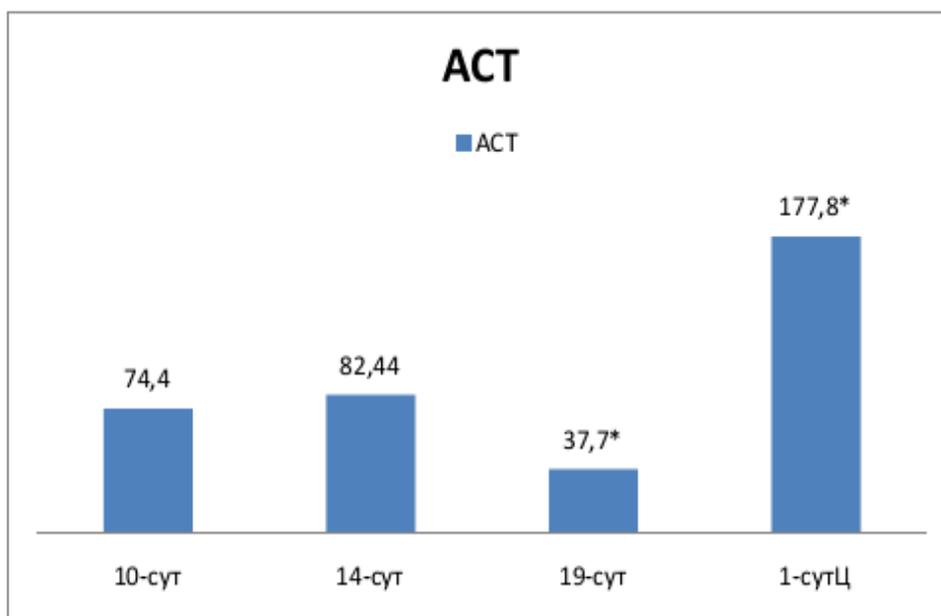
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изменение активности ферментов крови у кур в эмбриональном и раннем постэмбриональном периодах.

Результаты исследование в сыворотке крови в постнатальном онтогенезе у цыплят активность АСТ в 1-3- дневном возрасте составила 177.8 ± 14.5 ед/л, а АЛТ 14.4 ± 2.8 . что согласуется с данными полученные на цыплятах [Owosibo et.al, 2013].

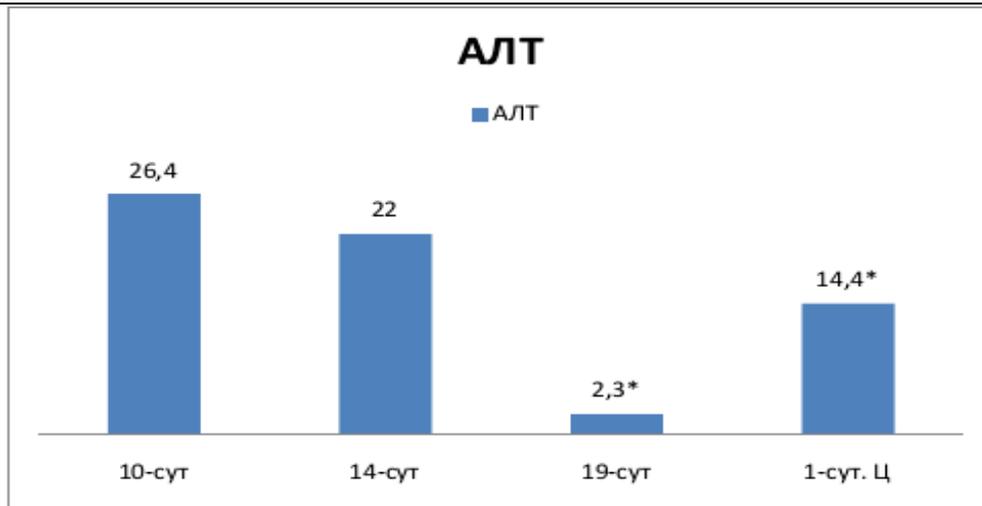
В эмбриональный период развития активность АСТ отмечается тенденция к повышению 15-суточных, тогда как у 19-суточных отмечается значительное снижение затем пик ферментативной активности достигает максимуму к моменту вывода.

Общеизвестно что активность этого фермента высока в органах и тканях с преобладанием аэробного окисления. Аспартатаминотрансфераза (АСТ) - фермент, катализирующий перенос аминогруппы с аспарагиновой кислоты на α -кетоглутарат. Значение АСТ отражает состояние катаболического звена метаболизма, интенсивность процессов цикла Кребса, регулирует поступление субстратов в цикл трикарбоновых кислот с последующим аэробным окислением



Примечание. Показаны достоверные различия активности ферментов в сыворотке крови с предыдущими сутками. * $P \leq 0.05$

По сравнению с АСТ активность АЛТ начинает проявляться с 8-10-дня развития и далее незначительно снижаясь достоверному снижению достигает у 19-суточных эмбрионов. А значительное повышение активности и АСТ и АЛТ наблюдаются после вылупления у цыплят. Но уровень активности АЛТ не достигает значениям у 10 –суточных эмбрионов.

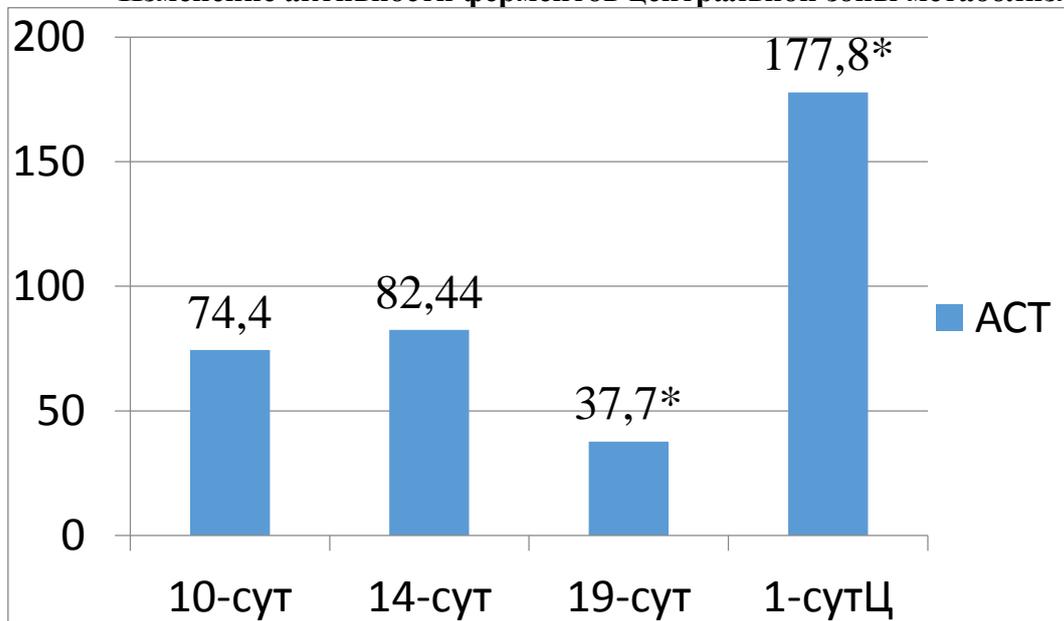


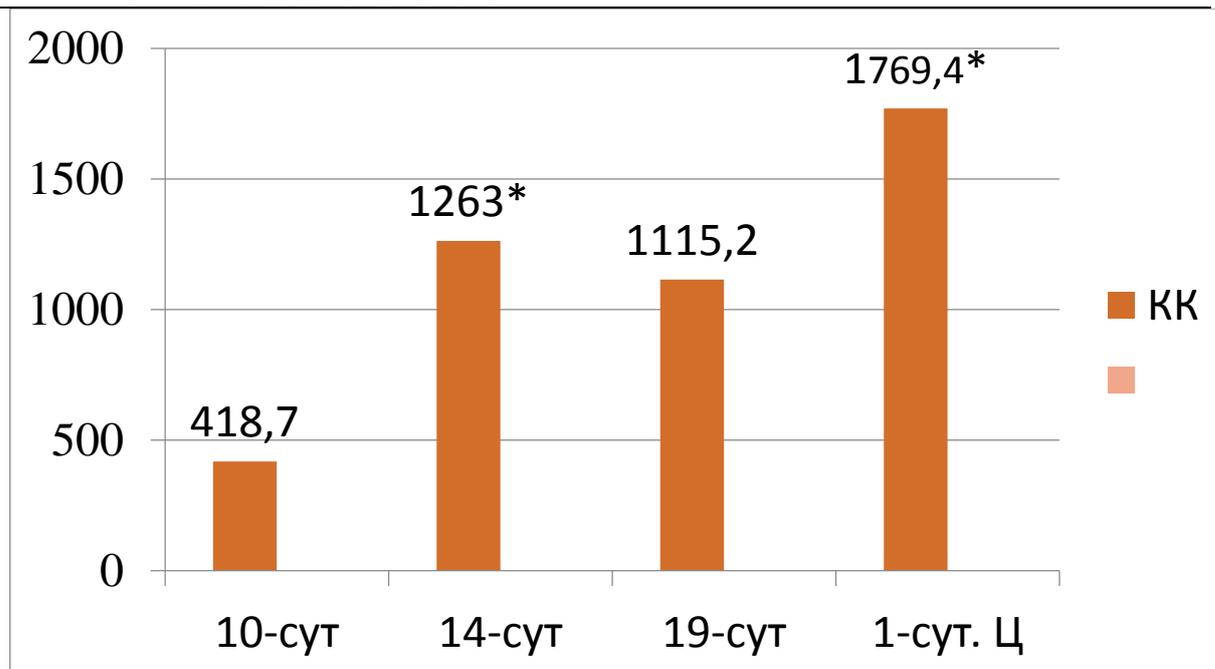
Примечание. Показаны достоверные различия активности ферментов в сыворотке крови с предыдущими сутками. * $P \leq 0.05$

Активность аланинаминотрансферазы (АЛТ) высока в органах и тканях с преобладанием анаэробного окисления, например в печени. Поскольку холестерин синтезируется в печени, целесообразно определять его уровень для того, чтобы убедиться, что снижение активности АЛТ связано не с угнетением функциональной активности гепатоцитов, а именно со снижением доли анаэробного окисления.

Креатинкиназа так же как АСТ является ферментом, характеризующих центральную зону метаболизма, связанную с циклом трикарбоновых кислот и при этом показатели АСТ и КК отражают интенсивность аэробных процессов окисления.

Изменение активности ферментов центральной зоны метаболизма





Примечание. Показаны достоверные различия активности ферментов в сыворотке крови с предыдущими сутками. * $P \leq 0.05$

Креатинкиназа участвует в энергообеспечении клеточного метаболизма осуществляя депонирование химической энергии в виде креатинфосфата или ресинтеза АТФ для поддержания высокого соотношения АТФ/АДФ (Newsholme, 1993; Weber, 1993; Медведев, Волчек, 1995).

Креатинкиназа (КК) - фермент, катализирующий реакцию фосфорилирования креатина, протекающую в аэробных условиях с использованием энергии связи АТФ в тканях и органах с высокой активностью анаэробного окисления. (Маршалл 2000;) Поэтому увеличение значения КК говорит о возрастании аэробного окисления. При сравнении динамики активности ферментов центральной зоны метаболизма АСТ и КК, на первый взгляд динамика схожи но изменение активности КК значительные: т.е активность КК к 14-15-сутке достоверно повышается в три раза, далее если у 19-суточных у АСТ снижение значительные, у КК тоже снижается но не значимы, затем пик ферментативной активности достигает максимуму (и у АСТ и КК) к моменту вывода. Таким образом увеличения значения активности этих ферментов характеризуют о возрастании аэробного окисления.

Доступные литературные данные об уровне активности КК животных в период развития не многочисленны и противоречивы. Исследования, проведенные по изучению уровня КК во взаимосвязи с физиологическим состоянием в возрастном аспекте у кур в условиях Кыргызстана, требуют более детального исследования

Список литературы

1. Забудский Ю.И. Особенности биологии развития яичных цыплят в выводном шкафу инкубатора. Журнал «Птицеводство», 2004 № 4,
2. Зайцев С.Ю., Конопатов Ю.В., Биохимия животных. Изд-во Спб, 2005, 384
3. Ласкавый В.Н., Малинин М.Л. Способ оценки физиологического состояния ор-ганизма цыплят. RU № 2399203 С1 по кл. МПК А01К67/00, А61В99/00 (2006.01). Заявл. 11.03.2009.
4. Маршалл В. Дж. Клиническая биохимия / пер. с англ. М.-СПб.: БИНОМ; Невский диалект, 2000. 289 с.
5. Медведев В. В., Волчек Ю. З. Клиническая лабораторная диагностика:

справочник для врачей / под ред. А. И. Карпищенко. СПб.: Гиппократ, 1995.

6. Симонян А.А. Особенности энергетического метаболизма в мозгу и печени кур в онтогенезе: Автореф. дис. докт. биол.наук. Ереван, 1973, 50-67 с
7. Тагиров М.Т., Терещенко А.В., Питание и основные метаболические пути в развивающемся зародыше птицы. Журнал имени Каразина Харьковского национального университета, 2009. Выпуск № 10, 49-59
8. Турганбаева А.С., Агеева М.А., Хорошилова А.А., Абдыкеримова К.Ш. Изучение активности трансфераз у эмбрионов кур. во второй половине эмбриогенеза и в первые дни после вылупления. // Вестник КГУ им. И.Арабаева Спец.выпуск. Бишкек. 2014., 455-457
9. Baumann R., Meuer H.-J. Blood Oxygen Transport in the Early Avian Embryo. *Physiological reviews* 1992. Vol. 72, No. 4,
10. Christensen V.L., Wineland M.J., Fassenko G.M., Donaldson W.E. Egg storage effects on plasma glucose and supply and demand tissue glycogen concentrations of broiler embryos // *Poult. Sci.* — 2001. -№ 80. — P. 1729—1735.
11. Daneshyar M., Kermanshahi H. and Golian A. Changes of biochemical parameters and enzyme activities in broiler chickens with cold-induced ascites. *Poultry Science*. 2009
12. Decuypere. E & Willemsen H Physiological control mechanisms during late embryogenesis and during pipping and hatching. Chick programm. on-line Issue No.37 . 2011
13. Druyan S., Cahaner A., Ashwell C.M. The expression patterns of hypoxia-inducing factor subunit α -1, hemoxygenase, hypoxia up regulated protein 1, and cardiac troponin T during development of the chicken heart // *Poult. Sci.* 2007. V.86: 2384 – 2389.
14. Fritsche R. Schwerte T., Pelster B. Nitric oxide and vascular reactivity in developing zebrafish, *Danio rerio* // *Am.J.Physiol. (Regulatory Integrative Comp. Physiol.)*, 2000. V. 279. P. R2200 R2207 in developmental physiology of the cardiovascular system: a traditional model with new possibilities // *Am. J. Physiol.*, 2002. V. 283. P. R549-R551.
15. Imagawa T, Yamamoto, E. Sawada, M. Okamoto, M. and Uehara M. Expression of Lactate Dehydrogenase-A and -B Messenger Ribonucleic Acids in Chick Glycogen Body// *Poultry Science* -2006-№ 85.- 1232–1238
16. Newsholme E.A., Stuart C. Regulation in Metabolism. Wiley, 1993
17. Owosibo, A., Odetola O.M., Odinsu O.O., Adejinmi, O.O. and Lawrence-Azua, O.O. // Growth, haematology and serum biochemistry of broilers fed probiotics based diets // *Afr. J. Agric. Res.* Vol . 2013.8(41), pp. 5076-5081,
18. Sutendra G., Michelakis E.D. The chicken embryo as a model for ductus arteriosus developmental biology: cracking into new territory // *Am. J. Physiol.*, 2007. V. 292. P. R481 R484

УДК: 663.918.42

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВИДОВ НАЧИНОК В ПРОИЗВОДСТВЕ ШОКОЛАДА

Халмурзина Малика Даврановна, старший преподаватель, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66. Тел.: 0312-54-51-63, e-mail: sabirova_84@mail.ru, mkhalmurzina@mail.ru

Аннотация. В производстве шоколада применяется достаточно большое количество дополнительного сырья, используемого в качестве пищевых добавок в технологии данного продукта, например, шоколад с орехом и изюмом, с черносливом. Однако, проведенный анализ выпускаемого на сегодняшний день ассортимента шоколада показал, что нет прецедентов использования в технологии данного продукта сушёных помидоров. Выбор сушеных помидоров в качестве начинки для шоколада обосновывался тем, что он содержит

ценные питательные вещества, позволяющие значительно повысить пищевую ценность готового продукта и при этом не ухудшить его органолептические показатели.

Ключевые слова: шоколад, энергетическая ценность, начинка, сушеные помидоры, органолептические показатели, пищевая ценность.

DEVELOPMENT OF NEW TYPES OF FILLINGS IN THE PRODUCTION OF CHOCOLATE

Halmurzina Malika D., Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, KSTU named after I. Razzakov. Phone: 0312-54-51-63, e-mail: sabirova_84@mail.ru, mkhalmurzina@mail.ru

Abstract. In the production of chocolate, a rather large amount of additional raw materials is used, used as food additives in the technology of this product, for example, chocolate with nuts and raisins, with prunes. However, the analysis of the range of chocolate produced so far has shown that there are no precedents for using dried tomatoes in the technology of this product. The choice of dried tomatoes as a filling for chocolate was justified by the fact that it contains valuable nutrients that make it possible to significantly increase the nutritional value of the finished product and at the same time not worsen its organoleptic characteristics.

Keywords: chocolate, energy value, filling, dried tomatoes, organoleptic indicators, nutritional value.

Введение. Шоколад - изделие, приготовленное из шоколадной массы с начинкой или без нее. От других кондитерских изделий шоколад отличается высокой энергетической ценностью: 100 г его соответствуют 540-547 ккал (2259- 2289 кДж). Шоколад легко усваивается организмом человека. Содержащиеся в шоколаде алкалоиды - теобромин и кофеин - оказывают возбуждающее действие, снижают усталость, повышают работоспособность.

Факторы, формирующие качество шоколада: сырье, материалы, технология производства и качество труда. Сырье и материалы оказывают непосредственное влияние на качество шоколада.

Качество готового шоколада зависит от уровня автоматизации производства, рецептуры, соблюдения технологического режима, квалификации кадров, управления качеством в течение всего производственного цикла. Внедрение прогрессивных технологий - важное условие повышения качества шоколада.

Шоколад выпускают штучным (в виде плиток, медалей, батончиков, различных фигур), фасованным (в виде смесей и наборов или одного наименования).

Хранят шоколад при температуре от 5 до 22 °С и относительной влажности воздуха не выше 75% в чистых, сухих, вентилируемых помещениях, без резких колебаний во избежание поседения шоколада и быстрой его порчи.

Шоколад не должен подвергаться воздействию прямого солнечного света. Не допускается хранить шоколад совместно с продуктами, обладающими специфическим запахом (копченые изделия и т.п.) [1].

Цель исследования. Целью данной работы является применение продуктов переработки томатов в технологии производства шоколадных изделий.

Методы исследования. Для изучения качественных характеристик нового вида шоколада были использованы стандартные методики [5, 6, 7].

Результаты обсуждения. В качестве новых видов начинок в производстве шоколада было предложено использовать сушеные помидоры.

Исходя из поставленных в работе задач, был проведен литературный обзор по данной тематике, подобрана стандартная рецептура шоколада в качестве контрольного образца; разработана рецептура опытного образца с добавлением продуктов переработки томатов [2, 3, 4].

В качестве контрольного образца были выбраны шоколадные плитки с шоколадной начинкой и черносливом, имеющие прямоугольную форму с весом 100 г [8].

В опытном образце в отличие от контрольного образца был использован в качестве начинки томатный порошок. Рецептурный состав контрольного и опытного образцов шоколада представлен в табл. 1, 2.

Таблица 1 - Рецептурный состав контрольного образца

| Наименование сырья | Содержание сухих веществ, % | Расход сырья, кг | | | |
|--|-----------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| | | на 1т готовой продукции | | на 0,3 кг готовой продукции | |
| | | н натуре | в сухих веществах | в натуре | в сухих веществах |
| Рецептура плитки | | | | | |
| Шоколад | 99,1 | 959,35 | 598,99 | 0,28 | 0,17 |
| Начинка | 82,5 | 431,09 | 355,65 | 0,13 | 0,10 |
| Итого: | - | 1026,44 | 945,64 | 0,307 | 0,28 |
| Выход | - | 1000,00 | 922,00 | 0,3 | 0,27 |
| Рецептура начинки на 0,13 кг | | | | | |
| Отходы плитки и ассорти с разными начинками | 93,8 | 337,72 | 316,78 | 0,10 | 0,09 |
| Сахаропаточный сироп | 39,0 | 66,93 | 26,16 | 0,02 | 0,007 |
| Ароматизатор «Тирамису» | – | 0.51 | – | 0,0001 | – |
| Итого: | – | 437,69 | 361,06 | 0,132 | 0,108 |
| Выход | 82,5 | 431,09 | 355,65 | 0,13 | 0,107 |
| Отходы плитки и ассорти с разными начинками в пересчёте на сырьё на 0,10 кг | | | | | |
| Шоколад | 99,1 | 207,59 | 205,72 | 0,06 | 0,06 |
| Сахарный песок | 99,85 | 82,85 | 82,73 | 0,02 | 0,02 |
| Патока | 78,0 | 2,05 | 1,60 | 0,0006 | 0,0005 |
| Какао – масло | 100,0 | 12,91 | 12,91 | 0,003 | 0,003 |
| Чернослив | 10,0 | 24,90 | 2,49 | 0,007 | 0,0007 |
| Сахаропаточный сироп | 39,0 | 4,10 | 1,60 | 0,001 | 0,0004 |
| Итого: | - | 349,77 | 321,6 | 0,103 | 0,09 |
| Выход | 93,8 | 337,72 | 316,78 | 0,1 | 0,09 |
| Рецептура сахаропаточного сиропа на 0,1 кг | | | | | |
| Сахарный песок | 99,85 | 12,11 | 12,09 | 0,003 | 0,003 |
| Патока | 78,0 | 20,19 | 15,75 | 0,005 | 0,004 |
| Итого | – | 32,30 | 27,84 | 0,009 | 0,008 |
| Выход | 39,0 | 71,03 | 27,70 | 0,02 | 0,008 |

Таблица 2-Рецептурный состав опытного образца

| Наименование сырья | Содержание сухих вещ-в, % | Расход сырья, кг | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | | на 1т готовой продукции | | на 0,1 кг готовой продукции | |
| | | В натуре | В сух-х в-х | В натуре | В сух-х в-х |
| Рецептура плитки | | | | | |
| Шоколад | 99,1 | 959,35 | 598,99 | 0,28 | 0,17 |

Известия КГТУ им. И.Раззакова 46/2018

| | | | | | |
|---|-------|---------|--------|--------|--------|
| Начинка | 82,5 | 431,09 | 355,65 | 0,13 | 0,10 |
| Итого: | – | 1026,44 | 945,64 | 0,307 | 0,28 |
| Выход: | – | 1000,00 | 922,00 | 0,3 | 0,27 |
| Рецептура начинки на 0,13 кг | | | | | |
| Отходы плитки и ассорти с разными начинками | 93,8 | 337,72 | 316,78 | 0,10 | 0,09 |
| Сахаропаточный сироп | 39,0 | 66,93 | 26,16 | 0,02 | 0,007 |
| Ароматизатор «Тирамису» | – | 0,51 | – | 0,0001 | – |
| Итого: | – | 437,69 | 361,06 | 0,132 | 0,108 |
| Выход | 82,5 | 431,09 | 355,65 | 0,13 | 0,107 |
| Отходы плитки и ассорти с разными начинками в пересчёте на сырьё на 0,10 кг | | | | | |
| Шоколад | 99,1 | 207,59 | 205,72 | 0,06 | 0,06 |
| Сахарный песок | 99,85 | 82,85 | 82,73 | 0,02 | 0,02 |
| Патока | 78,0 | 2,05 | 1,60 | 0,0006 | 0,0005 |
| Какао – масло | 100,0 | 12,91 | 12,91 | 0,003 | 0,003 |
| Томатный порошок | 10,0 | 24,90 | 2,49 | 0,007 | 0,0007 |
| Сахаропаточный сироп | 39,0 | 4,10 | 1,60 | 0,001 | 0,0004 |
| Итого | – | 349,77 | 321,6 | 0,103 | 0,09 |
| Выход | 93,8 | 337,72 | 316,78 | 0,1 | 0,09 |
| Рецептура сахаропаточного сиропа на 0,1 кг | | | | | |
| Сахарный песок | 99,85 | 12,11 | 12,09 | 0,003 | 0,003 |
| Патока | 78,0 | 20,19 | 15,75 | 0,005 | 0,004 |
| Итого | – | 32,30 | 27,84 | 0,009 | 0,008 |
| Выход | 39,0 | 71,03 | 27,70 | 0,02 | 0,008 |

Изготовленные по контрольным и экспериментальным рецептурам шоколадные изделия подвергали комплексному исследованию с привлечением как органолептических, так и инструментальных методов исследования.

Результаты дегустационной оценки контрольного и опытного образцов шоколада, проведенной на кафедре «Технология производства продуктов питания», представлены в табл. 3.

Таблица 3-Органолептические показатели контрольного и опытного образцов шоколада

| Исследуемые образцы | | Вкус, запах и цвет | Консистенция | Форма | Поверхность |
|---------------------|---------------------------------------|--|--------------|--|-------------|
| Контрольный образец | | | | | |
| 1 | Шоколадная плитка с черносливом | Интенсивно выраженный шоколадный вкус и запах, цвет белый с розовым оттенком | Твёрдая | Правильная, с четким контуром, без деформаций, в виде сердечек | Рифлёная |
| Опытные образцы | | | | | |
| 3 | Шоколадная плитка с томатным порошком | Интенсивно выраженный шоколадный вкус и запах, цвет белый с розовым оттенком | Твёрдая | Правильная, с четким контуром, без деформаций в виде сердечек | Рифлёная |

Органолептическая оценка шоколада показала, что опытный образец с добавлением томатного порошка (100 % от массы вносимого чернослива) имел лучшие показатели по сравнению с контрольным образцом (табл. 3).

В соответствии с поставленными задачами на следующем этапе были выполнены исследования физико-химических показателей контрольного и опытного образцов шоколада (табл. 4).

Таблица 4-Физико-химические показатели исследуемых образцов шоколада

| Показатели | Исследуемые образцы | |
|-------------------------------|---------------------|-----------------|
| | контрольный образец | опытный образец |
| Массовая доля влаги, % | 25 | 24,3 |
| Общая кислотность, °Н | 8,5 | 7,7 |
| Массовая доля золы, %, | 0,08 | 0,24 |
| Содержание пищевых волокон, г | 0,05 | 0,18 |
| Массовая доля витамина С, % | 0,2 | 0,45 |

Выводы: В ходе данной работы в качестве продуктов переработки томатов был выбран порошок. Исходя из патентного обзора, а также разработана рецептура производства шоколадной плитки и проведен перерасчет на 100 г готовой продукции. Изучен технологический процесс приготовления шоколада. Далее была проведена органолептическая оценка контрольного образца и экспериментальный образец шоколадной плитки: из томатного порошка. Исходя из данных исследования видно, что содержание пищевых волокон увеличилось в 5 раз, а содержание витамина С в 2 раза. Массовая доля золы в экспериментальном образце увеличилась в 3 раза, что свидетельствует об увеличении содержания минеральных веществ. Остальные физико-химические показатели не превысили нормы, установленные ГОСТ 6443 – 2014.

Список используемой литературы

1. Скобельская З.Г., Горячева Г.Н. Технология производства сахарных кондитерских изделий [Текст] / ред. З.Г. Скобельская 2008.
2. Свежие помидоры - калорийность, химический состав, пищевая ценность // Сайт Tip Tip [Электронный ресурс]: URL: <http://www.tiptip.ru>
3. Вяленые помидоры // Сайт Find Food [Электронный ресурс]: URL: <http://findfood.ru>
4. Томатный порошок // Сайт Woman Wiki [Электронный ресурс]: URL: <http://womanwiki.ru>
5. ГОСТ 5901-87 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси
6. ГОСТ 5898-87 Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности (с Изменением N 1)
7. ГОСТ 26811-2014 Изделия кондитерские. Йодометрический метод определения массовой доли общей сернистой кислоты
8. Павлова Н.С. Сборник основных рецептов сахаристых кондитерских изделий / Павлова Н.С. - СПб: ГИОРД, 2000. - 232 с.
9. ГОСТ 6443 – 2014 "Шоколад. Технические условия"

УДК 001.891.3: 675.08

**НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ КОЖЕВЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Иманкулова Айым Сатаровна д.т.н., проф. КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч. Айтматов 66. Тел: 0312-56-14-62, e-mail: ias-52

Курманалиева Айзат Курушбековна ст. преподаватель, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч. Айтматов 66. Тел: 0556 210978, e-mail: ayzat.kurmanalieva.78@mail.ru.

Аннотация. В данной работе рассматриваются новые направления использования отходов кожевенного производства. Проведен анализ проблемы использования отходов кожевенного производства, рассмотрены виды отходов. В работе систематизированы известные методы и технологии по утилизации отходов кожевенных предприятий, применяемые в мире. Определены основные направления использования отходов: с сохранением волокнистой структуры, с сохранением молекул коллагена и полное или частичное разложение коллагена различными методами. Показано, что перечисленные методы могут быть применены как для не дубленых, так и для дубленых отходов кожи. Наряду с методами переработки определены области использования продуктов, получаемых в результате технологических процессов. Показано, что применение высокотехнологичных процессов с глубокой интеграцией в структуру материала требует больших энергетических затрат, однако данные процессы могут быть реализованы на самих предприятиях кожевенной промышленности. Менее энергоемкие процессы, включающие измельчение продукта и использование его как наполнителя в различных изделиях, таких как строительные материалы, кожеподобные материалы, являются наиболее приемлемыми вариантами для реализации на территории Кыргызской Республики. Большая часть органических отходов кожевенного производства еще не нашла применения и вывозится на свалки, что помимо материальных потерь, ведет к загрязнению окружающей среды (главным образом почвенных вод) продуктами гигиения белка, а также хромосодержащими соединениями. С целью снижения негативного воздействия отходов кожевенного производства на окружающую среду большую их часть стремятся вовлечь в переработку для получения конечной продукции. В процессе производства натуральной кожи на всех стадиях технологического процесса производства (обрядка, мездрение, строгание, шлифование, двоение) вследствие неравномерной толщины и не правильной конфигурации кожевенного сырья 30-50% его массы попадает в отходы. Вид образующихся отходов и их количество зависят от вида исходного сырья, применяемой технологии стадии обработки, назначения конечного продукта и т.д.

Ключевые слова. Кожевенное производства, отходы, кожа, обрезь, кожевенная стружка, пыль, дерма, органические материалы, искусственные кожи, хромсодержащих отходов, дубленый спилок.

**NEW DIRECTIONS OF UTILIZATION OF WASTES OF LEATHER
PRODUCTION**

Imankulova Ayim Satarovna, Doctor of Technical Sciences, prof. KSTU them. I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Aytmatov Avenue 66. Tel: 0312-56-14-62, e-mail: ias-52

Abstract. In this paper, new directions in the use of tannery waste are considered. The analysis of problems of wastes of leather production is carried out, kinds of a waste are considered. In the work, known methods and technologies for the recycling of wastes of tannery used in the world are systematized. The main directions of waste utilization are determined: with preservation of fibrous structure, with preservation of collagen molecules and complete or partial decomposition of collagen by various methods. It is shown that the listed methods can be applied both for non-tanned and for tanned skin wastes. Along with the methods of processing, the areas of use of products obtained as a result of technological processes are defined. It is shown that the use of high-tech processes with deep integration into the structure of the material requires large energy costs, but these processes can be implemented at the enterprises of the leather industry themselves. Less energy-intensive processes, including grinding the product and using it as a filler in various products, such as building materials, leather-like materials, are the most acceptable options for implementation on the territory of the Kyrgyz Republic. Most of the organic wastes of leather production have not yet been applied and are being exported to landfills, which, in addition to material losses, leads to pollution of the environment (mainly soil water) with protein hygiene products, as well as chromium-containing compounds. In order to reduce the negative impact of tannery waste on the environment, most of them tend to be involved in processing to obtain the final product. In the process of production of natural leather at all stages of the technological process of production (ritual, creasing, planing, grinding, doubling), due to uneven thickness and incorrect configuration of leather raw materials, 30-50% of its mass falls into waste. The type of waste generated and their quantity depend on the type of feedstock, the technology used in the processing stage, the destination of the final product, and so on.

Keywords: Tannery, waste, leather, trim, leather shavings, dust, dermis, organic materials, artificial leather, chrome-containing waste, tanned split.

В последнее время в экономике нашей страны происходит заметное повышение роли вторичного сырья на предприятиях легкой промышленности и бытового обслуживания. Утилизация отходов кожевенных, обувных и кожгалантерейных производств превращается в одну из важных социально-экономических и технических проблем развития современного производства.

Во всем мире одной из наиболее актуальной, является проблема рационального управления отходами. Отходы являются, с одной стороны, главными загрязнителями окружающей среды, а с другой зачастую представляют собой ценные продукты, потенциально пригодные для переработки и вторичного использования. К данному виду относятся отходы предприятий легкой промышленности, в частности кожевенно-меховых, обувных и кожгалантерейных производств, которые образуются в процессе резания материалов и представляют интерес для дальнейшей переработки и изготовления вторичной продукции.

Кожевенное производство - одно из старейших ремесел, известных человечеству с давних времен. Натуральная кожа как сырье для изготовления обуви, одежды, галантерейных изделий не утратит своего значения и в грядущем тысячелетии. Пройдя длительный период развития, кожевенное производство превратилось в современную высокоразвитую отрасль, использующую передовые достижения науки, техники и технологии. Кожевенное сырье, кожа, кожаная обувь играют важную роль в международной торговле. По данным международной сельскохозяйственной организации *FAO* среднегодовой объем товарооборота кожевенным сырьем, кожевенными полуфабрикатами, готовой кожей и кожаной обувью в мире составлял в 1994-1996 гг. более

43,4 млрд. USD, что превышало суммарный объем мирового товарооборота мяса, риса, чая и кофе. Во многих странах кожевенная промышленность и коже перерабатывающие отрасли вносят существенный вклад в развитие экономики и создание рабочих мест. Кожевенное производство в этом случае является единственной отраслью, определяющей уровень благосостояния всего региона. Следует отметить, что наряду с профессиональными рабочими на кожевенных заводах занято значительное число неквалифицированного персонала, эти люди не могут получить какую-либо другую работу. Таким образом, очевидно, что роль кожевенного производства в решении социально-демографических проблем является достаточно значимой. И, наконец, говоря о месте и роли кожевенной промышленности в обще индустриальном ряду, следует особо отметить, что переработка ее предприятиями огромного количества шкур решает проблему утилизации отходов, превращая побочный продукт пищевой индустрии в полезные, высококачественные и привлекательные по внешнему виду готовые изделия.

Проблема переработки и рационального использования отходов кожевенного производства, особенно в последние годы, становится актуальной во всем мире. Это объясняется тем, что в процессе производства натуральных кож образуется большое количество (30 - 50% от массы сырья) отходов, в которых содержится до 50% белковых веществ и многих других побочных продуктов. Актуальность решения указанной проблемы также диктуется ухудшением экологической обстановки. Большая часть органических отходов кожевенного производства еще не нашла применения и вывозится на свалки, что, помимо материальных потерь, ведет к загрязнению окружающей среды.

Такая форма хозяйственной деятельности человека - воздействие промышленности на окружающую среду, несет деградацию поверхности земли (трансформирование рельефа, качества и структуры почвы), загрязнение воздуха, климатические изменения, ухудшение условий жизни и состояния здоровья населения и др. При существующей тенденции увеличения объемов образования указанных отходов вопрос их утилизации, с точки зрения экологической ситуации, становится особенно острым. Это обусловлено, с одной стороны, потерей тысяч тонн белкового вещества, а с другой стороны, проблемой загрязнения окружающей среды из-за ингибирования хромом (Ш) процесса биологического разложения кожевенных отходов. Не меньшую проблему представляют соединения хрома(VI) (ядовитые и строго ограниченные), уходящие со сточными водами.

Проблемы, возникающие с очисткой сточных вод кожевенных предприятий, напрямую связаны с недостаточным уровнем технологии и невысокой, по современным меркам степенью использования химических соединений, применяемых в кожевенном производстве. Так, по данным журнала *Leder und Haute Markt* при выработке хромовых кож для верха обуви 47% коллагена дермы - ценнейшего белкового продукта переходит в отходы, а соединения хрома используются лишь на 48%. Низкая степень использования хрома связана не только с ухудшающейся экологической обстановкой на кожевенных предприятиях. Потерями такого количества хрома с отработанными растворами нельзя пренебречь и с точки зрения его большой стоимости - 800-1000 USD за тонну. Кожевенная промышленность потребляет ежегодно около 65 тыс. тонн соединений хрома. По данным BLMRA (British Leather Manufacturers' Research Association) из этого количества 20 тыс. тонн переходит в изделия, остальное - теряется с отходами. Причем 25 тыс. тонн сливается с отработанными растворами [1].

Но эти отходы содержат и весьма ценные природные органические материалы, которые можно использовать в качестве сырья в производстве полезных продуктов. Одним из них является коллаген - ценный природный белок, который можно извлечь и широко использовать в виде коллагенсодержащих препаратов в различных областях промышленности. Не маловажным также является дешевизна такого вида сырья.

Таким образом, проблема использования коллагенсодержащих отходов кожевенного производства имеет два решающих фактора – экологический и экономический. Существуют

следующие виды отходов: жировые; дубленые; недубленые.

В статье речь идет о возможности использования и переработки дубленых отходов. Дубленые отходы – это кожевенная стружка, спилковая обрезь, а также пыль, возникающие при строгании, распиливании, шлифовании полуфабрикатов, имеющие структурные образования вследствие взаимодействия коллагена с солями хрома (III) и многих других дубящих соединений.

Этот широко используемый способ дубления обеспечивает хорошие потребительские свойства кожи, но вызывает огромные затруднения с возможностями вторичного использования твердых отходов кожевенного и мехового производства. Удаление соединений хрома из кожевенных отходов не простая задача. Особенности структуры, высокая гидротермическая устойчивость препятствуют извлечению хрома из дубленой дермы и разумному использованию белка. В связи с этим химический состав отходов затрудняет их вторичное использование.

Твердые хромовые отходы могут устраняться двумя способами, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки: закапыванием в земле и переработкой с получением вспомогательных материалов. Первый давно известен, не требует крупных расходов, технически нетруден, но требует специальных площадей под «захоронение» отходов. Переработка технически более сложна, дорога, но зато более выгодна с экологической точки зрения.

Технологии переработки дубленых отходов также отличаются глубиной интеграции в структуру:

- по первому направлению часть отходов подвергают раздубливанию и последующему гидролизу под давлением и при повышенной температуре. Так производят катионоактивные вещества и белковые гидролизаты. Можно подвергать отходы одному гидролизу, употребляя при этом кислоты;

- по второму направлению коллагенсодержащие отходы разволокняют с дальнейшим проклеиванием связующими средствами. Так получают строительные плиты, жесткие искусственные кожи (обувной картон);

- по третьему направлению кожевенные отходы подвергают размельчению, что позволяет получать наполнители и удобрения [2].

Существенную часть хромсодержащих отходов составляет кожевенная стружка. Из нее после раздубливания и дальнейшего гидролиза можно вырабатывать клей и желатин. Но на практике эта технология не часто применяется, так как является очень дорогостоящей и трудоемкой. Также не нашел своего практического применения метод переработки дубленых кожевенных отходов на кормовые добавки в виду того, что получаемый продукт не должен содержать соединений хрома (III), поскольку эти соединения сильно влияют на живой организм, образуя устойчивые комплексы с рибонуклеиновыми и нуклеиновыми кислотами.

Хромовую обрезь, стружку и другие хромированные отходы целесообразно перерабатывать так, чтобы их можно было использовать для производства наполнителей кожи, обладающих способностью как химически связываться с ней, так и додубливать ее. Большая часть таких наполнителей состоит из вещества, близкого по своему химическому составу к натуральной коже (частично гидролизованного белкового вещества кожи). В связи с этим при наполнении сохраняются наиболее ценные качества натуральной кожи – ее гигиенические свойства.

При получении наполнителей отходы раздубливают раствором щелочи, промывают, при нагревании с водой переводят в раствор, а затем полимеризуют вместе с виниловыми мономерами. Получаемые продукты дают хороший эффект при наполнении кожи. Но в этом случае наблюдаются значительные потери солей хрома и щелочи.

Гидролиз хромированных отходов кислотами позволяет создать безотходную и упрощенную технологию.

В лаборатории технологии кожевенного производства ЦНИИКПа разработан метод использования хромовой стружки путем кислотного гидролиза с последующим структурированием белка в присутствии модифицирующей добавки.

Получение готового продукта с необходимыми свойствами обеспечивается путем соблюдения надлежащих условий процесса. Обнаружено, что гидролиз хромовой стружки проходит главным образом в определенных местах коллагеновых волокон. Полученный гидролизат является исходным материалом для изготовления синтетического дубителя – «Мадин» [3]. Одним из преимуществ этого направления переработки хромсодержащих коллагеновых отходов является возможность использования гидролизатов без предварительной очистки от соединений хрома. Наоборот, присутствие дубителя в конечном продукте содействует повышению термостойкости полуфабриката, а наличие белковых составляющих – эффекту наполнения без снижения гигиенических свойств кожи. Использование полученных дубителей в производстве кож для верха обуви способствует повышению механических свойств, позволяет получить материал с высокими упругопластическими характеристиками [3].

Зарубежные ученые предлагают использовать твердые коллагенсодержащие отходы кожевенного производства в качестве компонента шлихтующих составов. Позитивные результаты были достигнуты при использовании белкового гидролизата из отходов шкур крс (крупного рогатого скота) при шлихтовании шерстяной пряжи. Для хлопчатобумажной пряжи перспективно применение шлихтующего раствора, содержащего сухой белковый гидролизат из отходов свиной кожи. Переработка таких отходов кожевенного производства может способствовать улучшению экологической обстановки благодаря практически их полной утилизации, но, к сожалению, в нашей стране использование такого вида сырья не велико [4].

Достаточно эффективным и в то же время несложным является применение дубленных коллагенсодержащих отходов для получения строительных плит. Для этого отходы сильно измельчают, смешивают с полиэтиленом и полипропиленом, добавляют связующее вещество, расплавляют и прессуют. Содержание полимера в смеси – примерно 40 – 70 %. Получающиеся пластины толщиной 6 – 7 мм и размером 10 × 25 см обладают высокой стойкостью, при этом прочность на разрыв и устойчивость к изгибу в большой мере зависят от состава.

Отличительной стороной шумо- и теплоизолирующих покрытий является их высокая экологичность, комплекс свойств, придающий покрытию «кожаный» характер, и низкая стоимость. Это создает довольно хорошие перспективы их широкого использования в строительстве [5].

Кроме того, данный высокопористый композиционный материал может заменить в строительстве такие известные теплоизоляционные материалы, как плиты на основе древесных опилок и стружек, поскольку он не теряет своих свойств под действием влаги, а также не подвергается действию насекомых.

Хромовую стружку можно использовать для получения катионоактивных веществ – продуктов реакции белкового гидролизата с метиламинами. Эти вещества используют в качестве фиксаторов при крашении кож хромового дубления, они повышают прочность и интенсивность окраски [5].

Хромсодержащие отходы (стружка и дубленный спилок от шкур крупного рогатого скота) являются существенной сырьевой базой для получения обувного картона. В Казанском государственном технологическом университете разработана технология получения обувного картона с применением низкотемпературной плазмы. Данный метод позволяет получать плотный, эластичный и мягкий материал, который может применяться при изготовлении основной стельки, полустельки в повседневной и детской обуви.

Введение плазменной обработки перед размолотом хромовой стружки, а также перед проклейкой волокнистой массы связующим позволяет добиться наибольшего результата

повышения качества продукции и интенсификации процессов его производства, но увеличивает себестоимость готовой продукции [6].

При использовании обрезки хромовых кож измельченные отходы смешивают и под воздействием температуры, давления повышают их термопластичные свойства. Далее из полученных пластин получают вкладыши для низа обуви при производстве подошв из полиуретана [6].

Одним из направлений переработки хромосодержащих отходов является получение искусственной кожи (так называемой «прессованной кожей»). Основными компонентами для изготовления данного материала являются хромосодержащие лоскутки, обрезки, стружка, кожевенная пыль, остающиеся после выработки и раскроя натуральной и самой искусственной кожи. Кожевенные волокна распыляют, воздействуя электрическим разрядом или парами высокополярного растворителя поляризуют, что вызывает склеивание и агрегирование частиц. Затем кожевенные волокна в количестве 70 – 80 % смешивают с 20 – 30 % расплава термопластического полимерного связующего и из смеси получают плоские листы, поверхность которых подвергают тиснению.

Американскими учеными выявили что «прессованная кожа» обладает пониженной прочностью. О ее гигиенических свойствах даже не упоминается. Ясно лишь, что в процессе формирования псевдо кожи использование значительного количества синтетических смол, которые пропитывают всю структуру, дает материал с пониженными гигиеническими свойствами.

Известно применение кожевенной пыли для наполнения резиновых смесей на основе различных каучуков. Выявлено, что введение кожевенной пыли в качестве наполнителя в состав резиновых смесей влияет на свойства вулканизатора. При этом количество вводимой кожевенной пыли не должно превышать 20 – 23 массовых частей на 100 массовых частей каучука, т.е. сажа как наполнитель заменяется лишь частично.

У резин на основе натурального (НК), нитрильного (СКН – 18), хлоропренового (наирит) и бутадиенового (СКД) каучуков при введении в них необработанной кожевенной пыли, отмечено снижение показателей предела прочности на разрыв и твердости. В то же время такие показатели, как сопротивление истиранию, относительное удлинение, стойкость к агрессивным средам, у резин на основе натурального и хлоропренового каучуков улучшаются.

Перспективным направлением использования таких отходов является переработка их с целью получения удобрений, которые являются сложными органическими соединениями с большим набором макро- и микроэлементов. Эти удобрения способствуют улучшению почвы, созданию гумуса и повышению урожайности, растения менее подвергаются поражению вредителями и заболеваниями.

Использование отходов для производства удобрений способствует более экономичной работе кожевенно-обувных предприятий, поскольку снижает затраты на сбор, транспортировку отходов с территорий, а также их уничтожение.

Основные виды отходов кожевенного производства и важнейшие направления их использования: мездра сырьевая - используются при производстве клея, получение технического жира; мездра гольевая- производство клея, желатина, получение технического жира; лоскут сырьевой- производство клея, желатина, получение технического жира и шерсти; лоскут и спилковая обрезь гольевые- производство желатина и высших сортов клея, получение технического жира; стружка кожевенная- производство искусственной кожи, клея, белкового наполнителя; шерсть заводская (мокрая и грязная)- производство валяльно-войлочных изделий и тканей; лоскут кожевенный дубленый мелкий, обрезь хромовая- производство искусственной кожи, хозяйственной пасты, клея обуви кожгалантерейных и др. изделий.

В заключении следует отметить, что переработка отходов кожевенного производства является неотъемлемой частью промышленного комплекса и позволяет решить или снизить

остроту экологических и экономических проблем предприятий отрасли. Эта переработка приобретает все большее значение, в связи с ужесточением требований к экологическому состоянию кожевенных заводов, дефицитом кожевенного сырья и увеличением его стоимости. В России и за рубежом продолжается интенсивный поиск новых эффективных способов переработки кожевенных отходов, прежде всего хромсодержащих, с получением веществ и материалов для различных областей применения. Ну, а при рассмотрении способов утилизации отходов необходимо ориентироваться на наиболее безотходные технологии, обеспечивающие выпуск экологически выгодной и экономически выгодной продукции, пользующейся спросом. Использование данных материалов позволит не только решить проблему с отходами, но и расширит ассортимент материалов.

Список использованной литературы

1. Артемов А.В.: Производство изделий из кожи – проблемы экологии; Экология и промышленность России, 2004 г, № 2, с. 33 – 35.
2. Богданова И.Е.: Современные направления переработки коллагенсодержащих отходов кожевенного производства; Кожевенно-обувная промышленность, 2007, № 2, с.30-31
3. Борисенко Л.Н. Утилизация кожевенных отходов и эффективность их использования в народном хозяйстве / Кожевенная промышленность – 1991, № 2, с.37.
4. Шименович Б. Утилизация кожевенных отходов / Style – 2003, № 3, с. 94 .
5. Чурсин В.И. Химики – технологические методы утилизации кожевенной стружки: экономика и экология / Кожевенно – обувная промышленность – 1998 , № 1, с. 40 – 41.
6. Тезисы докладов Международной конференции / Проблемы комплексной переработки кожевенных отходов – Москва, 1998, с.53.

УДК: 667.021.154

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВОГО КОМПЛЕКСНОГО МАТЕРИАЛА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рысбаева Имийла Акимжановна, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, кафедры «Технология и конструирование изделий легкой промышленности», Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр.Мира 66, e/mail:Imiyyla@mail.ru

Мазарипова Актан Мамарасуловна, магистрант. гр.ТИЛП_м-1-16, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек. Тел (+996)708-83-00-03, e/mail: Aktang01@mail.ru

Аннотация. На современном этапе развития текстильной и легкой промышленности, в связи с появлением и использованием новых материалов, особое значение уделяется всестороннему исследованию их механических свойств. Технология производства комплексных материалов позволяет использовать все виды текстильного сырья, в том числе низких сортов, короткоштапельные и непрядомые волокна, а также волокна, регенерированные из лоскута и тряпья, что выгодно экономически отличает их от других видов текстильных материалов. Комплексные материалы могут быть во многих случаях использованы для замены тканей аналогичного назначения в целях сокращения трудозатрат, снижения себестоимости, высвобождения натурального сырья, широком использовании отходов других производств и при достаточно высоком качестве получаемых материалов. Обзор известных работ показал, что иглопробивные нетканые материалы в технических целях, так как они обладают достаточно равномерной структурой, обеспечивающей им необходимые эксплуатационные свойства. Также нужно отметить основные технологические

достоинства иглопробивного способа - это высокая производительность оборудования и его экономическая эффективность, разнообразие вырабатываемого ассортимента, доступность и обширные запасы сырья [1].

На основе изученных материалов предлагается новая структура [7] комплексного материала специального назначения, который получен иглопробивным способом. Составлена технологическая схема получения комплексного материала и определены его физико-механические свойства.

Ключевые слова: комплексный материал, иглопробивной, физико-механические свойства, разрывная нагрузка, поверхностная плотность, структура, полиэфирное волокно, шерсть, пропитка, мембранный слой, сырье, линейная плотность, относительная разрывная нагрузка.

INVESTIGATION OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF A NEW COMPLEX MATERIAL OF SPECIAL PURPOSE

Rysbaeva Imiyla Ak., PhD (Engineering), Associate Professor, KSTU named after I. Rassakov dep. of Technology, and designing of products of light industry, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira str. 66, e-mail: Imiyla@mail.ru

Mazaripova Aktan Mamarasulovna, undergraduate gr.TPLIm-1-16, , KSTU named after I. Rassakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek. Tel (+996) 708-83-00-03, e-mail: Aktang01 @ mail.ru

Abstract. At the present stage of the development of textile and light industry, in connection with the appearance and use of new materials, special attention is paid to a comprehensive study of their mechanical properties. The technology of production of complex materials makes it possible to use all kinds of textile raw materials, including low grades, short staple and non-spinnable fibers, as well as fibers regenerated from a rag and rags, which economically distinguishes them from other kinds of textile materials. Complex materials can be used in many cases to replace tissues of a similar purpose with a sharp reduction in labor costs, a reduction in the cost of production, the release of natural raw materials, the widespread use of waste from other industries, and with the high quality of the materials obtained. A review of well-known studies has shown that needle-punched nonwovens are widely used for technical purposes, since they have a fairly uniform structure providing them with the necessary operational properties. Also it is necessary to note the main technological advantages of the needle-punched method: high productivity of equipment and its economic efficiency, variety of produced assortment, availability and vast stocks of raw materials [1].

On the basis of the materials studied, a new structure [7] of a special-purpose complex material which is obtained, by needle-punching is proposed. A scheme for the production of a complex material was also compiled and the physical and mechanical properties

Keywords: complex material, needle-punched, physical and mechanical properties, rupture load, surface density, structure, polyester fiber, wool, impregnation, membrane layer, raw materials, linear density, relative breaking load.

На современном этапе развития текстильной и легкой промышленности, в связи с появлением и использованием новых материалов, особое значение уделяется всестороннему исследованию их механических свойств. Такого рода исследования способствуют разработке и производству новых видов комплексных материалов. Иглопробивные нетканые материалы занимают определенное место среди материалов текстильной и легкой промышленности. Выделение указанных материалов в особую группу продиктовано особенностью их макроструктуры, которую, в отличие от большинства других текстильных материалов,

нельзя назвать упорядоченной. В то же время, целесообразность исследования механических свойств нетканых материалов определяется широкой областью их применимости. Технология производства комплексных материалов позволяет использовать все виды текстильного сырья, в том числе низких сортов, короткоштапельные и непрядомые волокна, а также волокна, регенерированные из лоскута и тряпья, что выгодно отличает их от других видов текстильных материалов.

Достаточно большой группой нетканых материалов являются иглопробивные нетканые материалы. Некоторые области их применения: земляное, дорожное и железнодорожное строительство, туннелей, переходных домиках, искусственного дерна, теннисных кортов. Иглопробивные нетканые материалы применяются для защиты берегов, для сельскохозяйственных целей, в качестве арматуры в строительных материалах, в машиностроении - для деталей оборудования, покрытия труб, литых элементов, тепло- и звукоизоляции, фильтров, бумагоделательных сукон, полировального и абразивного фетра и т.д. [3,6].

Для производства иглопробивных нетканых материалов используются все известные и создаваемые волокна, многие дисперсные, сыпучие, связующие вещества. Отдельно и в смесках применяются натуральные, искусственные, синтетические, минеральные, стеклянные волокна. Из синтетических волокон наибольшее применение находят полиамидные, полиэфирные, полипропиленовые волокна. Из натуральных волокон применяют хлопок и шерсть, дающую прекрасные результаты в иглопробивной технологии. Применяют различные новые и восстановленные волокна, моноволокна, филаментные нити. [2].

Целью работы является разработка нового комплексного материала специального назначения и исследование его физико-механических свойств.

Экспериментальная часть. На основе изученных материалов и проведенных анализов, в работе [7] предлагается новая структура комплексного материала который, может быть использован как в бытовом так и в специальном назначении. На рис. 1. показана структура нового комплексного материала который соединен комбинированным (иглопробивным и свойлачиванием) методом.

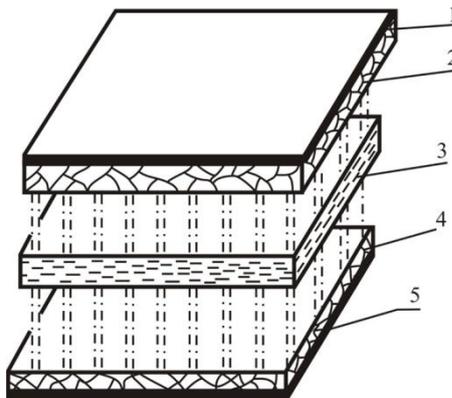


Рис. 1. Структура нового комплексного материала специального назначения:

1 слой – мембранный слой, 2 слой – шерстяное волокно, 3 слой – полиэфирное волокно,
4 слой – шерстяное волокно, 5 слой – мембранный слой.

Технология получения нового комплексного материала включает настиление шерстяных и полиэфирных волокон с последующим соединением их на иглопробивной машине. Этот этап нами предлагается выполнить на иглопробивной машине серии FL-BG, где рабочая ширина – 1,2-6,6 м, а скорость составляет 0,6-6 м/мин. Для придания прочности полученному материалу предлагается дополнительное свойлачивание. Свойлачивание можно выполнить вручную или же на катальном (валяльном) станке для шерсти "BM-120".

Продолжительность времени свойлачивания $t = 30 - 60$ мин в зависимости от толщины материала. Для сушки предлагается сушильная машина SICAM. Сушку нужно выполнить при температуре $25-35\text{ C}^0$, $t = 30-40$ мин в зависимости от плотности материала.

В качестве отделки предлагается использовать водонепроницаемую пропитку - *ultra guard textile*. С помощью распылителя пропитка наносится на поверхность материала. Необходимо равномерно обработать поверхность, не допуская наличие необработанных участков на ткани. После нанесения состава на поверхность – необходимо оставить на 6-12 часов. Визуально и на ощупь ткань станет сухой уже через 15-20 минут, однако необходимо выдержать 6-12 часов, чтобы произошла полимеризация (сцепления гидрофобного покрытия с волокнами ткани, образование гидрофобного нанорельефа). В течение этого времени не следует прикасаться к ткани. Расход: 0,01 - 0,25 л/м кв., в зависимости от типа обрабатываемой ткани. Схема разработанной технологии получения комплексного материала специального назначения представлена на рис.2.

Испытание физико-механических свойств проводилось в лаборатории кафедры «Технология изделий легкой промышленности». Механические свойства материалов проявляются при приложении к ним внешних сил, среди которых растягивающие и изгибающие силы имеют наибольшее значение. Показатели разрывной нагрузки и разрывного удлинения являются важными признаками качества материалов [8].

Разрывную нагрузку определяли в лаборатории на разрывной машине РТ-250 по ГОСТ 29104.4-91. Относительная разрывная нагрузка определяется по формуле:

$$P_0 = P_p / bM_s,$$

где P_p – это наибольшее усилие, b – ширина элементарной пробы, M_s – поверхностная плотность материала.

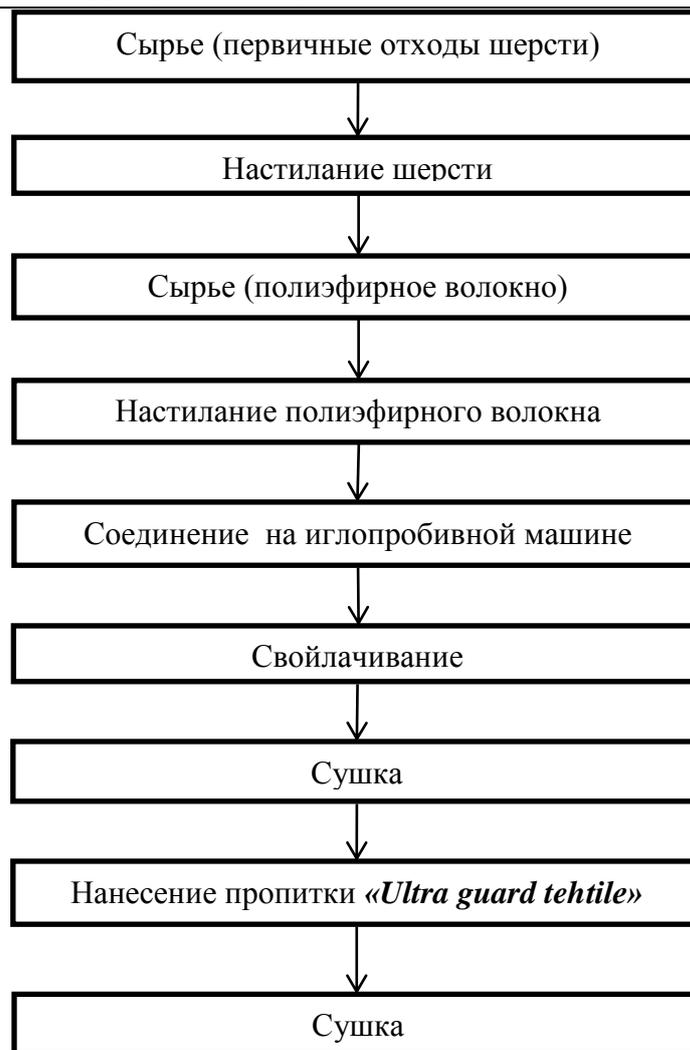


Рис. 2. Технология получения нового комплексного материала специального назначения

Удлинение (L) элементарной пробы при разрыве по основе или по утку в процентах вычисляют по формуле:

$$l = \frac{l_1}{200} \cdot 100$$

где l - удлинение при разрыве, мм; 200 - расстояние между зажимами разрывной машины, мм.

Поверхностную плотность нетканого материала определены по ГОСТ 29104.1-91, ткани технические. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей вычислены по формуле, при определении поверхностной плотности были использованы электронные весы, г.

Поверхностная плотность (M_s) в $г/м^2$ вычисляется по формуле:

$$M_s = \frac{m_i \cdot 10^4}{L \cdot b}$$

где m_i – масса точечной пробы, г, L – средняя длина пробы, см, b – средняя ширина пробы, см.

Линейная плотность (M_l) в $г/м$ вычисляется по формуле:

$$M_l = \frac{m_i \cdot 10^2}{L}$$

где m_i – масса точечной пробы, г, L – средняя длина пробы, см.

Результаты проведенных испытаний на физико-механические свойства нового комплексного материала представлены в табл. 1.

Таблица 1- Физико-механические свойства нового комплексного материала

| Образцы | Толщина b , мм | Поверхностная плотность, г/м ² | Линейная плотность, г/м | Относительная разрывная нагрузка, Н м/г | Разрывная нагрузка, Н |
|--|------------------|---|-------------------------|---|-----------------------|
| Образец №1 (шерсть 50% + полиэфир 50%) | 0,5 | 330 | 16,5 | 0,066 | 1,1 |
| Образец №2 (шерсть 40% + полиэфир 60%) | 0,67 | 390 | 19,5 | 0,068 | 1,33 |
| Образец №3 (шерсть 45% + полиэфир 55%) | 0,85 | 410 | 20,5 | 0,074 | 1,52 |
| Образец №4 (шерсть 33,3% + полиэфир 33,3% + шерсть 33,3%) | 10 | 480 | 23,5 | 0,083 | 2 |

Полученные экспериментальные данные физико-механических свойств нового комплексного материала специального назначения показали что, с уплотнением толщины материала плавно возрастает разрывная нагрузка и поверхностная плотность (410-480 г/м²), которые приводятся на рис.3 и 4.

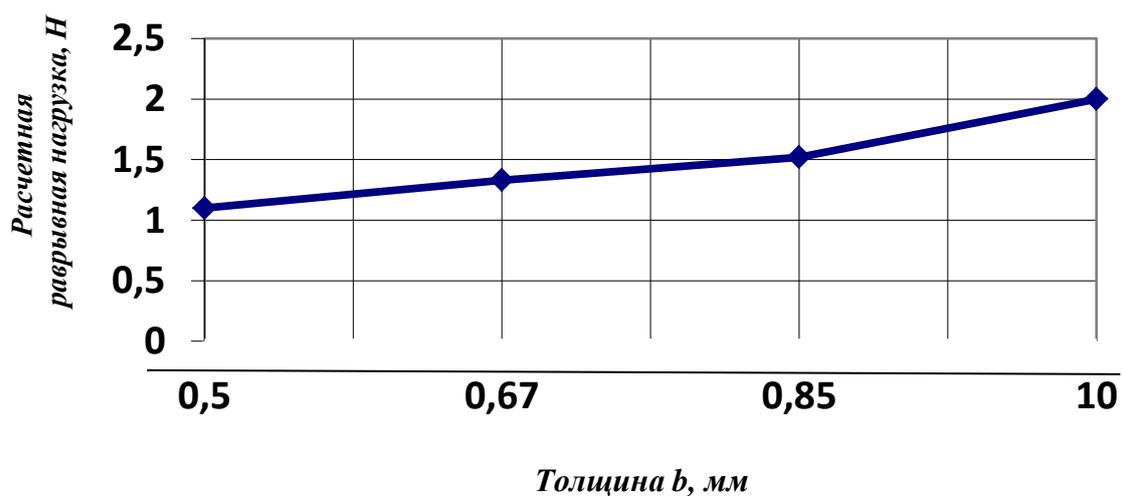


Рис. 3. Влияние толщины b , мм на разрывную нагрузку, Н



Рис. 4. Влияние поверхностной плотности, г/м² на относительную разрывную нагрузку Н м/г.

Поверхностная плотность и толщина материала являются одними из основных характеристик нового комплексного материала специального назначения. По показателям этих характеристик исследуемый материал соответствует требованиям технической документации.

Выводы. Варьируя толщину полученного нового комплексного материала специального назначения, предлагается использовать в качестве утеплителя (специальной одежды и домов), накладок, стелек для обуви, для переходных домиков, а также в различных отраслях промышленности.

Список использованной литературы

1. Бурибаева И.Н, Проектирование и моделирование технологии иглопробивных нетканых материалов с целью прогнозирования и оптимизации их физико-механических характеристик, дисс. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук :23.10.07./ Бурибаева Ирина Николаевна.- Москва, 2007. – 178с.
2. В.В.Хамматова, И.Ш.Абдуллин, К.Э.Разумеев, Технология повышения защитных свойств текстильных материалов для одежды специального назначения //Швейная промышленность.— 2015— № 1,2. - С. 42-44
3. К.Э.Разумеев, К.Л.Девин, Многослойный радиопологающий нетканый материал для создания защитной одежды //Швейная промышленность. —2013—№5.- С.17-19
4. Л.Г.Ступалова, Современное состояние рынка производства и потребления спецодежды // Швейная промышленность. —2012—№3.- С.16-17
5. Л.Т.Бахшиева, Л.А.Конина, Изучение свойств новых тканей для пошива армейской одежды // Швейная промышленность. —2007—№6.— С.54-55
6. Михальков А.И, Разработка технологии иглопробивных нетканых прессовых прокладок // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – М., 1985. – 22 с.
7. Рысбаева И.А, Мазарипова А.М, Исследование состава и свойств текстильных материалов специального назначения //Известия – 2018-№1(45).-С. 254-259
8. Рысбаева И.А, Определение физико-механических показателей материалов для специальной одежды//Пищевая технология и сервис.- 2004-№1.-С.86-88

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 638.162.11.3(575.2)

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕДА, ПРОИЗВЕДЕННОГО В НАРЫНСКОЙ, ОШСКОЙ И ТАЛАССКОЙ ОБЛАСТЯХ КР

Борбиева Дамира Балтабаевна, к.х.н., доцент, КГТУ им. И.Раззакова 720044 г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: hiht@list.ru

Джунушалиева Тамара Шаршенкуловна, д.х.н., профессор, КГТУ им. И.Раззакова 720044 г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: kgtuchemie@yandex.ru

Аннотация. Известно, что мед – ценный, естественный продукт питания, обладающий лечебно-диетическими свойствами. Он состоит в основном из легко усвояемых организмом человека моносахаридов плодового и виноградного сахара.

Мед является одним из наиболее часто фальсифицируемых продуктов, поскольку цены на него в 5-10 раз выше, чем на сахар и другие подсластители. В то же время мед, произведенный с нарушением санитарных норм, может представлять опасность для здоровья человека.

Поэтому с целью определения качества этого продукта, в данной статье представлены методы и результаты исследования химического состава меда, произведенного в Нарынской, Ошской и Таласской областях Кыргызстана.

Ключевые слова: исследование, химический состав, мед, кислотность, витамины, фитонциды, гормоны, фруктоза, глюкоза, сахароза, диастазное число, тяжелые металлы, инвертированный сахар.

THE STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF HONEY PRODUCED IN NARYN, OSH AND TALAS REGIONS OF THE KR

Borbieva Damira Baltabaevna, c.ch.sc., professor, head of department of chemistry and chemical technology of the KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044 , Bishkek, pr. Ch. Aitmatov 66 , e-mail: hiht@list.ru

Djunushaliev Tamara Sharshenkulovna, d.ch.sc., professor, dean of the Technological faculty of the KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044 , Bishkek, pr. Ch. Aitmatov 66, e-mail: kgtuchemie@yandex.ru

Abstract. It is known that honey is a valuable, natural food that has therapeutic and dietary properties. It consists mainly of easily digestible human monosaccharides of fruit and grape sugar.

Honey is one of the most often falsified products, as the prices for it are 5-10 times higher than for sugar and other sweeteners. At the same time, honey produced in violation of sanitary norms may pose a danger to human health.

Therefore, in order to determine the quality of this product, this article presents methods and results of a study of the chemical composition of honey produced in the Nyrin, Osh and Talas regions of Kyrgyzstan.

Keywords: research, chemical composition, honey, acidity, vitamins, phytoncides, hormones, fructose, glucose, sucrose, diastase number, heavy metals, inverted sugar.

По происхождению натуральный мед может быть цветочным и падевым.

Цветочный мед – производится пчелами в процессе сбора и переработки нектара, выделяемого цветочными растениями.

Падевый мед – пчелы вырабатывают, собирая падь (сладкие выделения тли и некоторых других насекомых) и медвяную росу с листьев или стеблей растений [1].

Химический состав меда сложен и включает большое количество необходимых для полноценного развития человека питательных веществ. Например, витамины (рибофлавин, ниацин, пантотеновая кислота, пиридоксин, фолацин и аскорбиновая кислота), минеральные вещества (кальций, железо, магний, фосфор, калий, натрий, цинк и др.), фитонциды (подавляющие развитие микроорганизмов), белковые вещества, гормоны (ацетилхолин). Но основную долю составляют углеводы, растворенные в небольшом количестве воды; по усредненным данным содержание их составляет 80 %, в т.ч. фруктозы – 39%; глюкозы – 31%; сахарозы – 1%; мальтозы и других полисахаридов – 9% [2].

Цель работы: исследование органолептических свойств и химического состава меда, произведенного в Нарынской, Ошской и Таласской областях КР.

Объектами исследования являются:

1 – мед «Эспарцетовый» произведенный в Нарынской области в 2016 г.

2 – мед, произведенный в Узгенском районе Ошской области, в 2017 г.

3 – мед, произведенный в Таласской области, в 2017 году.

1. Экспериментальная часть

Качество меда определялось органолептическими и физико-химическими методами исследования [3]. Содержание тяжелых металлов, определялось атомно-эмиссионным спектральным анализом, проведенным в Центральной лаборатории при Государственном агентстве по геологии и минеральным ресурсам.

1.1. Органолептическая оценка меда

Результаты органолептической оценки образцов меда представлены в таблице 1.

Таблица 1

| Объект исследования | Консистенция | Цвет | Аромат | Вкус | Послевкусие |
|--|--|----------------|---|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Мед "Эспарцетовый" (Нарынская область) | Густая, свойственная зрелому меду, зернистая | Темно - желтый | Слабо выраженный, с посторонним запахом | Выраженный, сладкий | Выраженное, першение присутствует |
| Мед "Узгенский" (Ошская область) | Жидкая, сиропобразная | Янтарно-желтый | Выраженный, приятный, цветочный | Карамельный, сладкий | Слабое, першение незначительное |
| Мед "Таласский" (Таласская область) | Тягучая, мелкозернистая | Светло-желтый | Выраженный, цветочный | Выраженный, приятный, в меру сладкий | Слабое, першение незначительное |

По результатам органолептической оценки образцы меда из Ошской и Таласской областей соответствуют установленным нормам, а мед, произведенный в Нарынской области имеет посторонний запах и несвойственный привкус.

1.2. Определение падевого меда

Для определения падевого меда существуют реакции, основанные, на выпадении в

осадок «падевых веществ» (в основном декстринов) в результате взаимодействия некоторых реактивов.

Определение производилось по *спиртовой реакции*. К 1 мл водного раствора меда (1:2) прибавляют 10 мл 96%-ного этилового спирта. Цветочный мед слабо мутнеет, мед с примесью пади – сильно мутнеет и появляется молочно-белый цвет, (таблица 2).

1.3. Определение примеси сахарной патоки

Качественные реакции определения сахарной патоки, основаны на том, что она содержит трисахарид-рафинозу и следы хлоридов, которые осаждаются под действием некоторых реактивов.

Определение производилось по реакции с *азотнокислым серебром*. К 5 мл раствора меда (1:2) добавляют 5-10 капель 5%-ного раствора азотнокислого серебра. Образование в растворе белой мути, а затем белого осадка, указывает на присутствие в меде сахарной патоки [3], (таблица 2).

Таблица 2.

Определение фальсификации меда

| Объект исследования | Спиртовая реакция | Реакции с азотнокислым серебром |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| Мед "Эспарцетовый" (Нарынская область) | Отрицательная Белой мути - нет | Отрицательная Осадка нет |
| Мед "Узгенский" (Ошская область) | Отрицательная Белой мути - нет | Отрицательная Осадка нет |
| Мед "Таласский" (Таласская область) | Отрицательная Белой мути - нет | Отрицательная Осадка нет |

По результатам определений все образцы меда в своем составе сахарной патоки, а также примеси падевого меда не имеют.

1.4. Определение содержание воды и сухого остатка в меде

Определение содержания воды в меде основано на измерении плотности раствора меда (1:2) с помощью ареометров, со шкалой от 1,110 до 1,125. По полученным величинам плотности, с помощью таблицы К. Виндиша определяют содержание воды и сухого остатка (таблица 3).

Таблица 3.

Содержание воды и сухих веществ

| Объект исследования | Плотность раствора меда (1:2), г/мл | Содержание воды в меде, % | Содержание воды в меде согласно ГОСТ, % | Содержание сухих веществ в меде, % | Содержание сухих веществ в меде, согласно ГОСТ, % |
|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|---|------------------------------------|---|
| Мед "Эспарцетовый" | 1,118 | 17,32 | Не более 21% | 82,68 | Не менее 80 % |

| | | | | |
|-----------------|-------|-------|--|-------|
| (Нарын) | | | | |
| Мед "Узгенский" | 1,115 | 19,24 | | 80,76 |
| Мед "Таласский" | 1,117 | 17,95 | | 82,05 |

По результатам определений, содержание воды во всех образцах меда не превышает установленную гостом норму (21%).

1.5. Определение кислотности

При повышенной влажности воздуха и высокой водности мед закисает под действием содержащихся в нем дрожжей и выделяемых ими ферментов. При этом сахара меда разлагаются, образуя винный спирт и выделяя углекислый газ. Под влиянием бактерий происходит окисление винного спирта и он превращается в уксусную кислоту.

Кислотность меда определялась титриметрически, титрованием раствора меда (1:2) 0,1 н раствором NaOH.

Кислотность меда исчисляют в градусах Тернера, по количеству муравьиной или яблочной кислоты. Градусом кислотности по Тернеру называют количество миллилитров 0,1 н раствора едкого натра, пошедшее на титрование 100 г меда [4], (таблица 4).

Таблица 4.

Кислотность меда по Тернеру, по муравьиной и яблочной кислотам

| Объект исследования | Кислотность в градусах Тернера | Допустимая кислотность в градусах Тернера | Кислотность по муравьиной кислоте | Допустимая кислотность по муравьиной кислоте | Кислотность по яблочной кислоте | Допустимая кислотность по яблочной кислоте |
|-------------------------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|--|---------------------------------|--|
| Мед «Эспарцетовый» (2016 год) | 60 | 12-40 | 0,276 | от 0,03 до 0,21 | 0,402 | от 0,045 до 0,33 |
| Мед «Узгенский» (2017 год) | 78 | | 0,358 | | 0,522 | |
| Мед «Таласский» (2017 год) | 55 | | 0,253 | | 0,368 | |

По результатам определений кислотность всех трех образцов меда превышает допустимые нормы, что свидетельствует о начавшемся процессе брожения. Сравнительно меньшими значениями кислотности выделяется образец меда, произведенный в Таласской области.

1.6. Определение диастазного числа меда

Диастазное число характеризует активность амилолитических ферментов меда. Фермент диастаза вносится в мед в основном с нектаром растений и частично с секретами слюнных желез пчел. При нагревании натурального меда свыше 60 градусов Цельсия, диастаза инактивируется, а при длительном хранении (более года) частично инактивируется. Определение диастазы основано на способности этого фермента расщеплять крахмал.

Диастазное число выражается единицами Готе – это количество мл 1%-ного раствора крахмала, расщепленного за 1 час при температуре 40°С диастазой, содержащейся в 1 г меда (в пересчете на сухое вещество). По стандарту в натуральном меде оно должно быть не менее 7 ед. Готе

Методика определения. В 10 пробирок наливают по 5 мл 5%-ного р-ра исследуемого меда и добавляют 0,25 %-ный раствор крахмала, в первую – 1,25; во вторую- 2,5; и в последующие – 3,75; 5,0; 6,25; 7,5; 8,75; 10,0; 11,25; 12,5 мл. Пробирки закрывают пробками, растворы тщательно перемешивают и помещают в водяную баню на 12 минут при температуре 40 С.

После выдержки в водяной бане пробирки охлаждают, в каждую пробирку добавляют по 2 капли раствора йода. Последняя слабоокрашенная пробирка перед рядом обесцвеченных соответствует диастазной активности испытуемого меда. Например, если это была первая пробирка, то диастазное число равно 5 ед. Готе; вторая – 10; третья – 15; четвертая – 20; пятая – 25, и т.д.

Результаты определения диастазного числа представлены в таблице 5.

Таблица 5.

| № пробирки | Диастазное число меда | | |
|------------|-------------------------|---------------|---------------|
| | Обесцвечивание раствора | | |
| | Эспарцетовый мед | Узгенский мед | Таласский мед |
| 1 | - | - | + |
| 2 | - | - | - |
| 3 | - | - | - |
| 4 | - | - | - |
| 5 | - | - | - |
| 6 | - | - | - |
| 8 | - | - | - |
| 9 | - | - | - |
| 10 | - | - | - |
| | Диастазы нет | Диастазы нет | 7 ед. Готе |

В серии пробирок образцов меда, произведенных в Нарынской и Ошской области обесцвечивания раствора не произошло, что свидетельствует об отсутствии диастазы. В серии пробирок образца меда, произведенного в Таласской области частичное обесцвечивание произошло в первой пробирке и диастазное число данного меда равно 7 ед. Готе.

1.7. Определение количества инвертированного сахара

Инвертированный сахар – смесь моносахаридов, в основном глюкозы и фруктозы. Содержание его в меде менее 70% свидетельствует о его фальсификации. Количество инвертированного сахара определяют ферроцианидным методом, основанным на окислении сахара в щелочном растворе железосинеродистого калия (красной кровяной соли). Индикатором служит метиленовая синь, которая при избытке сахара переходит в бесцветное лейкосоединение.

Определение инвертированного сахара производилось качественно (предельный метод) При предельном методе определения в колбочку наливают 10 мл 1%-ного раствора красной кровяной соли, 2,5 мл 10 %-ного раствора едкого натра и 5,8 мл 0,25 %-ного раствора меда. Содержимое колбочки нагревают, кипятят в течение 1 мин. и прибавляют 1 каплю 1%-ного раствора метиленовой сини. Если жидкость обесцвечивается, то в меде

инвертированного сахара больше 70%, в противном случае инвертированного сахара меньше 70%, и такой мед фальсифицирован. Результаты качественного определения содержания инвертированного сахара представлены в таблице 6.

Таблица 6.

Содержание инвертированного сахара в меде

| Объект исследования | Качественная реакция | Количество инвертированного сахара |
|--|-----------------------|------------------------------------|
| Мед "Эспарцетовый" (Нарынская область) | Полное обесцвечивание | >70% |
| Мед "Узгенский" (Ошская область) | Полное обесцвечивание | >70% |
| Мед "Таласский" (Таласская область) | Полное обесцвечивание | >70% |

Исходя из полученных результатов все три образца меда содержат более 70 процентов инвертированного сахара, что соответствует установленным нормам.

1.8. Определение содержания тяжелых металлов

Для определения содержания тяжелых металлов образцы меда были отправлены в Центральную лабораторию при Государственном агентстве по геологии и минеральным ресурсам, где был произведен атомно-эмиссионный спектральный анализ. Результаты анализа представлены в таблице 7.

Таблица 7.

Содержание тяжелых металлов в меде

| № | Объект исследования | Mn | Co | Mo | As | Zr | Pb | Cu | Ag | Cd | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | K ₂ O |
|---|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|
| | | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | Мед "Эспарцетовый" | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,12 | - |
| 2 | Мед "Узгенский" | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | 4 | 0,12 | 1,5 |
| 3 | Мед "Таласский" | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,12 | - |

Продолжение таблицы 7.

| № | Объект исследования | Mn | Co | Mo | As | Zr | Pb | Cu | Cd | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | K ₂ O |
|---|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------------------|
| | | мг/кг | мг/кг | мг/кг | мг/кг | мг/кг |
| | Пдк | | | | | | | 1 | | | | 0,5 | 2 | 1 |
| 1 | Мед "Эспарцетовый" | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,01 | - |
| 2 | Мед "Узгенский" | - | - | - | - | - | - | 0,002 | - | - | - | 0,004 | 0,001 | 0,0015 |
| 3 | Мед "Таласский" | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,02 | - |

Загрязнение окружающей среды (воздуха, почвы, воды) прямо или косвенно влияет на жизнедеятельность животных и насекомых, в том числе пчел и, соответственно, на продукты пчеловодства. В связи с этим возникает необходимость исследования меда на содержание тяжелых металлов.

Результаты определений показывают, что все образцы меда не содержат тяжелые металлы, то есть являются безопасными. Но в образце меда, произведенном в Ошской области, были обнаружены оксиды железа, кальция, калия, а также медь. В образцах меда, произведенных в Нарынской и Таласской областях, также обнаружен оксид кальция.

Оксид железа (пищевая добавка E172) в пищевой промышленности используется в качестве красителя для окраски пищевых продуктов в желтые, оранжевые, красные, коричневые и черные цвета.

Оксид кальция (E529) в пищевых продуктах кондитерского и хлебопекарного производства способен поддерживать определённое значение pH, тем самым регулировать их кислотность.

Выводы:

На основании проведенных исследований было установлено, что:

- по органолептическим показателям образцы меда, произведенные в Ошской и Таласской области соответствуют установленным нормам, а образец меда, произведенный в Нарынской области имеет посторонний запах и привкус;
- в своем составе все образцы меда не имеют примеси сахарной патоки и падевого меда;
- содержание влаги во всех трех образцах меда соответствует установленным нормам и не превышает 21%;
- кислотность образцов меда превышает установленные нормы;
- диастазное число образца меда, произведенного в Таласской области, составило 7 ед. Готе, а в образцах меда произведенных в Ошской и Нарынской областях – диастазы обнаружено не было. Причиной отсутствия диастазы могло быть нагревание меда свыше 60°С;
- содержание инвертированного сахара во всех образцах меда превышает 70 %, что свидетельствует о натуральности меда;

• в образцах меда не были обнаружены тяжелые металлы, но в образцах меда, произведенных в Нарынской и Таласской областях обнаружены оксид кальция, а в образце меда, произведенного в Ошской области помимо оксида кальция, обнаружены оксиды железа и калия, а также медь. Оксиды железа и кальция могли целенаправленно вносить в состав меда, с целью улучшения его цвета, а также регулирования кислотности.

Таким образом, мед, произведенный в Ошской, Таласской и Нарынской областях не является фальсифицированным, но вследствие возможного нагревания выше 60⁰С и нарушения условий хранения он практически утратил свои полезные свойства. Повышенная кислотность свидетельствует о начавшемся процессе брожения.

Список использованной литературы

1. Определение качества пчелиного меда. Сверидова А. П., Копоть О. В.- Гродно: ГГАУ, 2007- 37 с.
2. Харчук Ю.А. Мед и продукты пчеловодства / Ю.А Харчук.- Москва: Подворье, 2007- 356 с.
3. Чернигов В.Д. Мед – методики проверки и анализа, другие продукты пчеловодства/ В.Д. Чернигов.- Минск: Урожай, 2009-396 с.
4. <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/94681>
5. <http://beejournal.ru/med/482-optimizatsiya-kontrolya-kachestva-meda>

УДК: 661.249.21.002.8

К ВОПРОСУ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

Джунушалиева Тамара Шаршенкуловна, д.х.н., профессор, КГТУ им. И.Раззакова 720044 г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: kgtuchemie@yandex.ru

Баткибекова Минира Баткибековна, д.х.н., профессор, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, Тел: 0312 545129, e-mail: MB051@yandex.ru

Борбиева Дамира Балтабаевна, к.х.н., доцент, КГТУ им. И.Раззакова 720044 г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: hiht@list.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований по утилизации отходов гальванических цехов при переработке сульфидных руд. Разработан способ извлечения сульфата натрия из отработанного электролита сурьмяного производства. Полученный продукт по своим качествам может быть использован в производстве стекла. Утилизация отходов гальванических цехов способствует улучшению экологической обстановки в регионе.

Ключевые слова: отходы, сурьмяное производство, отработанный электролит, производство стекла

TO THE QUESTION OF THE WASTES UTILIZING OF GALVANIC SHOPS

Djunushaliev Tamara Sharshenkulovna, d.ch.sc., professor, dean of the Technological faculty of the KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044 , Bishkek, pr. Ch. Aitmatov 66, e-mail: kgtuchemie@yandex.ru

Batkibekova Minira Batkibekovna, d.ch.sc., prof., director of the Scientific-Research Institute of chemistry technolog of the KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044 , Bishkek, pr. Ch. Aitmatov 66 , e-mail: MB051@yandex.ru

Borbieva Damira Baltabaevna, c.ch.sc., professor, head of department of chemistry and chemical technology of the KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek, pr. Ch. Aitmatov 66, e-mail: hiht@list.ru

Annotation. The results of researching of the wastes utilizing of galvanic shops in the processing of sulfide ores are presented in this article. The method of sodium sulfate extracting from spent electrolyte of antimony production was developed. The resulting product in its qualities can be used in the production of glass. The wastes utilizing of galvanic shops helps to improve the environmental situation in the region.

Key words: wastes, antimony production, spent electrolyte, production of glass.

Введение. Проблема комплексной переработки сурьмяного сырья и отходов производства становится все более значимой вследствие "обеднения" сырья и негативного воздействия отходов на экологию регионов. Основным сырьевым источником производства сурьмы и ее соединений на ОАО "Кадамжайский сурьмяный комбинат" (ОАО КСК) является привозное сырье, содержащее сурьму, благородные металлы и токсичные примеси, такие как мышьяк. Вторичное сырье (сурьмяная пыль, мышьяковистый рафшлак), а также отработанный электролит сурьмяного производства являются дополнительным источником для получения сурьмы и ее соединений, сульфида и оксида мышьяка, а также сульфата натрия.

Образующиеся в результате производства сурьмы сбросные воды содержат сурьму (5 г/л), которая находится как в анионной, так и в катионной форме (SbS_3^{3-} , SbS_4^{3-} , Sb^{3+} , Sb^{5+}). Помимо сурьмы в составе сбросных вод содержится отработанный сульфидно-щелочной электролит гидрометаллургического цеха, имеющий высокие концентрации сульфидных, сульфатных, тиосульфатных и полиитионатных солей, сумма которых достигает 300-500 г/л. Состав электролита приведен в табл. 1.

Таблица 1

Состав электролита [4]

| Исходный раствор | Состав, г/л | | | | | | | |
|------------------|-------------|--------|------------------|--------------|-------|-------------------|----------------|----------------|
| | сурьма | мышьяк | сернистый натрий | едкий натрий | сода | тиосульфат натрия | сульфат натрия | сульфит натрия |
| Электролит | 2-5 | 1-2 | 120 | 5-10 | 30-40 | 20-40 | 10-15. | 60-70 |

В соответствии с [4] отработанный электролит практически не сбрасывают, а используют в производстве пятисернистой сурьмы и для нейтрализации кислых газов на установке пылеулавливания. Следующим источником образования стоков завода являются щелочные и кислые воды производства пятисернистой сурьмы (табл. 2). Эти воды смешивают между собой и направляют в заводские общие стоки. При смешивании и нейтрализации их выделяется сероводород.

Таблица 2

Состав сточных вод производства пятисернистой сурьмы и пылеуловительной установки [4]

| Показатели | Сточные воды | |
|------------------|--------------------------------|----------------------------|
| | отделения пятисернистой сурьмы | пылеуловительной установки |
| Цвет | Желто-оранжевый | Без цвета |
| Запах | Без запаха | Без запаха |
| Прозрачность, см | 2 | Прозрачные |

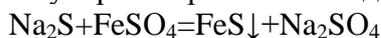
| | | |
|------------------------------------|-----------|-----------|
| рН | 5,6 | 7,9 |
| Окисляемость, мг KMnO ₄ | Не опред. | 17,6 |
| Примеси, мг/л: калий | 26,2 | 17,6 |
| натрий | 251 | 24,6 |
| кальций | 320 | 18,9 |
| магний | 7,6 | 3,4 |
| цинк | 2,3 | Не обнар. |
| свинец | 0,06 | 0,1 |
| сурьма | 31 | 0,05 |
| мышьяк | 3 7 | Сл. |
| полуторные окислы | 46,5 | 0,3 |
| сульфаты | 582,8 | 42,3 |
| хлориды | 1 205,6 | 18,5 |
| сульфиды | 1 862,8 | Не обнар. |
| взвешенные | 288 | 2,38 |
| сухой остаток | 13 650 | 120,8 |

Что концентрация сульфидов и сульфатов снижена в сравнении с исходным содержанием их в электролите за счет нейтрализации его кислыми газами. Содержание сурьмы и мышьяка уменьшается во много раз.

Действующее законодательство в целях защиты окружающей среды строго регламентирует порядок сброса промышленных стоков в водоемы общего пользования.

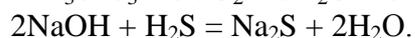
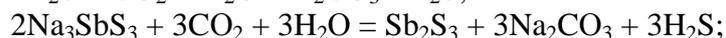
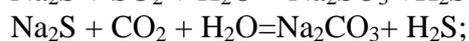
Из приведенных в табл. 1-2 данных очевидно, что стоки металлургических производств, содержащие повышенные концентрации сурьмы, мышьяка, сульфидов, хлоридов и других примесей, не могут быть сброшены без предварительной очистки.

Методы очистки от солей натрия достаточно разнообразны. Наиболее простым методом очистки сточных вод от сульфидов натрия является обычная аэрация. Более полную очистку сточных вод осуществляют обработкой их сульфатом железа. При этом образуется сернистое железо, имеющее крайне малую растворимость в воде (0,00005 мг/л):



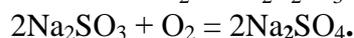
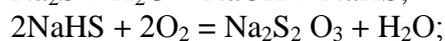
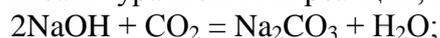
Сульфидно-щелочные растворы сурьмяного производства можно обрабатывать топочными газами отражательных печей, содержащих до 15-18% CO₂ и 0,5-1% SO₂.

В процессе обработки раствора газами протекают реакции:



Более 50% сбросного электролита удастся разложить и нейтрализовать отходящими топочными газами от сульфида, а затем сульфита натрия [4].

В [3] предложен метод выделения солей из сульфидно-щелочного электролита путем упаривания с применением горелок погружного типа. В процессе упаривания концентрация едкого натра уменьшается вследствие его карбонизации и увеличения концентрации тиосульфата натрия и сульфата натрия. Происходящие при упаривании процессы могут быть описаны уравнениями реакций, приведенными ниже:



Выход солей после упаривания растворов составляет около 47% от массы исходного раствора. Полученные соли могут быть использованы в качестве флюса при отражательной плавке сурьмяного сырья. В табл. 3 приведено изменение состава растворов и осадка солей в процессе упаривания электролита.

Изменение состава растворов и осадка солей в процессе упаривания электролита [3]

| Сернистый натрий | | Углекислый натрий | | Едкий натр | | Тиосульфат натрия | | Сульфат натрия | |
|------------------|----------|-------------------|----------|--------------|----------|-------------------|----------|----------------|-------------|
| Раствор, г/л | Осадок % | Раствор, г/л | Осадок % | Раствор, г/л | Осадок % | Раствор г/л | Осадок % | Раствор г/л | Осадок % |
| 138, 84 | - | 99,64 | - | 8, 0 | - | 43, 45 | - | 18, 11 | - |
| 118, 56 | 16, 38 | 63,6 | 12, 72 | 7, 2 | Не | 51, 35 | 4, 74 | 18, 9 | 2, 52 |
| 145, 52 | - | 84, 8 | - | Не обнар. | то же | 51,35 | - | 30, 71 | - |
| 141, 48 | 2, 34 | 118, 72 | 23, 32 | то же | //-// | 79, 0 | 9, 48 | 29, 92 | 9, 45 |
| 118, 56 | 16,38 | 129, 32 | 16, 96 | 8,0 | //-// | 142, 2 | 5, 92 | 8, 66 | Не |
| 137, 28 | - | 50, 88 | - | 12, 0 | //-// | 55, 3 | - | 28, 35 | - |
| 88.92 | 14, 82 | 106, 0 | 20, 14 | 37, 6 | //-// | 154, 05 | 3, 16 | 17, 3 | 1, 89 |
| | 20, 67 | | 11, 66 | - | //-// | | 1,58 | - | Не обнар |

Авторы [5] также предлагают для нейтрализации щелочного раствора мышьяка использовать отходы пятисернистого цеха АО КСК (кислые стоки, содержащие серную кислоту). При взаимодействии с серной кислотой выделяется сероводород, который, реагируя с мышьяком, образует сульфид мышьяка. После отделения сульфида мышьяка в растворе остается избыток серной кислоты и балластные соли. Нейтрализацией избытка серной кислоты сбросного электролита до $pH=6$ и окислением балластных солей пероксидом водорода или озоном в растворе получают сульфат натрия (содержание 350 - 400 г/л). Упарив раствор, получают чистый сульфат натрия, пригодный для составления шихты [5].

Интересными являются результаты исследований по окислению кислородом воздуха сульфидов в присутствии катализаторов [1]. В качестве катализаторов испытывали гидроокись железа и его соли, соли меди, марганца, а также активированный уголь. Высказано предположение о влиянии pH растворов на скорость реакции окисления и состав образующихся продуктов. При окислении серы получают целый ряд продуктов:



Применение в качестве катализаторов гидроксидов и солей меди, марганца, железа, кобальта и никеля во всех случаях первоначально приводит к образованию сульфидов: CuS , MnS , Fe_2S_3 , CoS , NiS , которые затем окисляются кислородом воздуха, но уже более медленно. В связи с частичным сокращением производства на ОАО КСК отработанный сульфиднощелочной электролит сбрасывается в соленакопитель, а затем, после выборки, вновь направляется на производственные нужды.

Цель работы – разработка способа извлечения сульфата натрия из отработанного сульфиднощелочного электролита ОАО КСК.

Экспериментальная часть. Исследуемый электролит имеет $pH=14$ и содержит анионы SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , S^{2-} , преобладающим катионом является ион Na^+ . Сущность способа извлечения сульфата натрия заключается в обработке сбросного электролита определенным образом (патентуется). Образующаяся после выпаривания серая масса с зеленоватым оттенком содержит вышеуказанные анионы и катионы. Содержание сульфат-иона определялось весовым методом осаждением последнего $BaCl_2$. На основании этого анализа содержание сульфата Na в полученном образце составляет 88-90%.

Полученный образец подвергнут спектральному анализу на двухструйном плазмотроне. Результаты анализа приведены в табл. 4.

Данные спектрального анализа образца

| Элемент | Содержание, % |
|--------------------|---------------|
| Na | 50,4 |
| B | 0,0013 |
| Si | 0,062 |
| P | 0,08 |
| Al | 0,012 |
| Mn | следы |
| Fe | 0,095 |
| Sb | 0,18 |
| Mg | 0,13 |
| Mo, Pb, Sn, Ni, Zn | следы |
| Ca | 0,27 |
| Ti | 0,0012 |
| S ₂ | 0,03 |
| K | 0,14 |

В соответствии с данными анализа преобладающим элементом в обработанном сбросном электролите является натрий (50,4%). Сопутствующими элементами являются бор, кремний, алюминий, железо, сурьма, магний, кальций, титан, сера и калий. Обнаружены марганец, молибден, свинец, олово, никель, цинк.

Известно, что сульфат натрия является существенным видом сырья для многих отраслей промышленности. В стекловарении сульфат натрия служит заменителем соды, в значительных количествах он применяется в целлюлозно-бумажной, кожевенной, текстильной, мыловаренной и других отраслях промышленности [2].

В соответствии с вышеуказанным полученный из отработанного электролита образец сульфата натрия был подвергнут исследованию на предмет использования его в качестве промышленного сырья в стекольном производстве AINEK Industries Ltd (г. Бишкек). Результаты испытаний химического состава представленного образца Na₂SO₄ в заводской лаборатории указанного предприятия приведены в табл. 5. Здесь же приведены данные нормативных показателей (ГОСТ 6318-77 для марки сульфата Na Б (ОКП 214 III 020001).

Таблица 5

Данные по химическому составу образца сульфата натрия, полученного из сбросного электролита АО КСК

| Наименование показателей | Норма, % | Установлено анализом | Примечание |
|--|---|----------------------|--|
| Внешний вид | Порошок или гранулы белого цвета, допускается сероватый оттенок | | |
| 1. Доля сернокислого натрия, %, не менее | 94 | 94,96 | 1. Нормы даны в соответствии с ГОСТ 6318-77 для марки Б (ОКП 214 111 02003). 2. Образец обладает резким запахом, не характерным для сернокислого натрия, используемого на данном предприятии. |
| 2. Доля нерастворимого остатка, %, не более | 4,5 | 1,3 | |
| 3. Доля сернокислого кальция, %, не более | 1,0 | 0,05 | |
| 4. Доля ионов магния, не более | не нормируется | 0,02 | |
| 5. Доля железа в перерасчете на Fe ₂ O ₃ | 0,03 | 0,05 | |
| 6. Доля воды, не более | 7,0 | 2,0 | |

Анализ полученных данных свидетельствует, что в целом представленный образец сульфата натрия, полученный из сбросного электролита ОАО КСК, отвечает требованиям соответствующего ГОСТА (доля сернокислого натрия по ГОСТУ, % - не менее 94%, доля Na_2SO_4 в представленном образце 94, 96 %; доля нерастворимого остатка по ГОСТУ, % - не более 4, 5; в представленном образце - не более 1, 3% и т.д.) и может быть использован в качестве промышленного сырья в производстве стекла.

Помимо получения из сбросного электролита промышленного сульфата натрия разработанный метод позволяет уменьшить экологическую опасность сбросного электролита за счет извлечения из него ионов Na^+ , SO_4^{2-} .

Выводы: В целях утилизации отходов гальванических цехов сурьмяного производства разработан способ извлечения сульфата натрия из отработанного электролита. Возможно использование полученного продукта в производстве стекла.

Литература

1. Алферова Л.А. Очистка производственных сточных вод/ Л.А.Алферова, Г.А. Титова -Москва: Стройиздат, Внииводгео - 1969, N4. - С. 67 - 74.
2. Горбанев Л. И. Сульфат натрия / Л.И. Горбанев В.Я., Миколина -Москва: Госхимиздат. 1954. - 233 с.
3. Кучин В.В. Труды Средазнипроцветмета / В.В.Кучин, Н.Н. Михайлов, В.П.Ким. - Ташкент, Средазнипроцветмет, - 1968. - №1. - С. 72-77.
4. Мельников С.М. Сурьма / С.М.Мельников, А.А.Розловский, А.М. Шуклин А.М. и др. - Москва: Металлургия, 1997. - 536 с.
5. Усубакунов М.У. Безотходная экологически чистая технология получения сурьмяного кека, сульфида мышьяка, сульфата натрия из вторичного сырья и отходов комбината / М.У.Усубакунов, О. Сатыбалдиев, Р.Базакеев / Наука и новые технологии. - 1997. – №1. -С. 88 - 92.

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.331

**ВЫБОР РОДА ТОКА ДЛЯ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
МОНГОЛИИ**

*Алтангэрэл ЭНХ-АМГАЛАН Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), 644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, Аспирант кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», ОмГУПС, Инженер Локомотивного депо Улан-Батор, АО «УБЖД» Тел.: (+976) 86119909.
E-mail: enkhamgalan0203@gmail.com*

Аннотация. Рассмотрены опыт электрификации железных дорог России и обоснование выбор рода тока для электрификации железных дорог Монголии. Выполнен расчет максимальной массы состава вагонов грузовых поездов электровоза переменного тока 2ЭС5К и электровоза постоянного тока 2ЭС6 в условиях Транс-Монгольской магистраль Улан-Баторской железной дороги. Представлено обоснование выбор рода тока для электрификации железных дорог Монголии.

Ключевые слова: железная дорога, электрификация, рода тока, тяга, электровоз.

**THE CHOICE OF TYPE OF CURRENT FOR RAILWAY ELECTRIFICATION OF
MONGOLIA**

ENKH-AMGALAN Altangerel Omsk State Transport University (OSTU), 35 Marx av., Omsk, 644046, Russia, Graduate student of the department « Rolling stock of electric railways», OSTU, Engineer of Locomotive depot of Ulaanbaatar, JSC Ulaanbaatar railway, Phone: (+976) 86119909. E-mail: amгаа_02_03@yahoo.com

Abstract. The experience of electrification of Railways in Russia and the rationale for the choice of the type of current for electrification of Railways in Mongolia are considered. The calculation of the maximum mass of freight train cars of the electric locomotive AC 2ES5K and DC electric locomotive 2ES6 in the conditions of the TRANS-Mongolian highway Ulan-Bator railway. Presents the rationale for the choice of type of power for the electrification of Railways of Mongolia.

Keywords: railway electrification, traction, locomotive, type of current.

В соответствии с Энергетической стратегией Монголии на период до 2010 года и на перспективу до 2040 года одним из перспективных направлений развития является повышение энергетической эффективности и ресурсосбережение.

Одним из важнейших вопросов при принятии решения об электрификации участка железной дороги или строительства новой электрифицированной линии является выбор рода тока. Исторически сложилось, что электрификация железных дорог на первом этапе осуществлялась на постоянном токе, что было обусловлено существовавшим в тот период уровнем развития науки и техники. В последующем стала широко применяться при электрификации железных дорог система переменного тока. В настоящее время доля систем тягового электроснабжения (далее СТЭ) постоянного и переменного тока на сети железных дорог мира примерно составляет 43% и 57% соответственно [1], а решение о выборе той или

иной системы для вновь электрифицируемых участков принимается с учетом рода тока смежных электрифицированных участков. В случае электрификации протяженных участков железных дорог, граничащих с участками постоянного и переменного тока, в последнее время применяют СТЭ переменного тока.

Мировой опыт применения различных систем электрической тяги постоянного и переменного тока однозначно свидетельствует о преимущественном использовании системы переменного тока промышленной частоты напряжением 25 кВ. Подтверждает это и многолетний опыт эксплуатации электрифицированных железных дорог России.

Так, капитальные затраты на электрификацию даже с учетом реконструкции линии связи при переменном токе на 15 - 18 % ниже, чем при постоянном. Число тяговых подстанции меньше в 2 - 3 раза, они существенно проще, в результате чего значительно ниже расходы на их техническое обслуживание. Легче контактная подвеска – экономия меди составляют более 2 т на 1 км. Полностью снимается проблема износа контактных проводов и их периодической замены, исключается электрокоррозия опор контактной сети и подземных сооружений.

Опыт Российских железных дорог показывает, что электрифицированные участки переменного тока имеют более высокую энергетическую эффективность, меньшие на 5 - 6 % суммарные потери энергии на тягу; на них практически не ограничивается весовая норма поездов. При равных объемах работы на участках переменного тока требуется на 15 - 20 % меньше локомотивов и локомотивных бригад. Повреждаемость устройств электроснабжения и ЭПС (с бесколлекторным приводом) также заметно ниже. В результате себестоимость перевозок на участках переменного тока почти на 20 % меньше, чем при электротяге постоянного тока.

Для каждой из названных систем тягового электроснабжения существует своя «ниша» по объему перевозок (на рис. 1 они заштрихованы), в которой перевозочный процесс реализуется с оптимальной энергетической эффективностью. Границы этих «ниш» зависят от многих факторов и прежде всего от стоимостных, но для каждого конкретного участка эти границы вполне определены. Далее показано, что эти границы связаны с обеспечением максимальной провозной способности электрифицируемого участка.

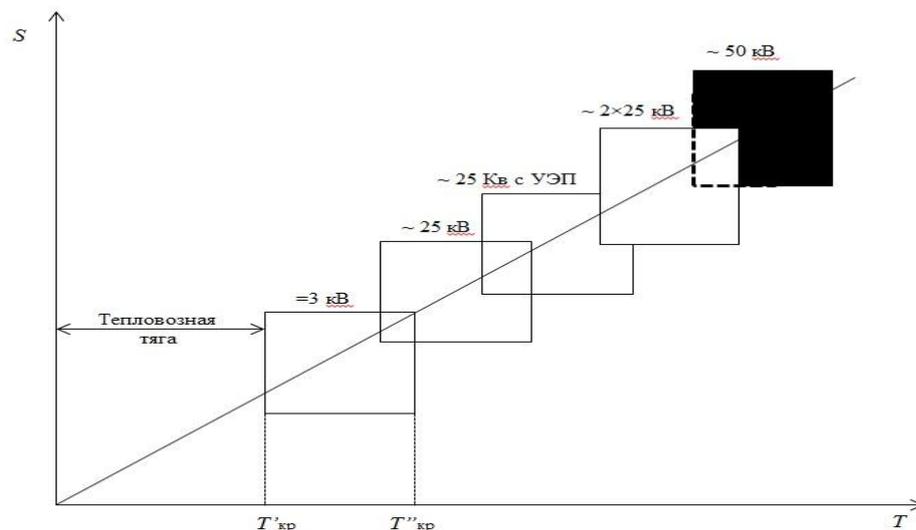


Рисунок 1. Зоны целесообразного применения различных систем тягового электроснабжения по условиям оптимальной энергетической эффективности:

$T'_{кр}$, $T''_{кр}$ – критический грузооборот, при котором целесообразен перевод соответственно с тепловозной тяги на электрическую и с постоянного тока на переменный; S – среднегодовое потребление электроэнергии на 1 км электрифицированной линии.

Энергетическая «гибкость» системы электроснабжения переменного тока была подтверждена в процессе ее реализации на Байкало-Амурской магистрали (БАМ). Спроектированная первоначально для БАМа система электроснабжения (2×25 кВ) была рассчитана на максимальные размеры перевозок; она оказалась избыточной при их спаде, что объясняется повышенными потерями энергии холостого хода в автотрансформаторах. Консервация автотрансформаторов и переход на систему 2×25 кВ с экранирующими и усиливающими проводами (ЭУ), в качестве которых используются провода системы 2×25 кВ, позволили оптимально согласовать по энергетическим показателям систему электроснабжения с грузонапряженностью участка. На постоянном токе таких возможностей нет [1].

Исходя из очевидных преимуществ электрической тяги переменного тока, не случайно в ряде стран начали переводить отдельные «старые» участки с постоянного тока на переменный (Франция, Индия и др.). Пример подала Россия, где впервые в мировой магистральном участке Транссибирской магистрали Зима – Слюдянка (длина 386 км), работающего в условиях высокой грузонапряженности. Уникальная технология перевода этого участка на переменный ток достойна внимания специалистов. Провода контактной сети переменного тока расположили на вновь установленных опорах.

Тяговые подстанции на постоянном токе размещаются на расстоянии 10 – 25 км одна от другой. Тяговые подстанции на переменном на расстоянии 40 – 60 км.

При условии, что тяговые подстанции будут расположены на расстоянии 20 км друг относительно друга выполним расчет ориентировочного количества тяговых подстанций при электрификации системы на постоянном токе УБЖД. Общая протяженность линий составляет 1100 км, тогда ориентировочное количество тяговых подстанций составит:

$$1110\text{км} : 20 \text{ км} = 55,5 \approx 56 \text{ шт} \quad (1)$$

При условии, что тяговые подстанции будут расположены на расстоянии 50 км друг относительно друга выполним расчет ориентировочного количества тяговых подстанций при электрификации системы на переменном токе УБЖД. Общая протяженность линий составляет 1100 км, тогда ориентировочное количество тяговых подстанций составит:

$$1110\text{км} : 50 \text{ км} = 22,2 \approx 22 \text{ шт} \quad (2)$$

Схема УБЖД с указанием мест расположения тяговых подстанций в случае электрификации на переменном токе. Так в результате электрификации на токе потребуются в 2,5 раза меньшее количество тяговых подстанций. Более высокое напряжение в контактной сети и соответственно меньшие токи позволяют увеличить расстояние между тяговыми подстанциями. Однако необходимость подачи на тяговые двигатели постоянного тока приводит к удорожанию электроподвижного состава из-за установки тяговых трансформаторов и выпрямителей.

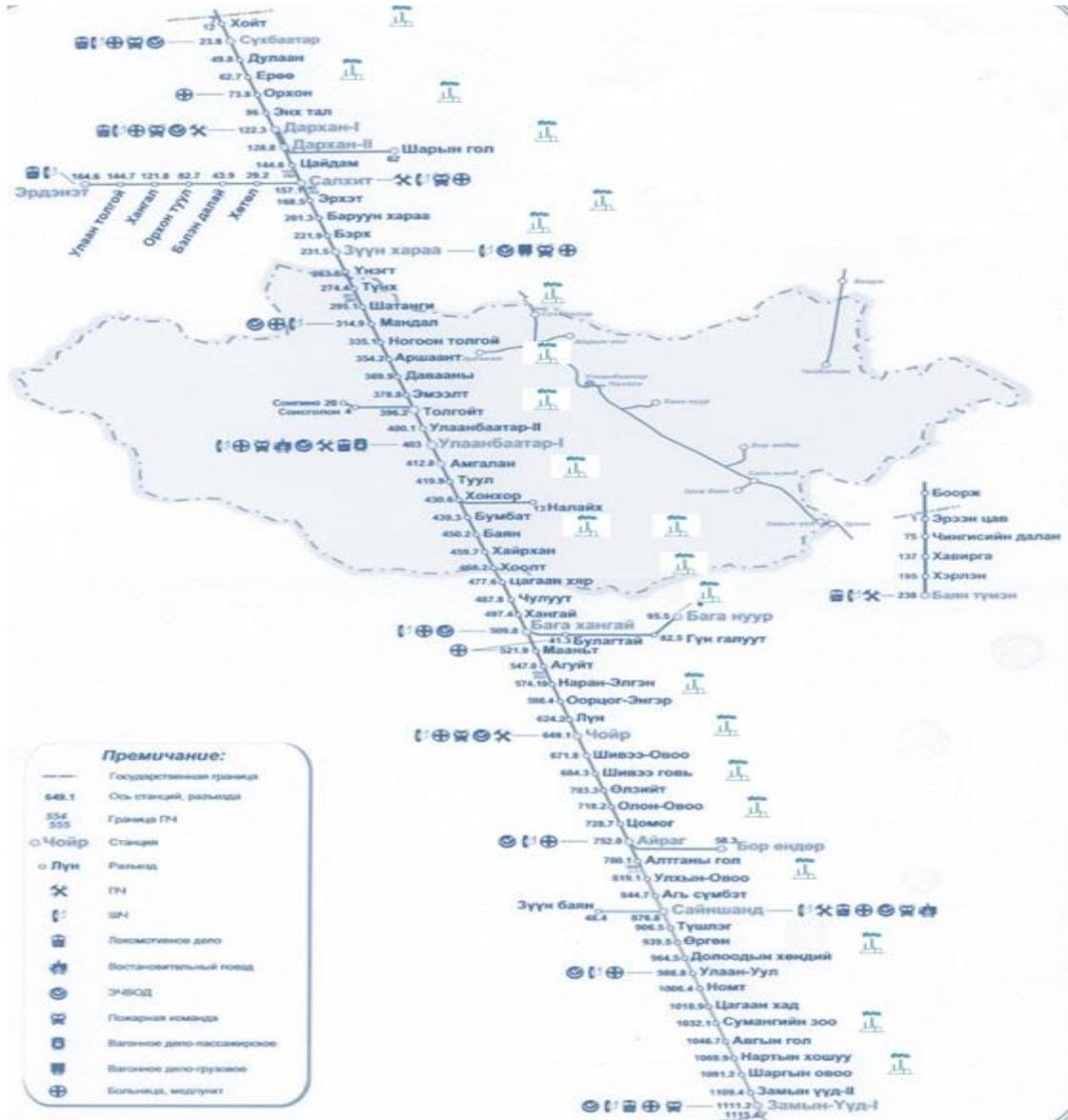


Рисунок 2. Схема УБЖД с указанием мест расположения тяговых подстанций в случае электрификации на переменном токе

Постоянное повышение надежности и экономичности работы устройств электроснабжения на действующих грузонапряженных электрифицированных линиях, своевременное оптимальное изменение параметров устройств в соответствии с нуждами перевозочного процесса – важнейшие задачи как эксплуатационного персонала всех уровней, так и отраслевой науки.

Электрифицированная железная дорога является частью общегосударственного электроэнергетического комплекса и, естественно, подчиняется общим законам его развития. Одно из основных направлений технического прогресса в энергетике – поэтапное повышение ступеней напряжения. Чем выше напряжение линии электропередач, тем выше ее технико-экономические показатели. Это положение справедливо и для тяговых сетей электрифицированных железнодорожных участков.

Анализ показателей работы УБЖД свидетельствует о том, что объемы перевозок ежегодно возрастают (рисунок 3 – 4), при этом средняя масса поезда также увеличивается. Исходя из существующей тенденции, для освоения возросшего объема перевозок через 5 лет, т. е. в 2022 году, среднюю массу поезда потребуется увеличить до 4700-5200 т. Вождение

поездов такой массы используемые на УБЖД в настоящее время тепловозы серии 2ТЭ116УМ и 2М62 не смогут обеспечить из-за недостаточной мощности и силы тяги.

Возможно применение сдвоенной тяги для вождения поездов большой массы, однако при этом значительно возрастают эксплуатационные расходы на тепловозную тягу в основном из-за увеличения расхода топливно-энергетических ресурсов [2].

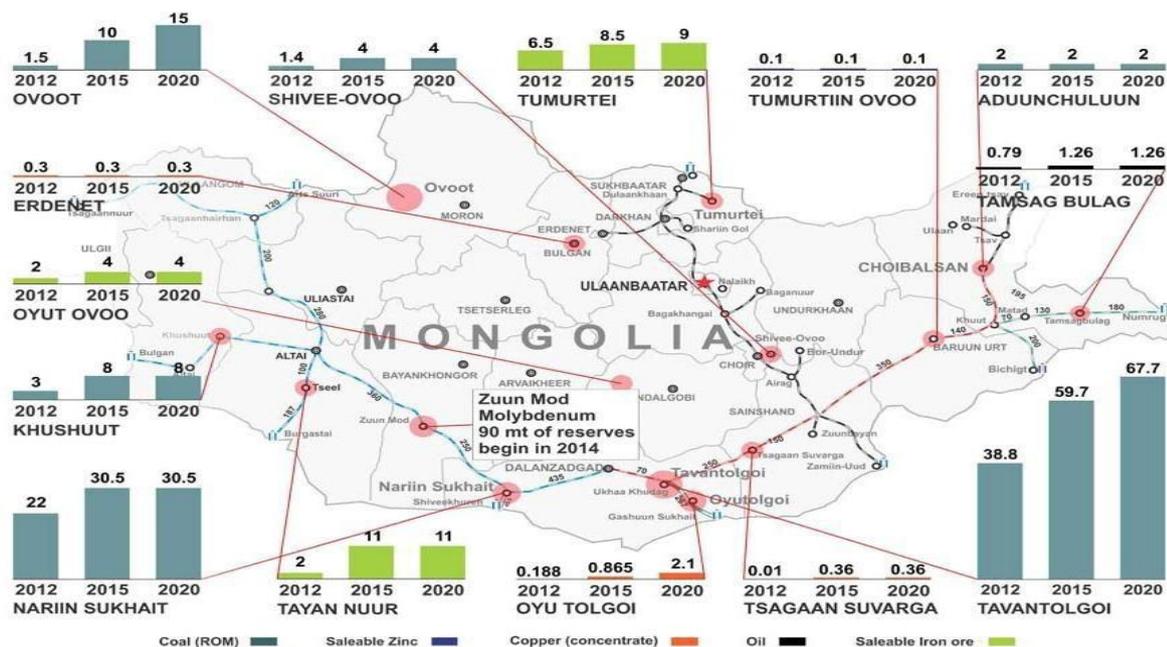


Рисунок 3. – Планируемые внутренние объемы перевозок железнодорожным транспортом добывающей отрасли Монголии

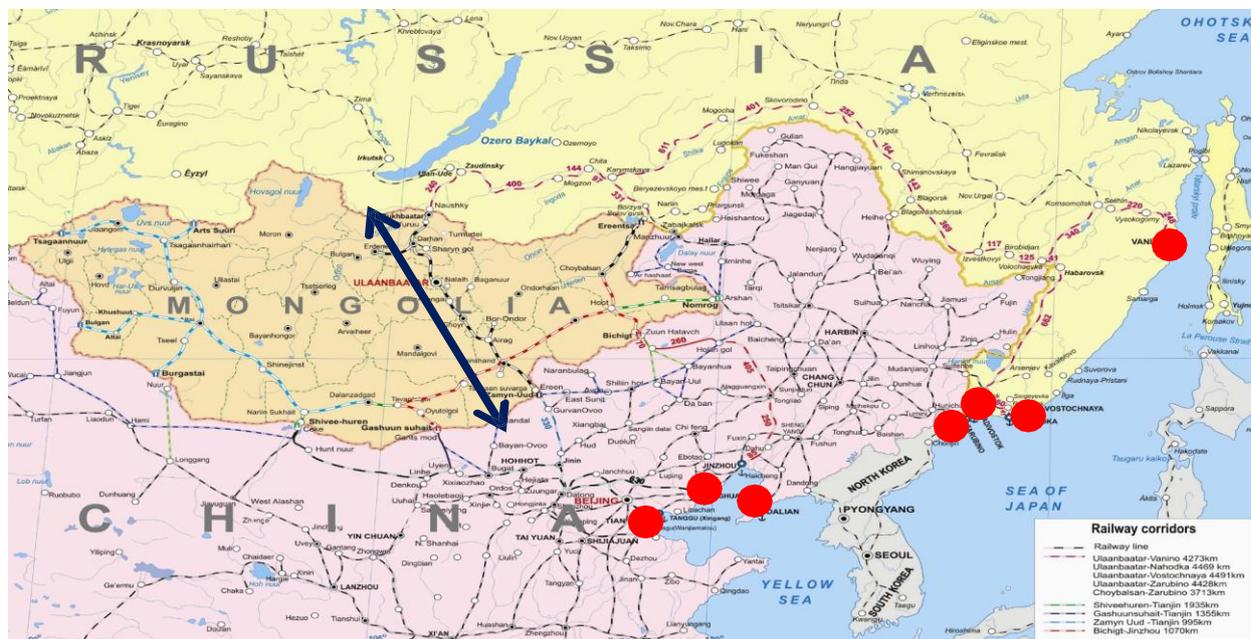


Рисунок 4. – Схема экспортных направлений перевозки железнодорожным транспортом

Исходя из проведенного анализа мирового опыта электрификации эффективность применения участков переменного тока выше, чем на постоянном токе. Однако требуется выполнить научное обоснование выбора рода тока применительно к УБЖД. Для этого необходимо выполнить ряд тяговых и электрических расчетов исходя из реальных условий и

особенностей Улан-Баторской железной дороги. В качестве примера в диссертации рассматривается участок с самым сложным профилем пути Улан-Батор – Зуунхараа. Расчеты по данному участку окажутся лимитирующими в плане мощности тягового подвижного состава, а также параметров системы тягового электроснабжения. По примеру самого сложного участка требуется рассчитать необходимые условия при работе и на других участках УБЖД.

Тяговое плечо Улан-Батор – Зуунхараа (рисунок 5) общей длиной 173 км имеет холмистый (перевалистый) профиль пути с подъемами крутизной до 15-17 ‰ на перегоне Толгойт – Эмээлт и спусками крутизной до 10-11 ‰ в нечетном направлении. При этом общая длина затяжного подъема, расположенного в начале тягового плеча, составляет около 20 км, а на остальной части тягового плеча расположен затяжной спуск длиной около 150 км. В четном направлении тягового плеча Зуунхараа – Улан-Батор расположены преимущественно подъемы крутизной до 10-11‰ общей длиной около 150 км спуски большой крутизны до 15-17 ‰. Спрямленный и приведенный профиль пути тягового плеча Улан-Батор – Зуунхараа представлен на рисунке 5.

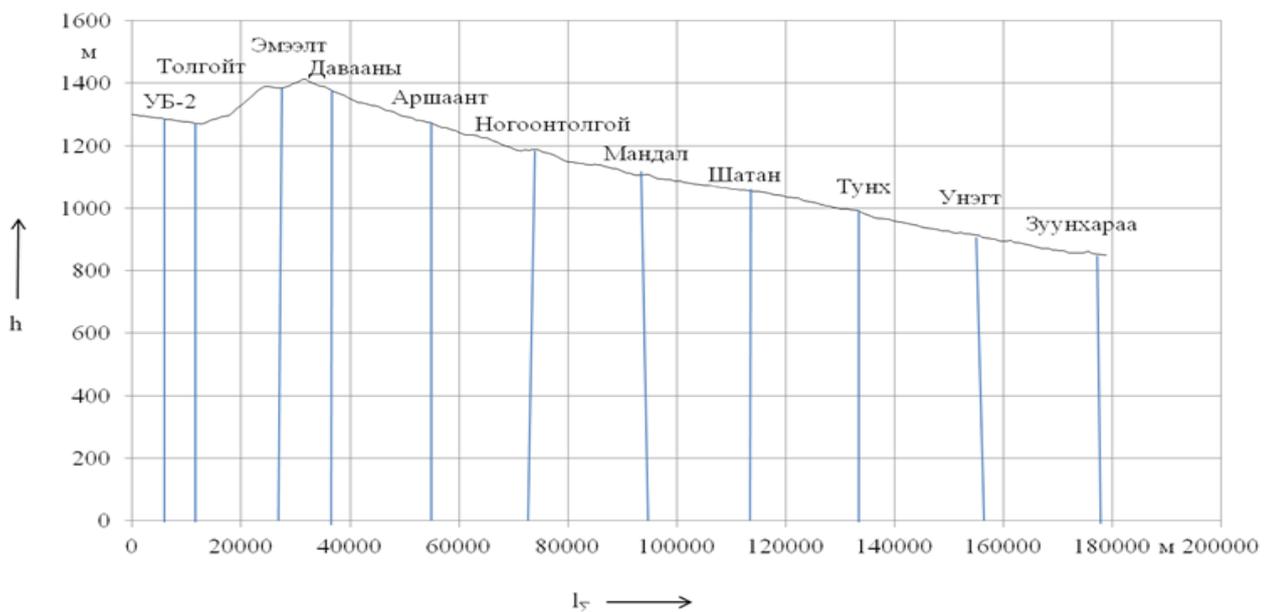


Рисунок 5. – Профиль пути тягового плеча Улан-Батор – Зуунхараа

Режим движения поезда на спусках зависит от их крутизны и протяженности, но в любом случае скорость движения на них не должна превышать максимально допустимую. На коротких спусках сравнительно небольшой крутизны i , которая меньше или равна сумме удельного основного сопротивления движению поезда w_0 и дополнительного сопротивления движению от кривых w_r , т. е. $|i| \leq (w_0 + w_r)$, целесообразно использовать режим выбега. На спусках большой крутизны и длины при $|i| > (w_0 + w_r)$, как правило, необходимо использовать режим торможения, при этом рациональным является режим электрического торможения, позволяющий поддерживать максимально допустимую скорость движения. Ко всему прочему рекуперативное торможение обеспечивает значительную экономию электроэнергии. Расчетные и экспериментальные данные показывают, что за счет применения рекуперативного торможения грузовых поездов массой 3000 т и более на участках с холмистым профилем пути, имеющих протяженные уклоны крутизной до 17 ‰, экономия электроэнергии может достигать 20-30 % и более [3].

Для оценки эффективности применения электрической тяги на участке Улан-Батор-Зуунхараа выполнены тяговые расчеты с учетом Правил тяговых и тормозных расчетов [3-6] с помощью компьютерной программы КОРТЕС [7].

Расчеты выполнены для безостановочного движения грузовых поездов с электровозами 2ЭС5К и 2ЭС6 с установленной скоростью на перегонах и главных путях станций, с минимальным временем хода по участкам с ограничением скорости, с максимальным применением электрического рекуперативного торможения, при нормальных метеорологических условиях.

Параметры и характеристики электровозов 2ЭС5К и 2ЭС6 приняты согласно техническим данным при напряжении на токоприемнике 3000 В и 25000 В и диаметре колес 1250 мм [3, 8].

Расчетные кривые движения грузовых поездов массой 4500 т с электровозом 2ЭС5К переменного тока в нечетном и в четном направлениях на участке Улан-Батор – Зуунхараа приведены на рисунке 6 – а, б. Расчетные кривые движения грузовых поездов массой 4500 т с электровозом 2ЭС6 постоянного тока в нечетном и в четном направлениях на участке Улан-Батор – Зуунхараа приведены на рисунке 6 – в, г.

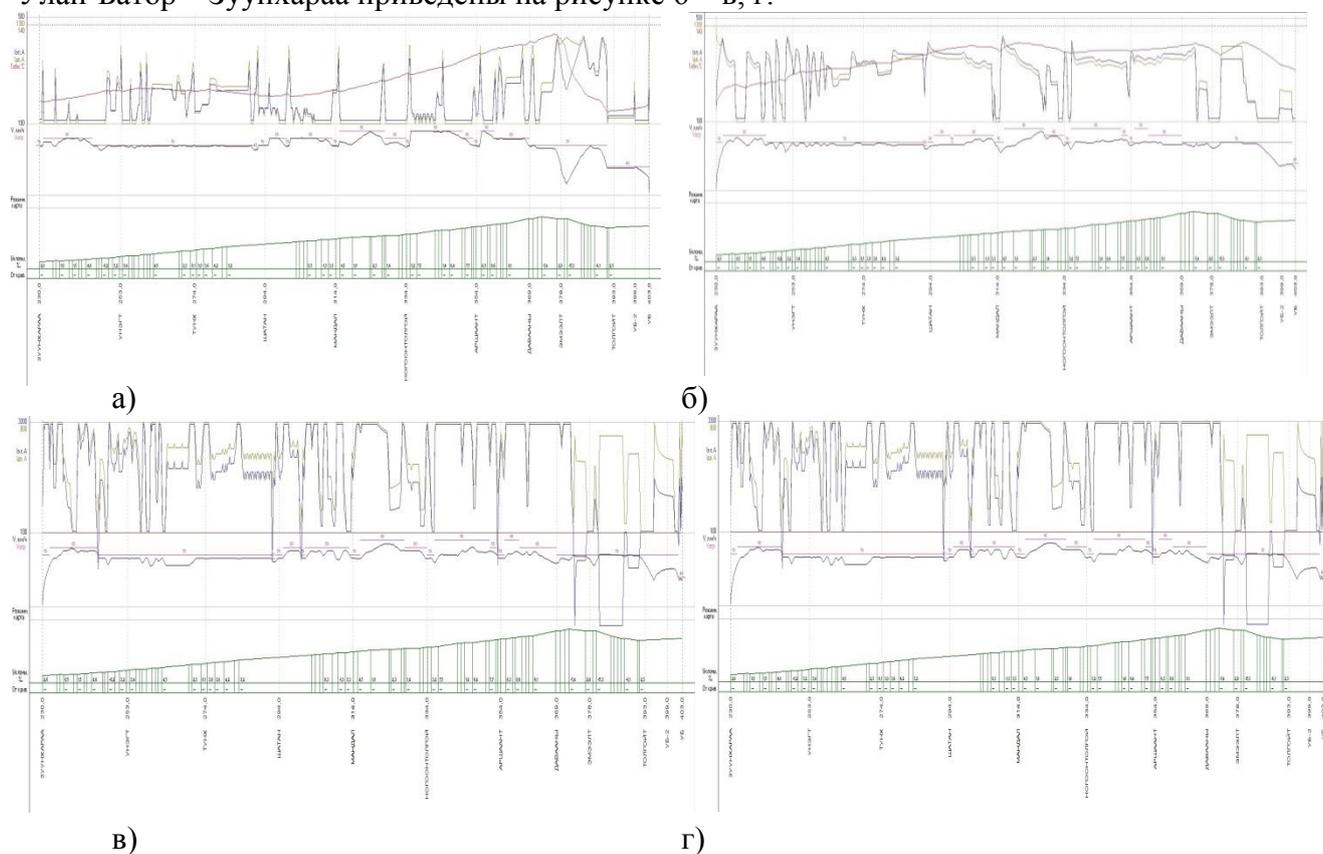


Рисунок 6. – Расчетные кривые движения грузовых поездов

а – переменного тока массой 4500 т с электровозом 2ЭС5К в нечетном направлении на участке Улан-Батор-Зуунхараа; б – переменного тока массой 4500 т с электровозом 2ЭС5К в четном направлении на участке Улан-Батор-Зуунхараа; в – постоянного тока массой 4500 т с электровозом 2ЭС6 в нечетном направлении на участке Улан-Батор-Зуунхараа (с подталкиванием ст. Толгойт-Давааны); г – постоянного тока массой 4500 т с электровозом 2ЭС6 в четном направлении на участке Зуунхараа-Улан-Батор.

На этих рисунках показаны отдельные пункты, крутизна i спрямленных и приведенных элементов профиля пути участка, допускаемая и фактическая скорость движения поезда V , ток тягового двигателя $I_{дв}$, потребляемый из контактной сети в режиме

тяги ток электровоза $I_{эл}$, температура нагрева обмоток тягового двигателя $T_{обм}$. Из кривых движения видно, что максимальная скорость поезда достигает 90 км/ч, максимальный ток тягового двигателя не превышает 1300 А, максимальный нагрев тягового двигателя не превышает 130 °С. Анализ расчетных кривых показывает, что использование системы переменного тока позволит везти поезд общим весом 4500 т, а в случае системы постоянного тока работы с весом поезда 4500 т возможно лишь при использовании подталкивающего локомотива.

Кривые тока электровоза $I_{эл}$ переменного тока, потребляемого из контактной сети в режиме тяги и возвращаемого в режиме рекуперативного торможения на участке Улан-Батор – Зуунхараа в нечетном направлении с грузовыми поездами массой 3000-4500 т максимальный ток электровоза в режиме тяги на перегоне Толгойт – Эмээлт с лимитирующим подъемом крутизной 16...17 ‰ достигает 320-350 А, а в режиме рекуперативного торможения на спусках крутизной до -8...-9 ‰ достигает -70...-110 А. На участке Зуунхараа – Улан-Батор в четном направлении с грузовыми поездами массой 3000-4500 т максимальный ток электровоза в режиме тяги с лимитирующими подъемами крутизной 8...9 ‰ достигает 300-330 А, а в режиме рекуперативного торможения на спусках крутизной до -16...-17 ‰ достигает -150...-180 А. Таким образом, кривые тока $I_{эл}$ электровоза постоянного тока, потребляемого из контактной сети в режиме тяги на участке Улан-Батор – Зуунхараа в нечетном направлении при движении с грузовыми поездами массой 3000 – 4500 т максимальный ток электровоза в режиме тяги на перегоне Толгойт-Эмээлт с лимитирующим подъемом крутизной 16...17 ‰ достигает 3000 – 4800 А. На участке Зуунхараа-Улан-Батор в четном направлении с грузовыми поездами массой 3000 – 4500 т максимальный ток электровоза в режиме тяги с лимитирующими подъемами крутизной 8...9 ‰ достигает 5500 – 6400 А. Такое расхождение токов обусловлено разной протяженностью подъемов лимитирующей крутизны: в четном направлении лимитирующий подъем составляет 140 км, в нечетном – 30 км.

Результирующие энергетические показатели движения грузовых поездов с электровозами 2ЭС5К приведены в таблице 1. В этой таблице указаны масса состава m_c , техническая скорость V_t , потребление электроэнергии в режиме тяги $A_{эТ}$, возврат электроэнергии в режиме рекуперативного торможения $A_{эР}$, результирующий расход электроэнергии на тягу $A_э$, удельный расход электроэнергии на тягу $a_э$, коэффициент возврата электроэнергии $\beta_{эР}$. Значения показателей V_t , $A_э$, $a_э$ и $\beta_{эР}$ рассчитаны по формулам (1 – 4):

$$V_t = L/T; \quad (1)$$

$$A_э = A_{эТ} - A_{эР}; \quad (2)$$

$$a_э = \frac{A_э \cdot 10^4}{m_c L}; \quad (3)$$

$$\beta_{эР} = \frac{A_{эР} \cdot 100}{A_{эТ}}. \quad (4)$$

Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением массы поезда удельный расход электроэнергии на тягу снижается. Объясняется это в основном тем, что удельный расход электроэнергии на тягу обратно пропорционален массе поезда, кроме того при увеличении массы поезда возрастает возврат электроэнергии в режиме рекуперативного торможения. Поэтому с целью снижения энергозатрат на тягу целесообразно увеличивать массу поездов и максимально применять электрическое рекуперативное торможение, при котором на спусках поддерживается наибольшая скорость движения, близкая к допустимой.

При переменном токе на участке Улан-Батор – Зуунхараа в нечетном направлении для движения поездов массой свыше 4600 т требуется подталкивание или распределенная (кратная) тяга. При этом в расчетах предусмотрено равномерное распределение нагрузки между электровозами и секциями. На участке Зуунхараа – Улан-Батор в четном направлении для движения поездов массой свыше 5300 т также требуется подталкивание или распределенная (кратная) тяга. При этом в расчетах предусмотрено равномерное распределение нагрузки между электровозами и секциями.

На тяговом плече Улан-Батор – Зуунхараа в нечетном направлении выработанная тяговыми двигателями электровоза при рекуперативном торможении электрическая энергия $A_{эп}$ составляет 46 – 52 %.

При постоянном токе на участке Улан-Батор – Зуунхараа в нечетном направлении для движения поездов массой свыше 3500 т требуется подталкивающий локомотив или распределенная (кратная) тяга. При этом в расчетах предусмотрено равномерное распределение нагрузки между электровозами и секциями. На участке Зуунхараа – Улан-Батор в четном направлении для движения поездов массой свыше 3000 т также требуется подталкивающий локомотив или распределенная (кратная) тяга.

Таблица 1. – Результирующие энергетические показатели движения грузовых поездов при переменном токе на тяговом плече Улан-Батор–Зуунхараа

| Тяговое плечо, длина | Электровоз | m_c , т | V_t , км/ч | $A_{эт}$, кВт.ч | $A_{эп}$, кВт.ч | $A_э$, кВт.ч | $a_э$, кВт.ч/ 10^4 .км | $\beta_{эп}$, % |
|-----------------------------|------------|-----------|--------------|------------------|------------------|---------------|------------------------------|------------------|
| Улан-Батор-Зуунхараа 173 км | 2ЭС5К | 3000 | 67,5 | 3271 | 1036,9 | 2234,1 | 43,0 | 31,7 |
| | | 4500 | 64,8 | 4544,3 | 1552,4 | 2991,9 | 57,6 | 34,2 |
| Зуунхараа Улан-Батор 173 км | 2ЭС5К | 3000 | 69,3 | 9774,3 | 382,6 | 9391,7 | 181,0 | 3,9 |
| | | 4500 | 65,4 | 14445,4 | 481,2 | 13238 | 255,1 | 3,4 |

Результирующие энергетические показатели движения грузовых поездов с электровозами 2ЭС6 приведены в таблице 2. Если предположить, что электровозом постоянного тока 2ЭС6 можно провести грузовые поезда такой же массы, как и электровозом 2ЭС5К, и с такой же средней скоростью, то получим энергетические показатели, приведенные в таблице 2. В этой таблице указаны масса состава m_c , техническая скорость $V_t = L/T$, потребление электроэнергии в режиме тяги $A_{эт}$, удельный расход электроэнергии a_t .

Таблица 2. – Результирующие энергетические показатели движения грузовых поездов при постоянном токе на тяговом плече Улан-Батор – Зуунхараа

| Тяговое плечо, длина | Электровоз | m_c , т | V_t , км/ч | $A_{эт}$, кВт.ч | $A_{эп}$, кВт.ч | $A_э$, кВт.ч | $a_э$, кВт.ч/ 10^4 т.км | $\beta_{эп}$, % |
|-----------------------------|------------|----------------------|--------------|------------------|------------------|---------------|-------------------------------|------------------|
| Улан-Батор-Зуунхараа 173 км | 2ЭС6 | 3000 | 65,3 | 3933,9 | 1350,6 | 2583,3 | 49,8 | 34,3 |
| | | 4500 (с толкачом) | 65,0 | 6257 | 2401,8 | 3855,2 | 74,3 | 38,3 |
| Зуунхараа Улан-Батор 173 км | 2ЭС6 | 3000 | 68,3 | 11387,4 | 665,8 | 10721,6 | 206,6 | 5,8 |
| | | 4500 | 65,6 | 16095,4 | 1130,6 | 14964,8 | 288,3 | 7 |

Сравнение данных таблиц 1 и 2 показывает, что при вождении одинаковых поездов в одних и тех же эксплуатационных условиях энергозатраты при постоянном токе на 660 – 1700 кВт.ч выше, чем при переменном токе.

Список литературы

1. Бакланов А.А. Теория электрической тяги. Тяговые расчеты: Методические указания по курсовому и дипломному проектированию. Омск: ОмГУПС, 1999. 39 с.
2. Временные методические указания по обеспечению безопасности движения грузовых поездов повышенного веса и длины. Утверждены Ц Фадеевым Г.М. 09.06.1996 г. № ЦД-ЦТ-ЦЛ-4805.
3. Инструкция по организации обращения грузовых поездов повышенного веса на участках обслуживания локомотивных эксплуатационных депо Кузбасского отделения Западно-Сибирской ж.д. от 25.12.2008 г., утвержденная НОД-3 А.А. Фомичевым.
4. Котельнико, А. В. Электрификация железных дорог. Мировые тенденции и перспективы [Текст] / А. В. Котельнико. – М.: Интекст, 2002. – 104 с.
5. Комплекс расчетов тягового электроснабжения КОРТЭС. М.: ВНИИЖТ, 2011.
6. Отчет 2014 г. Монголо-Российское акционерное общество Улан-Баторская железная дорога. – М.: Ганзам пресс, 2014 – 232 с.
7. Осипов С. И., Осипов С. С., Феоктистов В. П. Теория электрической тяги. М.: Маршрут, 2006. 434 с.
8. Правила тяговых расчетов для поездной работы. М.: Транспорт, 1985. 287 с.

References

1. Baklanov A. A. The theory of electric traction. Traction calculations: Methodological guidelines for course and diploma projecting. Omsk: OmGUPS, 1999. 39 p.
2. Temporary guidelines for ensuring the safety of freight trains of increased weight and length. Approved by G. M. Fadeev. 09.06.1996. № ЦД-ЦТ-ЦЛ-4805.
3. Instruction on the organization of handling of freight trains of increased weight in the areas of servicing the locomotive operating depots of the Kuzbass Branch of the West Siberian Railroad. dated 25.12.2008, approved by the GCD-3 A. A. Fomichev.
4. Kotelnikov A. V. Electrification of the railways. Global trends and prospects [Elektrifikaciy jeleznih dorog. Mirovie tendentsi i perspektivi]. Moscow, 2002, 104 p.
5. Complex of calculations of traction power supply of KORTES. Moscow: VNIIZhT, 2011.
6. Report of 2014 Mongolian-Russian Joint Stock Company Ulaanbaatar Railway. M.: Ganzam press, 2014 – 232 p.
7. Osipov S. I, Osipov S. S, Feoktistov V. P. Theory of electric traction. M.: Route, 2006. 434 p.
8. Rules of traction for train work. M.: Transport, 1985. 287 p.

УДК 65.011.56

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КИБЕР-ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Абышев Оман Аскарбекович, магистрант гр. МашиСОП-1-16, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66. Тел: 0556-188-140, e-mail: muras_a@bk.ru, ORCID ID 0000-0002-6365-0153

Трегубов Александр Васильевич, к.т.н., профессор, кафедра ТМ КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66. Тел: 0555-719-364, e-mail: altreg13@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются методы организации производственных кибер-физических систем. Рассмотрено актуальное состояние проблем развития цифровых производств. Описаны основные элементы и технологии цифровых

производств. Предложены модели организации рассматриваемых систем, а также методы подключения технологического оборудования. Приведены результаты лабораторных испытаний и моделирования данной системы на базе испытательного стенда.

Ключевые слова: автоматизация производства, кибер-физическая система, информационные технологии, теория принятия решений, системы принятия решений, производственная система, цифровое производство

ORGANIZATION METHODS OF INDUSTRIAL CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

Abyshev Oman Askarbekovich, master student, group Mau-COП-1-16, KSTU n.a. I.Razzakov, The Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek city, Ch. Aitmatov ave 66. Tel.: 0556-188-140, e-mail: muras_a@bk.ru, ORCID ID 0000-0002-6365-0153

Tregubov Alexander Vasilevich, Cand.sc.(Eng), professor, TM department of KSTU n.a. I.Razzakov, The Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek city, Ch. Aitmatov ave 66. Tel.: 0555-719-364, e-mail: altreg13@mail.ru

Abstract. Proposed article describes methods of organizing an industrial cyber-physical system. The actual state of the problems of digital production development is considered. The main elements and technologies of digital productions are described. Organization models of considered systems and connectivity methods of technological equipment are proposed. Results of laboratory tests and modeling of the system on the basis of a test bench are presented.

Key words: industrial automatization, cyber-physical system, informational technologies, decision-making theory, decision-making system, industrial system, digital manufacturing

Современные промышленные предприятия имеют сложную структуру, определяемую широким спектром экономической деятельности, территориальной распределенностью производственных мощностей, многообразием деловых контрагентов и поставщиков.

Возрастающая динамика и дифференциация производственных и бизнес-процессов, обусловленная экономической ситуацией, а также новыми условиями взаимодействия «производитель-покупатель», вызванная стремлением обеспечить индивидуальные запросы и потребности заказчиков, все чаще заставляет менеджмент пересматривать прежние подходы к планированию, организации и управлению производством.

Сложившаяся ситуация на рынке показывает, что тенденция к ориентации производства товаров и услуг на индивидуальные вкусы потребителей требует изменения моделей организации производственных процессов, с учетом перехода от концепции управления отдельными ресурсами и функциональными подразделениями к управлению единой производственной системой, связывающей вместе деятельности всех структур промышленного предприятия.

Использование современных информационно-управляющих систем, основанных на математическом аппарате и методах теории принятия решений и исследования операций, позволяют обеспечить достижения оптимальных параметров производственных процессов на этапе проектирования и эксплуатации.

Цель данной работы заключается в исследовании и изучении современных способов и технологий организации производственных кибер-физических систем за счет интеграции технологического оборудования с информационно-управляющей средой предприятия.

Актуальность исследования обусловлена влиянием новых возможностей организации технологических процессов и производственных систем, вызванных развитием и внедрением новых информационных технологий в машиностроении.

На современном этапе развития производственных систем все большее значение в увеличении выпуска промышленных изделий приобретает повышение эффективности

использования основных фондов предприятия, в том числе технологического оборудования.

Эффективность использования основных производственных фондов в машиностроении, как и в других отраслях промышленности, определяется условиями эксплуатации. Степень использования основных производственных фондов определяется системой синтетических (преимущественно стоимостных) и частных технико-экономических показателей, определяемых для каждой группы технологического оборудования.

Точная автоматизированная фиксация состояния оборудования, расчет показателей их плановой работы, отображения результатов в реальном времени, автоматизированный учет наработки оборудования, планирование и согласованное проведение работ по техническому обслуживанию и ремонту, а также хранение и резервирование данных в базу мониторинга оборудования являются инструментами для всестороннего анализа производственной деятельности и формирования верных управленческих решений.

Данная информация является основой для принятия управленческих решений руководителями служб и подразделений предприятия, позволяя организовать обратную связь между разработкой и реализацией бизнес стратегии компании, определяя новые направления повышения производительности и эффективности управления финансовыми потоками и инвестициями.

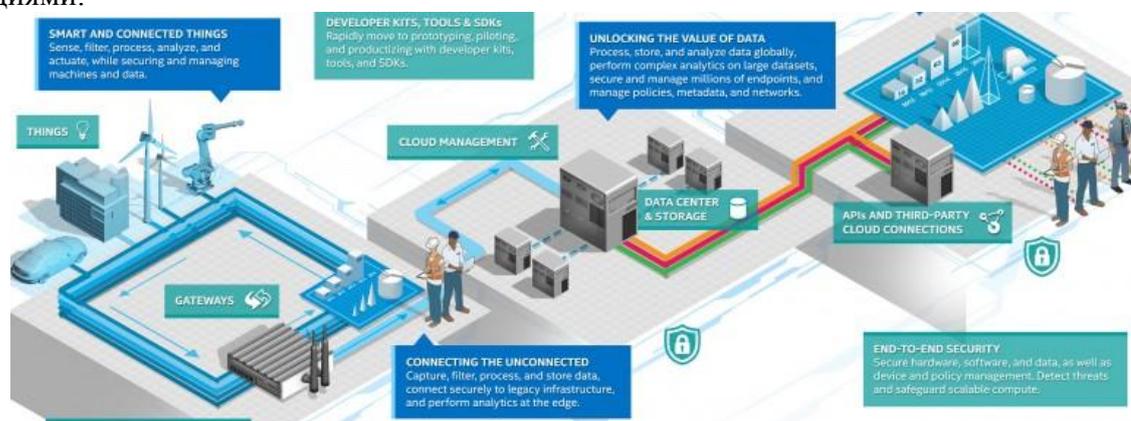


Рис. 1 Цифровое производство

Одним из современных направлений развития науки об организации и управлении промышленными предприятиями является изучение и развитие концепции и моделей цифрового производства.

Цифровое производство – это концепция организации производства в единой виртуальной информационной среде с помощью инструментов планирования, мониторинга и моделирования производственных процессов (Рис.1). Данное понятие основывается на следующих элементах:

1. Реинжиниринг или организация новых бизнес-процессов технологических служб предприятия с учетом новых форм и видов взаимодействия
2. Программное обеспечение и инструменты для организации платформы для цифровой трансформации процессов
3. Диджитализация (от англ. Digitalization - оцифровывание) производственных активов и инфраструктуры организации

Необходимым условием для организации на предприятии Цифрового производства является создание на промышленном предприятии единого информационного пространства, с помощью которого все автоматизированные системы управления предприятием, а также промышленное оборудование могут оперативно и своевременно обмениваться информацией.

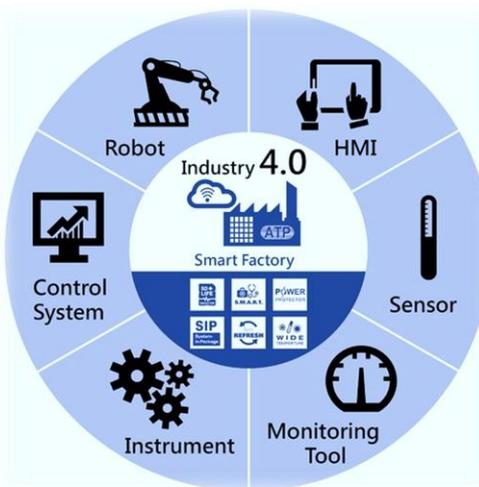


Рис. 2 Базовые технологии и элементы цифрового производства

На Рис.2 указаны базовые технологии и элементы цифрового производства. Для достижения наибольшей эффективности от внедрения, данная концепция предполагает наличие и использование:

- Автоматизированных роботов-манипуляторов
- Система управления и контроля за производственным процессом
- Технологическое оборудование с числовым программным управлением и технологическая оснастка
- Коммуникационные интерфейсы взаимодействия с оператором
- Датчики контроля параметров работы оборудования и цеховой инфраструктуры
- Система мониторинга технологического оборудования

В рамках дальнейшего развития концепции цифрового производства авторами предлагается использование новой модели организации кибер-физической производственной системы. [1]

Производственная киберфизическая система, ПКФС, (Industrial cyber-physical system, ICPS) – это система, состоящая из комплекса аппаратного и программного обеспечения, направленная на достижение определенной цели и способная взаимодействовать с другими киберфизическими системами.

Аппаратная часть представляет систему в физическом мире, а программная часть представляет систему в информационном мире.

Аппаратной частью может выступать технологическое оборудование, датчик, сенсор, прибор, транспорт – все, что обладает материальной сущностью и производственной ценностью.

Программная часть – это программное обеспечение, которое выполняет функцию интерфейсов цифрового представления аппаратной части, системной интеграции элементов ПКФС, аналитических вычислений и принятия решений.

В информационном мире осуществляется взаимодействие между системами и принятие решений, а в физическом мире осуществляется реализация принятых решений.

Цифровая трансформация зависит от многих факторов, в том числе организационную готовность к данным преобразованиям. Она предполагает постепенный перенос выполнения и реализации всех процессов в цифровую среду.

Для организационной инфраструктуры это означает в первую очередь использование технологий электронного документооборота, виртуального взаимодействия и кооперации проектных команд с заказчиками и партнерами, цифровая разработка, проектирование,

моделирование и прототипирование конструкторских и технологических решений на этапе подготовки производства.

Одним из методов представления физических объектов материального мира в условиях цифрового преобразования процессов, является проектирование, моделирование и использование технологии трехмерных цифровых двойников.

Трехмерный Цифровой двойник — это компьютерное 3D представление конкретного физического изделия, группы изделий, механического или технологического процесса, который включает не только трехмерную геометрию, технические характеристики и текущие параметры работы, но и другую важную информацию – окружающую среду и условия эксплуатации, техническое состояние и наработку, взаимодействие с другими объектами, данные предиктивной аналитики, в том числе, по прогнозированию отказов и сбоев.

Цифровой двойник может быть, как упрощенным, так и очень детальным и отражать широкий спектр самых разных характеристик как самого изделия, так и технологических и производственных процессов.



Рис. 3 Технология представления физических объектов. Цифровой двойник



Рис. 4 Объем ценности от внедрения по отраслям к 2020 году, \$ млрд. (Cisco)

Использование и организация киберфизических систем в производственной среде позволяет улучшить производственные процессы, обеспечивая обмен информацией в режиме реального времени между промышленным оборудованием, производственной цепочкой поставок, поставщиками, системами управления бизнесом и клиентами (Рис.4). Кроме того, киберфизические системы могут повышать эффективность этих процессов благодаря автоматическому мониторингу и контролю всего производственного процесса и адаптации производства для удовлетворения предпочтений клиентов. Киберфизические системы повышают прозрачность и управляемость цепочек поставок, улучшая отслеживаемость и безопасность товаров.

Использование систем мониторинга производства, как элемента киберфизической системы является достаточно актуальным для технологических объектов крупных промышленных предприятий, останов или нештатная работа которых, вследствие чрезвычайной ситуации, могут стать причиной нанесения вреда жизни и здоровью персонала, жителям прилегающих территорий и окружающей среде.

В рамках данной работы была испытана ячейка производственной кибер-физической системы на базе лабораторного стенда кафедры Телематики, КГТУ им. И.Раззакова. (Рис.)



Рис. 5 Испытательный лабораторный стенд. Кафедра Телематики

Аппаратная часть стенда представляет собой модель программно-логического компьютера фирмы ОВЕН модели ПЛК 110-30 с подключенным к нему датчиком контроля влажности и температуры ПВТ110, а также интерфейсами сетевого взаимодействия Ethernet – TCP/IP.

В качестве программной части стенда были использованы два программных продукта:

- ОВЕН Cloud. Данный облачный сервис является инструментом для реализации сетевого подключения оборудования фирмы ОВЕН для контроля и управления параметрами технологических процессов;
- Winnum Platform. Это облачная система удаленного мониторинга, которая выполняет автоматизированный сбор информации с оборудования, подключенных к локальной сети предприятия.

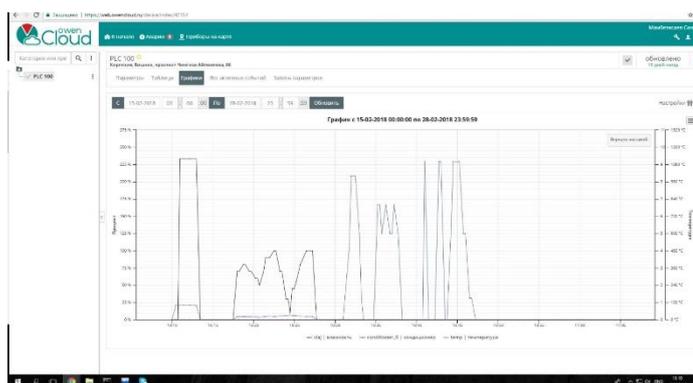


Рис. 6 Платформа ОВЕН Cloud. Результаты мониторинга параметров лабораторного стенда

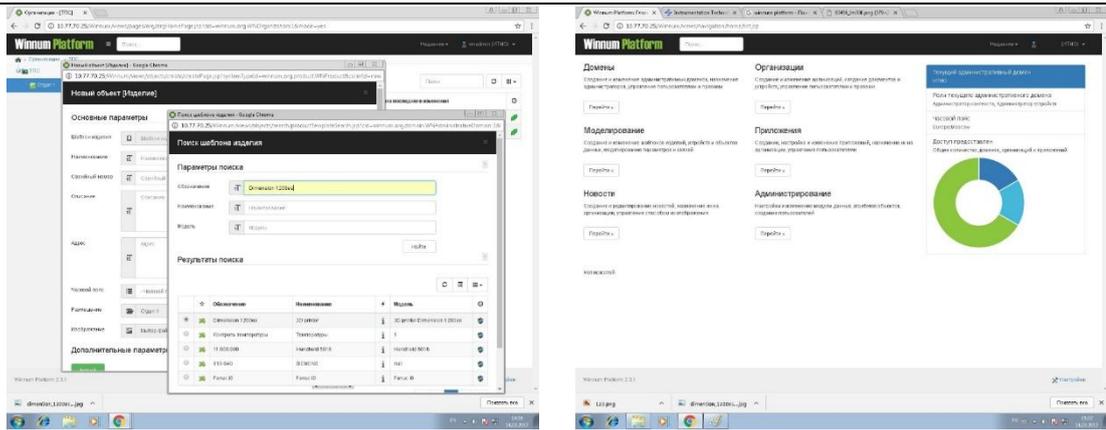


Рис. 7 Платформа Winnum. Моделирование объекта в цифровой среде

Заключение

Для достижения успеха компании, быстрой адаптации к изменяющемуся рынку, обеспечению качества работы и скорости предоставления услуг, любому руководителю необходимо контролировать деятельность компании и управлять ее результативностью, как в оперативной, так и в долгосрочной перспективе.

Использование систем мониторинга является первой ступенью для цифровой трансформации. В будущем производители смогут выпускать персонализированную продукцию по себестоимости массового производства, при общем уменьшении использовании ресурсов. Повышенная гибкость позволит сократить расходы и снизить барьеры для выхода на рынок, открыв дополнительные возможности для инноваций и инвестиций.

В рамках данной работы были изучены и рассмотрены актуальное состояние рассматриваемой проблемы, предложены модели организации производственных киберфизических систем, модели подключения и организации сбора данных с технологического оборудования, а также способы интеграции данной системы с информационной средой промышленного предприятия на примере испытаний лабораторного стенда. Были получены положительные результаты и разработаны направления дальнейших исследований.

Полученные результаты лабораторных испытаний показывают, что разработка, внедрение и применение новых решений и элементов является первым шагом к переходу к новой концепции организации производственных систем, повышая их эффективность и производительность: [11]

- Уменьшение производственного брака – 35%
- Увеличение эффективности учета затрат – 30 %
- Сокращение производственного цикла – 50%
- Поставка точно в срок. Управление временем – 80%
- Сокращение времени планирования и бюджетирования – 70%

Список используемой литературы

1. A.W. Colombo. Industrial Cloud-based Cyber-Physical systems, The IMC-AESOP Approach: Hardcover, 2014.
2. A.W. Colombo, S. Karnouskos. Towards the factory of the future: A service-oriented cross-layer infrastructure.: ICT Shaping the World: A Scientific View, vol 65-81, European Telecommunications Standards Institute (ETSI), John Wiley and Sons, 2009.
3. Acatech: “Cyber-Physical Systems: Driving force for innovation in mobility, health, energy and production”, tech. rep., acatech – National Academy of Science and Engineering, 2011, [Электронный ресурс], URL: <http://kwz.me/fJ>, дата обращения – 16.03.2018.
4. S. Karnouskos. A SOA-based architecture for empowering future collaborative cloud-based industrial automation, in proc. of IECON 2012, Montréal, Canada.

5. А. И. Орлов. Теория принятия решений, Учебное пособие. - Москва: Издательство "Март", 2004.
6. О. И. Ларичев. Наука и искусство принятия решений, - Москва: Издательство "Наука", 1979.
7. О. И. Ларичев. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах, Учебник, - м.: Издательство "Логос", 2000.
8. Системы поддержки принятия решений, сайт TAdviser, [Электронный ресурс], URL-адрес: http://www.tadviser.ru/index.php/Decision_Support_Systems_DSS, дата обращения – 06.03.18.
9. Экономический сайт, руководство для экономистов, [Электронный ресурс], URL: <http://www.catback.ru/articles/theory/manage/decision.htm>, дата обращения – 06.03.18.
10. Энциклопедия АСУ ТП, [Электронный ресурс], URL-адрес: http://www.bookasutp.ru/Chapter2_9.aspx, дата обращения – 02.03.2018.
11. Н.М. Абдикеев. Реинжиниринг бизнес-процессов: учебник / Н.М. Абдикеев, Т.П. Данько, С.В. Ильдеменов, А.Д. Киселев. – 2-е изд., испр. – М.: Эксмо, 2007. – 592 с.

УДК 378.1

РАБОТА ОМГУПСА В МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ УНИВЕРСИТЕТОВ СТРАН АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОГО РЕГИОНА

Тэттер Александр Юрьевич, к.т.н., доцент, ОмГУПС, Россия, 644046, г Омск, пр. Маркса, 35. Тел.: (3812)-53-20-17, e-mail: ums@omgups.ru

Тэттер Владимир Юрьевич, к.т.н., доцент, Научно-производственная компания Энергосервис-Резерв, 644043, г. Омск, ул. Волочаевская, 11/1. Тел. (3812)-215-000, e-mail: tetterv@energossu

Аннотация. Приведены основные направления деятельности ассоциации транспортных университетов стран Азиатско-Тихоокеанского региона, рассмотрены тезисы доклада от ОмГУПС на X симпозиуме ассоциации, описана деятельность и оборудование лабораторий Корейского научно-исследовательского института железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: транспорт, университет, система, коридор, образование, железная дорога.

WORK OMGUPS IN THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR TRANSPORT UNIVERSITIES IN ASIA-PACIFIC REGION

Tetter Alexander Yurievich, Ph.D., Associate Professor, OmGUPS, Russia, 644046, Omsk, Marx Avenue, 35. Phone: (3812) -53-20-17, e-mail: ums@omgups.ru

Tetter Vladimir Yurievich, Ph.D., Associate Professor, Research and Production Company Energosservis-Reserve, 644043, Omsk, ul. Volochayevskaya, 11/1. Tel. (3812) -215-000, e-mail: tetterv@energossu

Annotation. The main directions of activities of the Association for transport universities in Asia-Pacific region, reviewed abstracts from OSTU on the X Symposium of the Association described the activities and equipment of laboratories, Korea research Institute of railway transport.

Key words: transport, university, system, corridor, education, railway.

**OMGUPS АЗИЯ-ТЫНЧ ОКЕАН АЙМАГЫНЫН ТРАНСПОРТ ОКУУ
ЖАЙЛАРЫ АРАЛЫК ИШ**

ОмГУПС с 2009 года принимает участие в работе Международной ассоциации университетов транспорта Азиатско-Тихоокеанского региона (МАТУ АТР), возглавляет в ней Комитет по энергосбережению и энергоэффективности, регулярно проводит конференции, посвященные этой теме. Очередная конференция по энергосбережению пройдет в ОмГУПСе 6-7 декабря 2018 года.

МАТУ АТР включает вузы Китая, Кореи, Монголии, Вьетнама, Индонезии, Казахстана, Японии, Австралии, Украины, России, имеющие в своем составе факультеты автомобильного, авиационного, железнодорожного транспорта.

С 31 октября по 4 ноября 2017 года в Сеуле на базе Корейского национального университета транспорта (КНУТ) [1] прошел X симпозиум Международной ассоциации транспортных университетов стран Азиатско-Тихоокеанского региона (МАТУ АРТ) [2].

В нем приняли участие вузы Вьетнама, Индонезии, Казахстана, Китая, Монголии, России (ДвГУПС, ОмГУПС, УрГУПС), Японии.



Рис. 1. Работа Симпозиума в КНУТ

Были рассмотрены темы:

«Умный транспорт»: технологии и логистика;

Национальные транспортные сети: строительство, эксплуатация и развитие, транспортные коридоры;

Подготовка специалистов транспорта и взаимодействие между транспортными вузами и организациями;

Текущие проблемы международного транспортного сотрудничества;

Учебные программы, способствующие повышению уровня мировой транспортной системы.

Автор представлял на Симпозиуме Омский государственный университет путей сообщения и научно-производственную компанию «Энергосервис». Был озвучен доклад «Подготовка специалистов железнодорожного транспорта в области вибродиагностики роторных узлов подвижного состава», в котором обобщается положительный опыт

совместной работы коммерческой структуры НПК «Энергосервис» с ОмГУПСом по подготовке высококвалифицированных специалистов для повышения эффективности работы на современном диагностическом оборудовании. Основными положительными моментами в таком сотрудничестве можно назвать:

- оснащение профильной лаборатории вуза действующим диагностическим оборудованием;
- составление программ повышения квалификации для специалистов локомотивного и вагонного хозяйства;
- проведение курсов повышения квалификации сотрудниками НПК «Энергосервис» на учебной, лабораторной базе и в компьютерных классах ОмГУПСа;
- внедрение в учебный процесс методических разработок и проведение на их базе лабораторных работ.

Такой опыт взаимодействия был одобрен участниками симпозиума. В частности, было высказано мнение о важности приближения учебных программ и программ повышения квалификации к практическим нуждам производственных предприятий по ремонту и эксплуатации подвижного состава.

Для стран Азиатско-Тихоокеанского региона в прошлом и в настоящее время особенно актуальной является организация транспортного коридора с Европой. Этой теме было уделено достаточно много внимания. Проблем озвучено много, среди них:

- политические (например, Южная Корея «отрезана» от материка Северной Кореей);
- технические (различная ширина колеи 1435 - 1520, подвижной состав и т.д.)
- нормативная база.

Участников симпозиума познакомили с деятельностью университета (KNUT) и научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Korean Railroad Research Institute) (Рис. 2; 3) [3].

Автору, как специалисту не только теоретику, но и практику, были наиболее интересны лаборатории и оборудование именно исследовательского института.

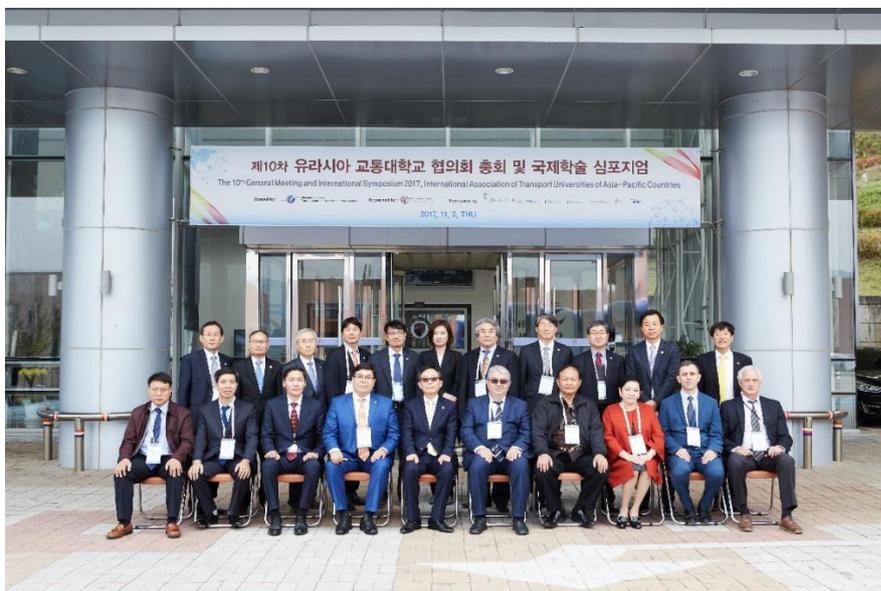


Рис. 2. Представители университетов у входа в Корейский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта



Рис. 3. С будущими стюардессами Корейских авиалиний

Работы института связаны в основном со скоростным движением. Несмотря на то, что в Корее только одна основная высокоскоростная магистраль протяженностью около 400 км, этому направлению уделяется много внимания. Об этом говорит то, что Корея принимает участие в реализации высокоскоростного движения в пяти странах.

Лаборатории института оснащены уникальным испытательным оборудованием. Проводятся исследовательские работы, направленные на изучение различных вариантов верхнего строения пути для использования в высокоскоростном движении. Натурные испытания производятся с участками рельсошпальной решетки, стыками рельсов, сварными соединениями (Рис. 4).



Рис. 4. Большая трех-координатная система испытания балласта (основания пути)

Еще одно большое направление исследований – испытания элементов кузовов локомотивов и вагонов (Рис. 5).



Рис. 5. Динамические испытания модели кузова

Проводятся натурные испытания эффективности систем торможения (Рис. 6), элементов привода (Рис. 7) и тяговых двигателей (Рис.8), электронных управляющих систем (Рис. 9).



Рис. 6. Испытания эффективности систем торможения



Рис. 7. Испытательная станция элементов привода



Рис. 8. Испытательная станция тяговых двигателей



Рис. 9. Испытания системы автоведения скоростного поезда

Исследовательские работы, по мнению автора, достаточно хорошо финансируются. В настоящее время, например, ведется исследовательская работа по решению проблемы обледенения нижней части высокоскоростного состава при движении в зимних условиях.

Следует отметить хорошую организацию Симпозиума с четким расписанием и практически мгновенным решением естественных мелких организационных проблем (можно сказать, что организационных проблем вообще не было).

Организаторы предусмотрели интересную культурную программу, в которую входило знакомство с новым модернизированным аэропортом (Рис.10; 11). Аэропорт расположен на насыпном острове и связан с берегом дамбой, он готовится принять огромный пассажиропоток во время проведения Олимпийских игр.

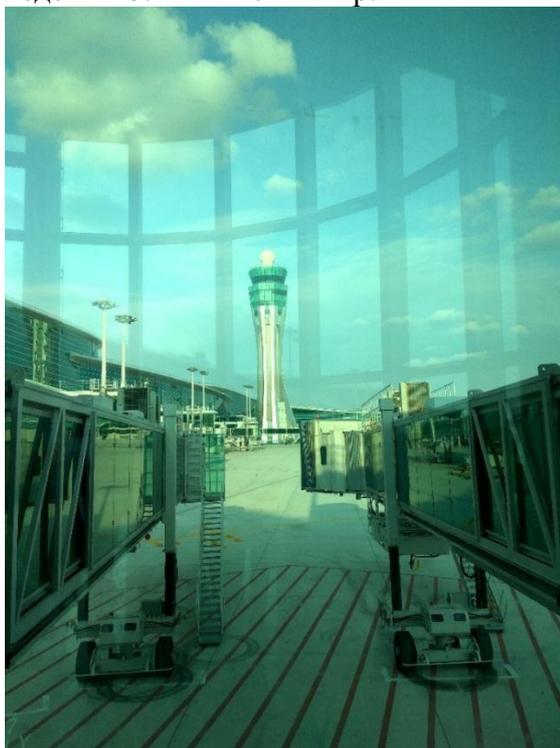


Рис. 10. Вид на диспетчерскую башню аэропорта



Рис. 11. Один из терминалов аэропорта

О масштабах терминалов можно судить по тому, что между ними курсирует «мини метро». Ширина холла нового терминала составляет около одного километра.

Яркое впечатление осталось от просмотра национального театрального спектакля, музыкального коллектива и выступления на профессиональном уровне с оперными ариями сотрудников КНУТ.



Рис. 12. Корейская национальная музыка на традиционных инструментах

Знакомство с корейской кухней и палочками для еды – это тема отдельного разговора.

В решениях, принятых на заседаниях Международной Ассоциации транспортных университетов стран Азиатско-Тихоокеанского региона, отмечена плодотворность сотрудничества и обмена мнениями по актуальным проблемам железнодорожного транспорта и подготовке отраслевых специалистов.

Очередной симпозиум МАТУ АТР состоится в октябре 2018 года в г. Чжэнчжоу, Китай, на базе Чжэнчжоуского Железнодорожного Профессионального Технического Института.

Фото 4-9 взяты с сайта http://www.krri.re.kr/html/en/sub04/sub04_0403.html

Список литературы

1. [Электронный ресурс] <http://www.ut.ac.kr/> (Дата обращения: 19.01.2018).
2. [Электронный ресурс] <http://iastu-ap.org/> (Дата обращения: 19.01.2018).
3. [Электронный ресурс] <http://www.krri.re.kr> (Дата обращения: 19.01.2018).

ФОРМИРОВАНИЕ ВОДИТЕЛЕМ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ СРЕДЕ

Шерипкан уулу Эламан, магистрант кафедры “Организация перевозок и безопасность движения” КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66
Сарымсаков Бакытбек Ашимбекович, к.т.н., доцент кафедры “Организация перевозок и безопасность движения” КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: basarymsakov@mail.ru, orcid.org/0000-0002-5643-3900

Аннотация. Основным источником повышения риска дорожно-транспортных происшествий (ДТП) является человеческий фактор, на которого приходится свыше 80 % всех ДТП. В статье рассмотрены основные физиологические качества человеческого организма: получение водителем информации, восприятия, внимание, распределение внимания, переключение и концентрация внимания, видимость и степень видимости.

Ключевые слова: Дорожно-транспортное происшествие, физиологические свойства, получение водителем информации, восприятия, внимание, распределение внимания, переключение и концентрация внимания, видимость и степень видимости.

FORMATION OF THE PRIMARY INFORMATION ON THE ROAD-TRANSPORT ENVIRONMENT BY THE DRIVER

Sheripkan uulu Elaman, graduate student of the department "Organization of transport and traffic safety" KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave. 66
Sarymsakov Bakytbek Ashimbekovich, PhD (Engineering) science, Associate Professor of the department "Organization of transportation and traffic safety" KSTU I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044 c. Bishkek, pr. Mira 66, e-mail: basarymsakov@mail.ru

Abstract. The main source of increased risk of accidents (road accidents) is the human factor, which accounts for over 80% of all accidents. The main physiological qualities of the human body are considered in the article: information acquisition by the driver, perception, attention, attention distribution, switching and concentration of attention, visibility and degree of visibility.

Key words: Traffic accident, physiological properties, information acquisition by the driver, perception, attention, attention distribution, switching and concentration of attention, visibility and degree of visibility.

Целенаправленные действия водителя для достижения определенных целей называются его деятельностью. Деятельность водителя направлена на перемещение автомобиля из одной точки пространства в другую. В теории управления различают управление и регулирование. Под управлением понимается поиск и реализация оптимального способа достижения цели, под регулированием- изменение регулируемых параметров в соответствии с поставленной задачей. Возможна постановка следующих задач: перемещение из пункта А в пункт Б с максимально возможной средней скоростью или перемещение из пункта А в пункт Б с оптимальной средней скоростью при минимально возможном расходе топлива.

Первой задачей соответствует модель поведения гонщика, который при любой возможности увеличивает скорость до максимальной допустимой. Второй задаче соответствует модель поведения перевозчика, который стремится ехать наиболее равномерно со скоростью транспортного потока, реализуя экономичный алгоритм управления. Надежность управления автомобилем является условием достижения цели. Отметим, что при реализации модели гонщика на должность управления ниже, чем при реализации модели перевозчика. В то же время средняя скорость либо увеличивается незначительно, либо не растет совсем, потому что ее величина определяется плотностью транспортного потока, а не желаниями водителя.

Для управления автомобилем водителю необходима информация, которая характеризует состояния среды движения, среды в салоне автомобиля, состояния его систем и агрегатов, а так же его (водителя) состояния. Перечень закупателей, которые описывают требуемую водителю информацию, называется “информационной моделью процесса управления автомобилем” или кратко “информационной моделью автомобиля”.

Получение водителем информации. Информация поступает к водителю посредством ощущений- отражения в сознании водителя отдельных свойств предметов и явлений среды движения автомобиля, состояние автомобиля и водителя. Процесс воздействия на органы чувств называется раздражением. Раздражитель воздействует на рецепторы (получатели информации), возникшее возбуждение по проводящим нервным путям передается в соответствующие отделы центральной нервной системы (ЦНС), в которых нервное (физиологическое) возбуждение переходит в явление психическое-ощущение. Нервно-физиологический аппарат получения ощущения называют анализатором. Получение информации из среды движения, среды в салоне автомобиля о состоянии автомобиля основано на действие групп анализаторов, в числе которой зрительный, слуховой, кожный (тактильный), мышечно-суставный (кинестезический), статико-акселерационный. К внутренним ощущениям относятся: бодрость или усталость, насыщение или голод, ощущение здоровья или болезненного состояния. Рецепторы анализаторов этих ощущений водителя расположены в его внутренних органах. Внутренне ощущение проявляется как общее самочувствие и оказывает большое влияние на профессиональную надежность водителя.

Наибольшую часть информации водителя получают через зрительный анализатор. Через слуховой анализатор так же поступает важная информация- звуковые сигналы других участников движения; информация, передаваемая для участников дорожного движения; информация, передаваемая для участников дорожного движения по радио; шумы, создаваемые автомобилем и позволяющие судить об исправности его агрегатов. Благодаря тактильному анализатору водитель может на ощупь определять органы управления. С помощью мышечно-суставного анализатора водитель без зрительного контроля находит необходимые органы управления, и плавно регулируя, изменения их положения на

необходимую величину. Не менее важным является ощущение характера изменения усилия при перемещении органов управления. Статико-акселерационный анализатор играет важную роль в определении штатности режима движения автомобиля, при заносе, крене.

Чувствительность анализаторов изменяется в зависимости от внешних условий (освещенность, шум, вибрация, скорость), внутреннего состояния водителя (утомление, страх, опьянение), уровня его мастерства. При воздействии на водителя нескольких раздражителей одновременно проявляется следующая закономерность: слабые раздражители увеличивают чувствительность к другим раздражителям, сильные - уменьшают ее. Поэтому тихий звук радио приемника полезен, тогда как громкий звук мешает восприятию другой информации. По этой же причине вредно отвлекать водителя оживленным разговором.

Восприятие формируется на основе ощущений. В результате восприятия в сознании водителя отражаются свойства предметов и явлений в их взаимосвязи в виде единого образа. Например, в результате комплекса ощущений (зрительных, слуховых, кинестезических, акселерационных) у водителя формируется так называемые «чувство автомобиля», «чувство дороги», «чувство устойчивости (неустойчивости) автомобиля».

Рецепторы водителя испытывают воздействие большого числа источников информации. Одной из задач психической деятельности является отсечение ненужной и выделение полезной информации. Эта задача решается с помощью психических процессов, называемых вниманием.

Внимание- это сосредоточенное познание какого-либо объекта (явления) или действие с одновременным отвлечением от остального. Различают два вида внимания: произвольное (не зависящее от воли водителя) и произвольное (направляемое волевым усилием). Произвольное внимание направляется на объекты, явления, возникающие неожиданно: появления нового препятствия, ранее не видимого, занос автомобиля, резкое изменения шума, создаваемого автомобилем в результате неисправности, и т.п.

Произвольное внимание появляется в выделении объектов (явлений), являющихся наиболее значимыми для решения поставленной задачи. Так, на пример, при движении по свободной дороге значимой является информация о положении автомобиля относительно дороги. При разъезде со встречным автомобилем при сохранении значимости информации о положении своего автомобиля необходимо знать, представляет или не представляет опасность встречный автомобиль. Когда на пути встречается знак, ограничивающий скорость, к рассмотренным объектам внимание добавляется спидометр. При увеличении числа объектов внимания на надежность восприятия информации оказывают влияния такие свойства, как распределение и переключение внимания.

Распределение внимания- умение сосредотачивать внимание на нескольких анализаторах одновременно и выполнять при этом несколько действий. Например, при появлении препятствия водитель применил экстренное торможение, в результате которого начался занос автомобиля. Распределение внимания проявляется в том, что, продолжая наблюдать за препятствием и тормозить, водитель выполняет действие по стабилизации заноса, действуя педалями управления и рулевым колесом.

Переключения внимания - умение сосредотачивать внимание на нескольких объектах поочередно. Так, например, для считывания показания приборов необходимо переключать внимание со среды движения на приборы и обратно. При нахождении на дороге нескольких объектов необходимо переключать внимание с одного объекта на другой по очереди.

Концентрация внимания- это умение длительное время сосредотачиваться на наиболее важных в данный момент объектах. С концентрацией внимания тесно связано свойство *устойчивости внимания*, которое характеризует умение сохранять *интенсивность* (напряжение) *внимания* в течении длительного времени.

Умение распределять, концентрировать и переключать внимание наиболее ярко проявляется в работе зрительного анализатора. Рассматривая этот вопрос, введем понятия

сенсорного поля- пространства вне и внутри автомобиля, из которого водитель получает значимую для движения автомобиля информацию. Для сбора информации водитель сканирует сенсорное поле- переключает внимание, направляя взгляд на элементы дороги, препятствия, находящиеся на дороге и в около дорожном пространстве, а также на других участников движения, приборы в кабине автомобиля, зеркало заднего обзора.

Для получения информации о сканируемых объектах взгляд должен быть зафиксирован на них в течении 0,2 с и более. Продолжительность фиксации взгляда зависит от значимости объекта наблюдения для безопасности, его видимости, скорости автомобиля. Чем более значим объект, тем больше время фиксации; чем выше скорость, тем время фиксации меньше. Зависимости времени фиксации t_{ϕ} от скорости V_a для объектов разной значимости приведено на рис.1 если число объектов больше, чем водитель в состоянии просканировать за определенный промежуток времени часть информации окажется потерянной, и это может стать причиной ДТП. Поэтому при пересечении, например, нерегулируемого пешеходного перехода безопасной окажется малая скорость, и она должна быть тем ниже, чем больше пешеходов находится вблизи перехода.

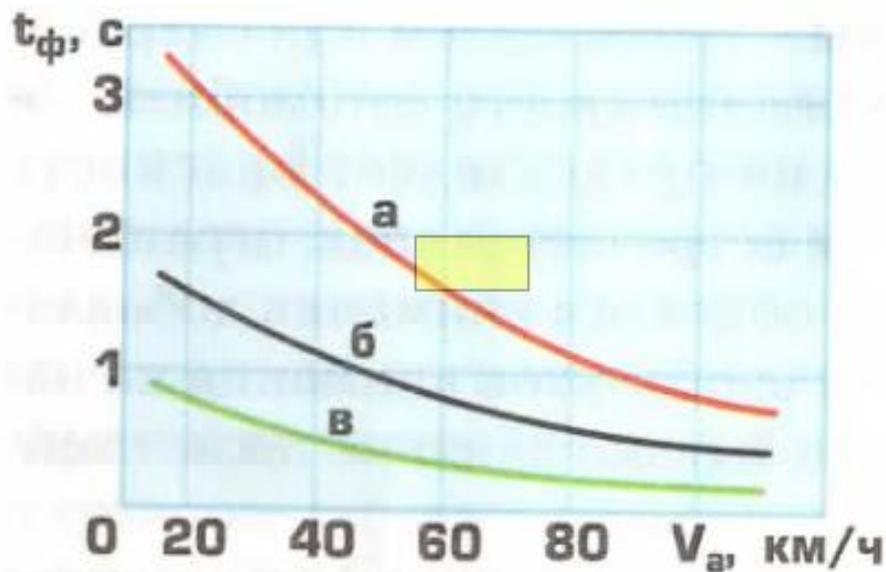


Рис. 1 Зависимость продолжительности фиксации взгляда водителя на объектах разной значимости от скорости а) наиболее значимые объекты; б) объекты средней значимости; в) малозначимые объекты

Водитель концентрирует внимание в определенной части пространства, как показано на рис. 2. Ограничение поля обзора происходит потому, что психика человека защищает себя от излишней информации, которая не может быть использована для управления. Поэтому расстояние до нижней границы поля обзора равно величине остановочного пути при торможении с максимальным замедлением, и если более близкой зоне появится препятствие, произойдет наезд. Избежать его можно только одним способом- упреждать событие. Для этого необходимо регулировать скорость таким образом, чтобы потенциальные препятствия были в поле обзора. Поле обзора захватывает справа и слева элементы дороги, в пределах которых возможно появление препятствий. С увеличением скорости нижняя граница поля обзора отодвигается. По скольку ширина просматриваемой зоны остается постоянной с выносом вперед точки взора (точка пересечения линии взора с дорогой), угол обзора уменьшается. Поэтому после обзора с увеличением скорости уменьшается, как показано на рис.2.

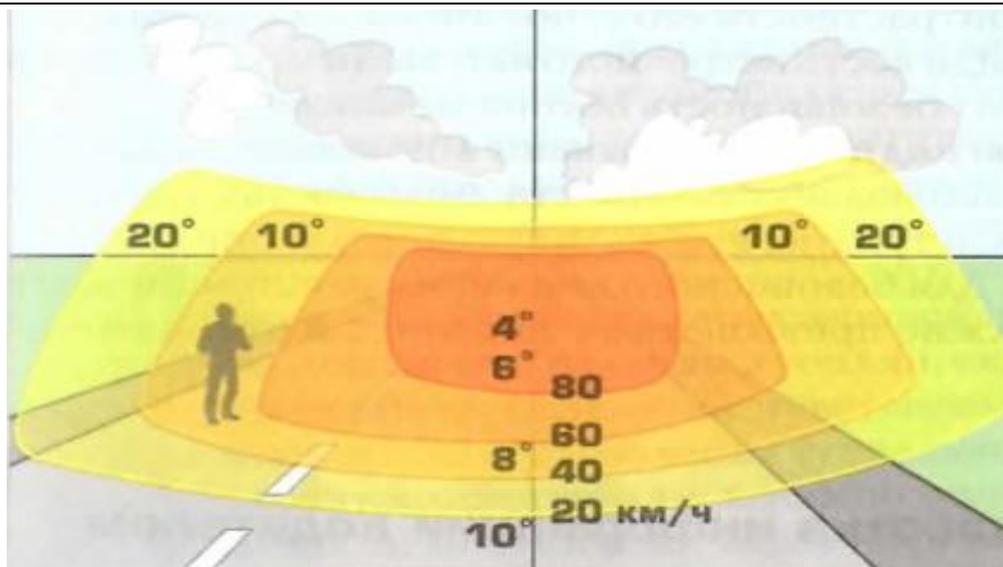


Рис. 2 Зависимость размеров поля концентрации внимания водителя от скорости движения автомобиля (км/ч)

От рассмотренного механизма уменьшения поля обзора по причине защиты психики от ненужной информации следуют отличия явления сужения поля обзора вследствие неспособности водителя сканировать пространство движения. Причиной этого может быть высокая психическая напряженность, что свойственно неопытным водителям, а также в состоянии опьянения, заболевание.

Видимостью - называется возможность различать особенности окружающей обстановки. Зрительное восприятие объектов зависит от освещенности предметов и прозрачности воздушной среды. Видимость характеризуется дальностью и степенью видимости. Под дальностью видимостью понимают минимальное расстояние, на котором рассматриваемый объект невозможно различить на фоне окружающих предметов. Дальность видимости зависит от яркости объекта и контрастности его относительно фона. Зажженные фары улучшают видимость встречного автомобиля в светлое время суток, что повышает безопасность обгона на шоссе.

Степень видимости называют возможность различать отдельные детали наблюдаемого объекта. Видимость ухудшается в темное время суток, в тумане, в дождливую погоду, при снегопаде, движении в пыли. Для безопасного движения расстояние до границы видимости должно превышать остановочный путь автомобиля.

Заключение

Деятельность водителя направленно на достижение определенной цели – безопасное и эффективное перемещение из пункта А в пункт Б. Безопасное управление автомобилем начинается с первичного и правильного восприятия информации водителем. В следующих статьях будут рассмотрены вопросы: анализа и обработки информации водителем; быстрота реакции водителя, психомоторика а также личностные качества водителя влияющие на его профессиональную надежность.

Библиографический список

1. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В.Ф. Бабков. - 3-е изд., испр.- М.: Транспорт, 1993. - 271 с.
2. Ежевский, В. Учись экономично водить автомобиль / В. Ежевский. – М.: Транспорт, 1990. – 72 с.
3. Клиновштейн, Г.И. Организация дорожного движения: учебник для вузов / М.Б. Афанасьев, Г.И. Клиновштейн. - 4-е изд., испр. - М.: Транспорт, 1997.-231 с.

4. Майборода О.В. «Основы управления автомобилем и безопасности движения. Учебник водителя» / О.В.Майборода - 9-е изд., испр. – М. «Академия» 2009 – 256 с.
5. Майборода, О.В. Искусство управления автомобилем. Как предотвращать нештатные ситуации : учебное пособие водителя автотранспортных средств категории «В» / О.В.Майборода – М., 2009. – 106 с.

УДК 621.4.001.57

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВОЙНОЙ ПОДАЧИ ТОПЛИВА В ДВС ПУТЁМ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ ТОПЛИВО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

Шишколова Мария Андреевна, магистрантка 1 курса каф. ДВС, АлтГТУ им. И.И.Ползунова, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина 46, Тел: 89520056855, e-mail: nekrasova_0505@mail.ru

Свистула Андрей Евгениевич, д.т.н., профессор, зав. каф. ДВС, АлтГТУ им. И.И.Ползунова, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина 46, Тел:89059859522, e-mail: dekan_feat@mail.ru

Матиевский Герман Дмитриевич, к.т.н., доцент каф. ОБД, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина 46, Тел: 89069438816, e-mail: german.gorizont@rambler.ru

Аннотация. В статье проводится исследование суммарных потерь топлива при реализации двойной подачи на базе одноцилиндровой установке дизеля размерностью 130/140, влияние объёма предварительной порции топлива на основные показатели рабочего процесса, и, в первую очередь, на состав вредных выбросов. Предлагаются мероприятия по минимизации потерь топлива и анализ зависимости среднего давления механических потерь от величины предварительной подачи полученные методом «прокрутки», определён её оптимальный диапазон. Дается оценка вероятности снижения экономичности цикла, связанная с подавлением скорости выделения теплоты в начальной фазе сгорания в районе верхней мертвой точки, с другой стороны это ведет к оптимизации максимального давления и температуры сгорания.

Ключевые слова: дизель, топливоподача, вредные выбросы, экономичность цикла, топливо, двойная подача, потери, расход, форсунка.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF DUAL FUEL FEED IN THE ENGINE BY REDUCING FUEL-AIR MIXTURE LOSSES

Annotation. The article studies the total fuel losses in the implementation of a double feed on the basis of a single-cylinder diesel unit of dimension 130/140, the effect of the volume of the preliminary portion of fuel on the main indicators of the working process, and, first of all, on the composition of harmful emissions. Measures are proposed to minimize fuel losses and analyze the dependence of the average pressure of mechanical losses on the value of the pre-feed obtained by the "scrolling" method, its optimum range is determined. An estimate is given of the probability of a decrease in the efficiency of the cycle due to the suppression of the rate of heat evolution in the initial phase of combustion near the top dead center, on the other hand, this leads to optimization of the maximum pressure and combustion temperature.

Keywords: diesel, fuel supply, harmful emissions, cycle efficiency, fuel, double feed, loss, flow, nozzle.

В связи с неуклонным ростом уровня автомобилизации в стране ещё большую актуальность приобретают решение вопросов касающихся разработки мероприятий по

снижению вредных выбросов и уменьшению расходов топлива в двигателе внутреннего сгорания. Интенсивное развитие различных отраслей народного хозяйства в Алтайском крае, в которых автомобильный транспорт играет ключевую роль, является основным фактором указанного роста числа автомобилей. Один из вариантов реализации поставленной задачи по улучшению показателей работы дизеля можно считать применение двухступенчатой подачи топлива, результат внедрения которой обеспечит существенное положительное влияние на состав отработавших газов и оптимизацию расхода топлива.

При двойной подаче топлива предусматривается разделение цикловой порции на две части по количеству и по времени подачи. Одна из них – основная, большого объема, подается в цилиндр в районе верхней мертвой точки (ВМТ) в такте сжатия, как это обычно делается в дизеле. Вторая – предварительная меньшего объема, предшествует основной и подается в систему впуска или в цилиндр на тактах впуска, сжатия или в конце выпуска (Вигом-процесс).

Механизм воздействия на рабочий процесс выражается через сокращение периода задержки воспламенения, связанного с тем, что впрыск основной порции топлива осуществляется в среду, в той или иной мере гомогенизованную и ионизированную протеканием холоднопламенных реакций окисления запальной порции топлива [4]. В результате скорость выделения теплоты в начальной фазе сгорания заметно снижается в сравнении с одноразовым (традиционным) впрыскиванием. При такой трансформации процесса сгорания (в начальной фазе) снижается скорость нарастания давления, максимальные давление и температура сгорания. Открываются возможности использования топлив с низким цетановым числом или водотопливных эмульсий, реализации в какой-то степени многотопливности, снижения тепловой и механической нагруженности двигателя, шумности, уровня вредности и дымности отработавших газов.

Однако известно, что подавление скорости выделения теплоты в начальной фазе сгорания в районе ВМТ, где теплота преобразуется в работу наиболее эффективно, создает предпосылки к снижению экономичности цикла. К ним можно отнести увеличение вероятности нарушения принципа смесеобразования: топливный факел основной подачи не должен проходить через зону воспламенения запальной порции. Это приводит к ухудшению макросмесеобразования по причине переобогащения смеси в зоне воспламенения и переобеднению ее в периферийных объемах камеры сгорания. Нарушается согласованность, достигнутая в процессе доводочных испытаний двигателя между периодом задержки воспламенения, дальнобойностью топливного факела, диаметром горловины камеры и скоростью вихревого движения заряда. Несомненно, что все эти нарушения наиболее выражены при преждевременном (до подачи основной порции) воспламенении запальной порции топлива, и при организации двойной подачи топлива оно должно быть исключено [6].

Вместе с тем существуют и факторы положительного влияния на эффективность использования теплоты в цикле. К ним следует отнести значительную гомогенизацию смеси запальной порции топлива и сокращение продолжительности основной подачи, которые уменьшают продолжительность фаз основного сгорания и догорания топлива.

Изменение условий смесеобразования и сгорания при двойной подаче в сравнении с традиционной одноразовой подачей с точки зрения экономичности цикла и двигателя не является единственной, а возможно и не всегда главной причиной. Есть и другие, непосредственно связанные с реализацией способа подачи первичной дозы топлива и приводящие к прямым ее потерям. Наиболее отчетливо они просматриваются при подаче первичной порции штатной форсункой в цилиндр в начальной фазе такта впуска (в конце выпуска) в период продувки цилиндра, когда открыты оба клапана: впускной и выпускной, и практически отсутствуют при ступенчатом впрыске топлива [3].

Прямые потери части запальной дозы топлива обусловлены двумя причинами. Первая, это возможный унос части топлива с отработавшими газами, покидающими цилиндр

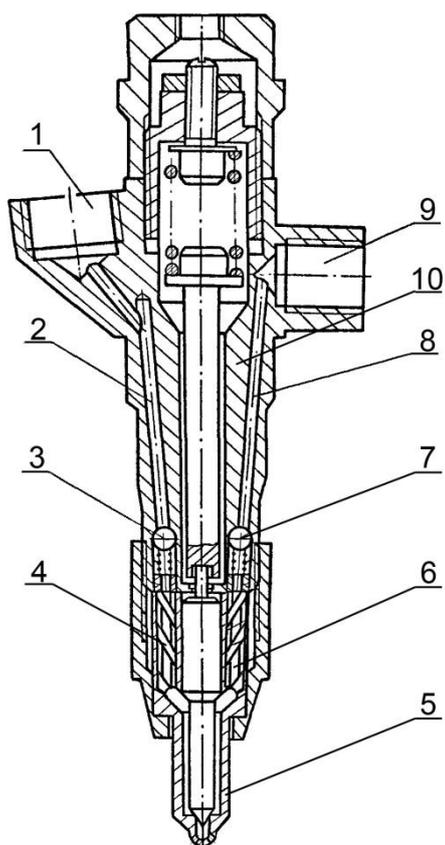
через еще открытые выпускные клапаны, что наиболее характерно для двигателей с газотурбинным наддувом и интенсивной продувкой цилиндра свежим зарядом [2].

Вторая, связанная с тем, что в сравнении с впрыском основной порции топлива в камеру сгорания (КС) впрыск запальной осуществляется при других условиях: отсутствует противодействие впрыску, увеличивается объем цилиндра, ниже температура среды, более интенсивные турбулентные пульсации газовой среды. Все это, с учетом высокой кинетической энергии топливной струи, несмотря на ориентацию траектории топливных факелов в КС, позволяет части топлива, отраженной от поверхности КС и днища поршня и захваченной вихревым движением воздушного заряда, переноситься на менее нагретые поверхности цилиндра. Откуда не успевшее испариться топливо снимается поршневыми кольцами, тем самым, увеличивая прямые потери запальной дозы топлива.

Минимизация суммарных потерь запальной порции достигается подбором некоторых компромиссных условий по фазе и количеству подаваемого топлива по тому, что условия получения минимальных прямых потерь топлива, обуславливаемых действием первой и второй причин, не совпадают или даже противоположны. Так, для уменьшения потерь топлива, связанных с попаданием на стенку цилиндра, необходимо обеспечить его впрыск предположительно непосредственно в КС, т.е. в начале впуска при подходе поршня к ВМТ по фазе примерно аналогичной той, при которой осуществляется впрыск основной порции топлива в КС в конце такта сжатия. Но тогда необходимо осуществлять предварительный впрыск в фазе принудительного выпуска до ВМТ, что увеличивает вероятность роста прямых потерь топлива в систему выпуска, накапливающихся в течение всего периода перекрытия клапанов [9].

Впрыск топлива осуществлялся специальной форсункой (дообработанная серийная форсунка). Опытная система отличается от типовой тем, что подача топлива к специальной форсунке производится не одной, а двумя насосными секциями высокого давления с одинаковыми трассами движения топлива, аналогичными описанной выше. Каждую из насосных секций можно настроить на свои индивидуальные значения количества и момента начала подачи топлива. Первую – за счет независимого управления поворотом плунжера каждой из насосных секций. Вторую – благодаря имеющейся возможности изменения положения кулачковой шайбы на общем кулачковом валу каждой из насосных секций по отношению к коленчатому валу при неработающем двигателе. Имеется и устройство изменения угла начала подачи топлива для одной или обеих работающих секций без останова двигателя, благодаря использованию косозубого зацепления в приводе кулачкового вала.

Применением двух насосных секций для подачи топлива в линии высокого давления к форсунке специальной конструкции осуществляется независимый впрыск в цилиндр двух порций топлива как по моменту, так и по количеству впрыскиваемого топлива (рисунок 1).



- 1 – штуцер подачи первичной порции;
- 2,4 – канал подачи первичной порции;
- 3 – обратный клапан;
- 5 – распылитель;
- 6,8 – канал подачи основной порции;
- 7 – обратный клапан;
- 9 – штуцер подачи основной порции;
- 10 – корпус форсунки

Рис. 1 - Двухканальная форсунка для обеспечения двойного впрыска топлива [7]

Созданная экспериментальная система двухразовой подачи является универсальной в том смысле, что дает возможность осуществлять двухступенчатую подачу с управлением фазой и величиной каждой порции. В исследованиях система была настроена на двухступенчатую подачу топлива по схеме на рисунке 2.

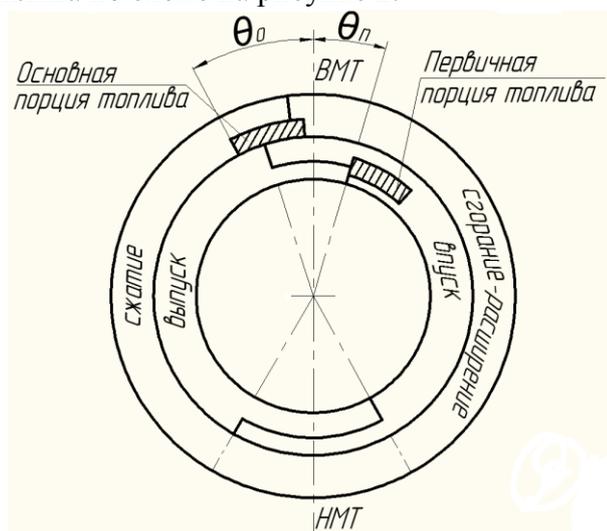
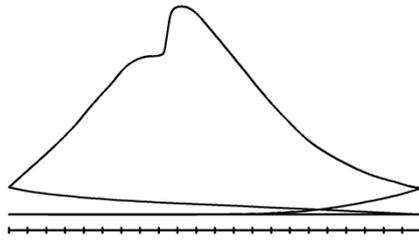


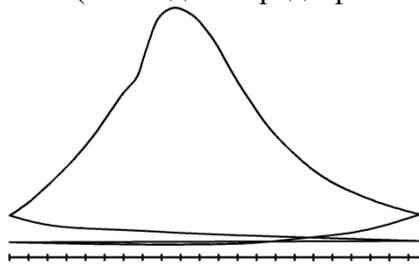
Рис. 2 – Диаграмма фаз двойной топливоподачи

Для определения величины запальной дозы топлива, при которой происходит ее самовоспламенение на работающем под нагрузкой дизеле, был принят следующий метод: при заданной исходной нагрузке (индикаторной или эффективной) на двигателе с помощью имеющегося устройства задавался заведомо поздний угол опережения впрыска топлива при нулевой предварительной подаче. Индикаторная диаграмма, фиксируемая на экране

осциллографа, как известно, приобретает характерный вид: начало видимого сгорания сдвигается на линию расширения (рисунок 3а). Затем осуществляется последовательное увеличение предварительной подачи, и фиксируется ее значение, при котором индикаторная диаграмма приобретает типичный вид с началом сгорания до ВМТ (рисунок 3б). Оно и принималось за границу преждевременного воспламенения запальной порции топлива.



а) позднее воспламенение (без подачи предварительной порции топлива)



б) преждевременное воспламенение дополнительной порции топлива

Рис. 3 – Индикаторная диаграмма

Необходимое изменение часового расхода топлива вытекает из выражения [8]

$$N_e = \frac{G_m}{g_e} = const, \quad G_m = G_{mн} \frac{g_e}{g_{ен}} = G_{m,м} \frac{g_e}{g_{e,м}}, \quad (1)$$

из которого следует, что для получения постоянной мощности часовой расход топлива должен изменяться пропорционально изменению удельного эффективного расхода g_e .

Изменение цикловой подачи топлива получим из уравнения, в котором вместо расхода g_e введена обратная ему величина - эффективный КПД η_e

$$q_{mн} \cdot n \cdot \eta_{ен} = q_m \cdot n \cdot \eta_e ;$$

$$q_m = q_{mн} \frac{n_n \cdot \eta_{ен}}{n \cdot \eta_e}. \quad (2)$$

То есть цикловой расход топлива должен быть обратно пропорциональным изменению произведения $\eta_e \cdot n$.

Если за исходный режим принят режим максимального крутящего момента с $n = n_m$, то формула (3) принимает вид

$$q_m = q_{m,м} \frac{n_m \cdot \eta_{e,м}}{n \cdot \eta_e} \quad (3)$$

Выражение для определения эффективного КПД η_e запишется как произведение $\eta_i \cdot \eta_m$

$$\eta_e = \frac{\alpha[\eta_{i,м}/\alpha_m - (\alpha - \alpha_m)\xi + \beta(K-1)\alpha/\alpha_m]}{[1 + K(a + vC_m + dC_m^2 + h\frac{K_n - K}{K})]}. \quad (4)$$

Обобщающий график изменения границы преждевременного воспламенения предварительной порции в функции исходной индикаторной нагрузки, представлен на рисунке 4.

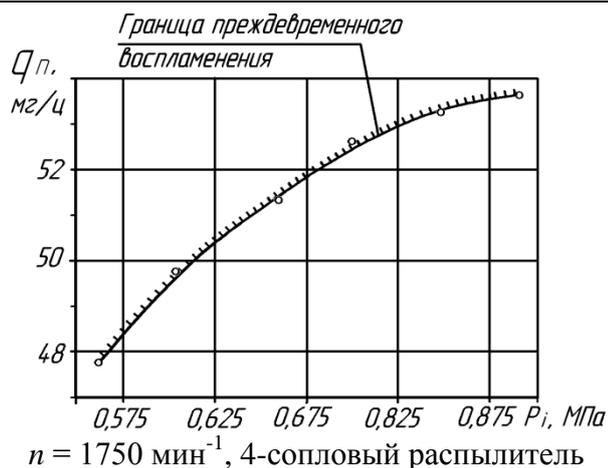
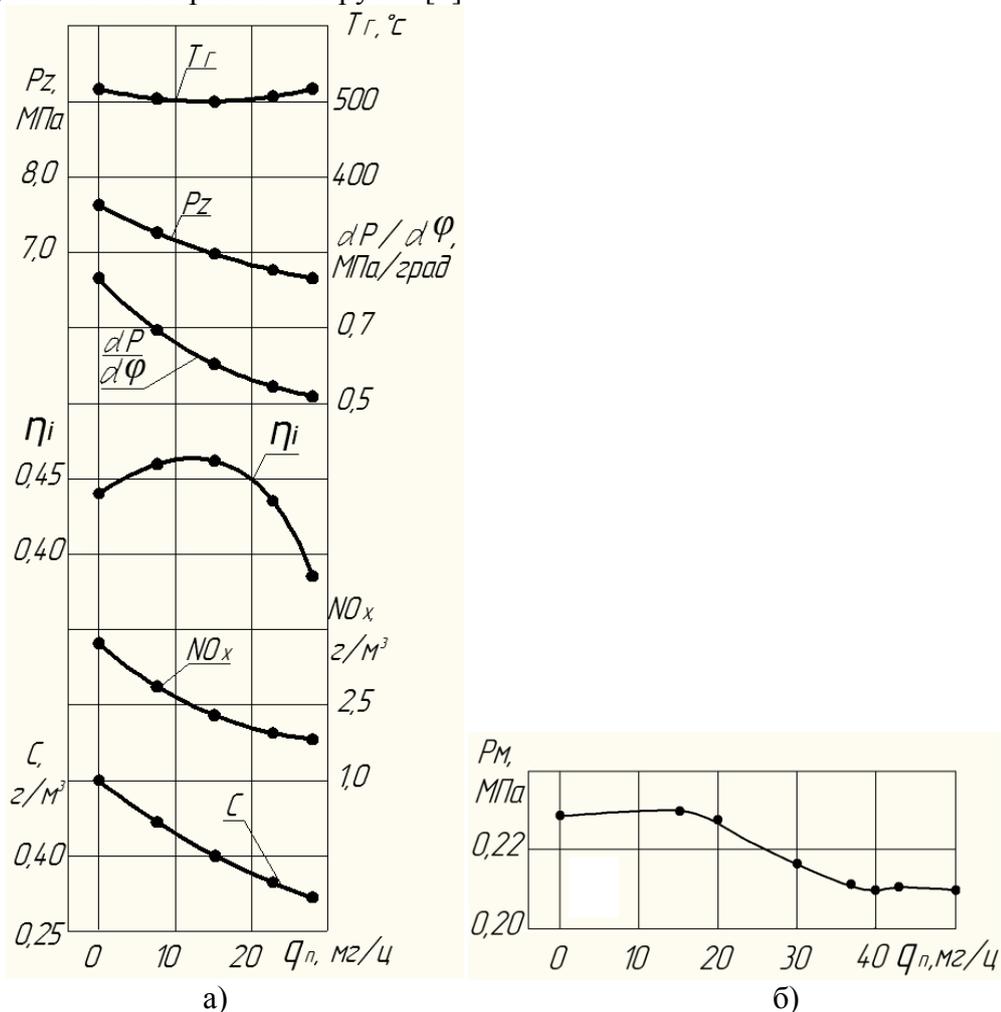


Рисунок 4 – Граница преждевременного воспламенения
 $n = 1750 \text{ мин}^{-1}$, 4-сопловый распылитель

Откуда следует, что граничные порции топлива достаточно большие, в среднем около 50 мг/ц, что составляет более половины от цикловой подачи номинального режима, имеют тенденцию к увеличению с ростом нагрузки [1].



а) б)
 $n=1750 \text{ мин}^{-1}$; $P_i=0,875 \text{ МПа}$; 4-сопловый распылитель

Рисунок 5 – Влияние предварительной порции топлива на показатели дизеля

Анализируя графики на рисунке 5а, можно установить зону эффективного воздействия двухступенчатой подачи на показатели работы двигателя. В этой зоне, расположенной в диапазоне изменения $q_n = 0 - 20 \text{ мг/ц}$, индикаторный КПД η_i больше (или

равен на границах зоны), а значения жесткости, максимального давления сгорания, содержания оксидов азота и сажи в отработавших газах ниже по сравнению с исходным режимом при $q_n = 0$.

Выход за правую границу зоны нежелателен по причине существенного уменьшения КПД η_i .

Для достижения наибольшего увеличения индикаторного КПД до 5 % с меньшим эффектом снижения динамики цикла, дымности и токсичности в сравнении с исходным режимом необходимо назначать оптимальное значение $q_n = 15 \text{ мг/ц}$. Для получения большего эффекта в снижении максимального давления, жесткости сгорания и содержания в ОГ оксидов азота следует принимать $q_n = 20 \text{ мг/ц}$ [10].

На рисунке 5б обращает внимание зависимость среднего давления механических потерь P_m от величины предварительной подачи q_n , полученного методом «прокрутки», в расширенном диапазоне изменения q_n . Начиная с подачи, несколько большей 20 мг/ц, четко прослеживается снижение давления механических потерь на 10 % от величины P_m в исходном режиме работы дизеля при $q_n = 0$. Причиной такого снижения давления P_m , как отмечалось выше, является попадание части предварительной порции топлива в масляную пленку зеркала цилиндра и ее разжижение, несмотря на ориентацию топливных струй в камеру сгорания [5].

Исследованиями двухступенчатой подачи топлива (запальной порции по завершению процесса выпуска в такте впуска и основной, как обычно, при подходе поршня к ВМТ в такте сжатия), реализованной топливоподающей аппаратурой непосредственного действия, выявлена возможность снижения индикаторного расхода топлива на 4 %, максимальных давления цикла и скорости его нарастания соответственно на 10 и 25 %, содержания оксидов азота до 40 %, дымление – на 30 %, при условии оптимальной запальной дозы, составляющей порядка 20 % от основной и определяемой совокупным изменением рабочего процесса и прямыми потерями запальной порции.

Список литературы:

1. Некрасова, М.А. Повышение давления впрыска топлива и его влияние на состав отработавших газов/ М.А. Некрасова, Г.Д. Матиевский, А.Е. Свистула // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2017. Т. 4. № 1 (7). С. 297-300.
2. Матиевский, Г.Д. Оценка снижения уровня вредных выбросов отработавших газов дизеля при работе по оптимизационной характеристике [Текст] / Г.Д. Матиевский, А.Е. Свистула, М.А. Некрасова // В сборнике: Современные транспортные технологии: задачи, проблемы, решения Сборник трудов Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов. Научный редактор В.С. Кукис. 2017. – с. 90-94.
3. Матиевский, Г.Д. Снижение расхода топлива и вредных выбросов тракторного дизеля (монография)/ Г.Д. Матиевский, М.А. Некрасова, А.Е. Свистула, М.Э. Брякотин // Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing; ISBN: 978-3-659-87686-8 – 2016 – 210 с.
4. Свистула, А.Е. Двойная подача топлива в дизеле с топливной системой непосредственного действия разделенного типа [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский // Ползуновский вестник. – № 4. – 2009. – С. 166-172.
5. Свистула А.Е., Исследование оптимизационной скоростной характеристики двигателя постоянной мощности [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский // Двигатели внутреннего сгорания. – № 2. – 2011. – с. 46-49.
6. Свистула, А.Е. Оптимизация скоростного режима дизеля по характеристике постоянной мощности [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский, М.Э. Брякотин// Известия Международной академии аграрного образования. – Т. 4. – № 16. – 2013. – С. 225-230.

7. Свистула, А.Е. Патент на полезную модель 42073 Российская Федерация, МПК7 F 02 М 25/022. Система питания дизеля. / А.Е. Свистула, Д.Д. Матиевский, Е.М. Калюжный, А. Тактак (РФ) - № 2004121938/22; заявл. 19.07.2004; опубл. 20.11.04, бюл. № 32.

8. Свистула А.Е., Повышение показателей рабочего процесса дизеля двойной подачей топлива [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский // В сборнике: Повышение экологической безопасности автотракторной техники Российская Академия транспорта, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Барнаул, – 2010. – с. 80-86.

9. Свистула, А.Е. Повышение экономичности и снижение вредных выбросов дизеля на режимах постоянной мощности [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский // Ползуновский вестник. – № 3-1. – 2012. – с. 113-117.

10. Свистула А.Е., Эффективность двойной подачи топлива в дизеле [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский // Двигатели внутреннего сгорания. – № 1 – 2010. – с. 17-21.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СЕТИ И СИСТЕМЫ

УДК 621.397

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ
В ДВУНАПРАВЛЕННОЙ АССОЦИАТИВНОЙ ПАМЯТИ**

Жээнбеков А.А., кандидат технических наук, доцент, Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Ельцина, 720045, Кыргызская Республика, г.Бишкек, пр.Чуй, 44, e-mail: aajeenbekov@gmail.com

Сарыбаева А.А., и.о.доцента, Институт электроники и телекоммуникаций при Кыргызском государственном техническом университете им. И.Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: aasarybaeva@mail.ru.

В данной работе предлагается метод распознавания изображений в с использованием алгоритма ортогональных проекций для улучшения производительности двунаправленной ассоциативной памяти. Проведено исследование эффективности предложенного метода, реализованного в виде программы, на примере решения задачи распознавания изображений при различной степени искажения. Результаты сравнительного анализа показателей точности распознавания в сопоставлении с показателями предыдущих исследований с использованием существующих алгоритмов распознавания изображений подтверждает, что предложенный метод обеспечивает достаточно большую точность распознавания и в среднем точность распознавания достигла до 90% даже при распознавании изображений, искаженных до 20%. А также предложена оптическая схема двунаправленной ассоциативной памяти для решения задач распознавания изображений. За счет использования голографической пластинки в качестве синаптической матрицы и двух жидкокристаллических пространственно-временных модуляторов света можно увеличить емкость памяти. Результаты проведенных экспериментов по распознаванию изображений размером 512x512 пикселей показывают, что точность распознавания увеличилась в 1,6 раза по сравнению с результатами предыдущих экспериментов. Предложенный метод распознавания изображений позволяет повысить как устойчивость к шуму, так и скорость работы двунаправленной ассоциативной памяти.

Ключевые слова: нейронная сеть, двунаправленная ассоциативная память, фурье-голограммы, распознавание изображений.

**AN ACCURACY ASSESSMENT OF IMAGE RECOGNITION
IN TWO-DIRECTIONAL ASSOCIATIVE MEMORY**

Jeenbekov A.A., Ph.D., Associate Professor, Kyrgyz-Russian Slavic University, 720045, Kyrgyz Republic, Bishkek city, Chui Ave., 44, e-mail: aajeenbekov@gmail.com

Sarybaeva A.A., Institute of Electronics and Telecommunications, Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, 720044, Kyrgyz Republic, Bishkek city, Ch.Aitmatov Ave., 66, e-mail: aasarybaeva@mail.ru.

In this paper, we propose a method for recognizing images using the orthogonal projection algorithm to improve the performance of bidirectional associative memory. The efficiency of the proposed method realized in the form of a program is investigated using the example of solving the problem of image recognition at various degrees of distortion. The results of a comparative analysis of the accuracy of recognition in comparison with the previous studies using existing image recognition algorithms confirm that the proposed method provides a sufficiently high recognition accuracy and, on average, the recognition accuracy reaches up to 90% even when recognizing

images distorted to 20%. Also, an optical scheme of bidirectional associative memory for image recognition is proposed. By using a holographic plate as a synaptic matrix and two liquid-crystal space-time light modulators, memory capacity can be increased. The results of the experiments on recognition of images with a size of 512x512 pixels show that the recognition accuracy increased 1.6 times in comparison with the results of previous experiments.

Key words: neural network, bi-directional associative memory, Fourier holograms, image recognition.

Введение

В последние годы внимание исследователей уделено проблемам создания систем распознавания изображений на принципах нейронных сетей, так как использование принципов нейронных сетей может привести к улучшению качества распознавания. Как показывают результаты исследований [1, 3], среди таких систем по производительности особо выделяется двунаправленная ассоциативная память (ДАП) и она совместима с оптическими системами. Как отмечалось в работах [3-4] двунаправленная ассоциативная память отличается не только вышеуказанными достоинствами, а также можно выделить следующий недостаток: относительно низкую точность распознавания, хотя процесс формирования синаптических весов взаимосвязи самый простой и быстрый. Для решения данной проблемы предложен метод ускорения скорости алгоритма распознавания изображений в двунаправленной ассоциативной памяти, а также сравнительная количественная оценка достоверности распознавания.

1. Модель двунаправленной ассоциативной памяти

В работах [1, 5] было предложено модифицированная модель двунаправленной ассоциативной памяти (МДАП) на принципах нейронных сетей (рис.1).

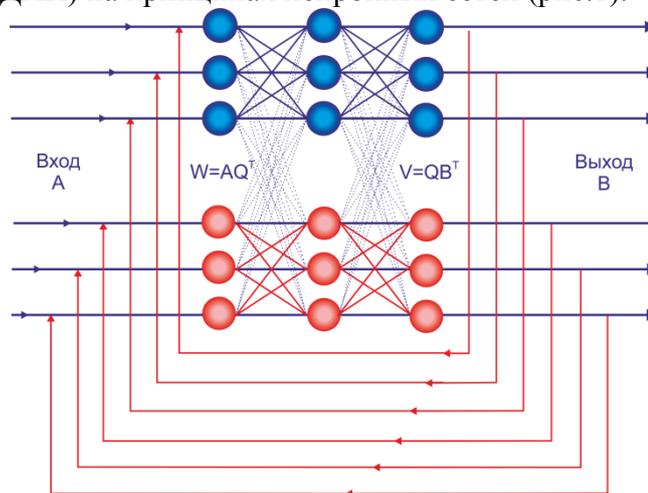


Рисунок 1. Структурная схема модифицированной двунаправленной ассоциативной памяти

Как показано на рис.1, МДАП содержит нейронные слои *A* и *B*, соединенные синаптическими матрицами *W* и *V*. Нами предлагается использовать промежуточную ортогональную матрицу *Q* (2) для ассоциативного связывания нейронные слои *A* и *B*:

$$W = A \cdot Q^T ; V = Q \cdot B^T \tag{1}$$

где *Q* - промежуточная ортогональная матрица размером *n*×*n*:

$$Q = 1 - 2 \cdot u \cdot u^T , \tag{2}$$

а *u* - вектор из *n* компонент, представленный в виде $u_i = 1/n^{1/2}$.

Восстановление векторов изображений *A* и *B* в процессе распознавания изображений выражено в виде следующей формулы:

$$\begin{aligned} B &= f^*(A^t \cdot W) \cdot V \\ A &= f^*(B^t \cdot V^t) \cdot W^t \end{aligned} \quad (3)$$

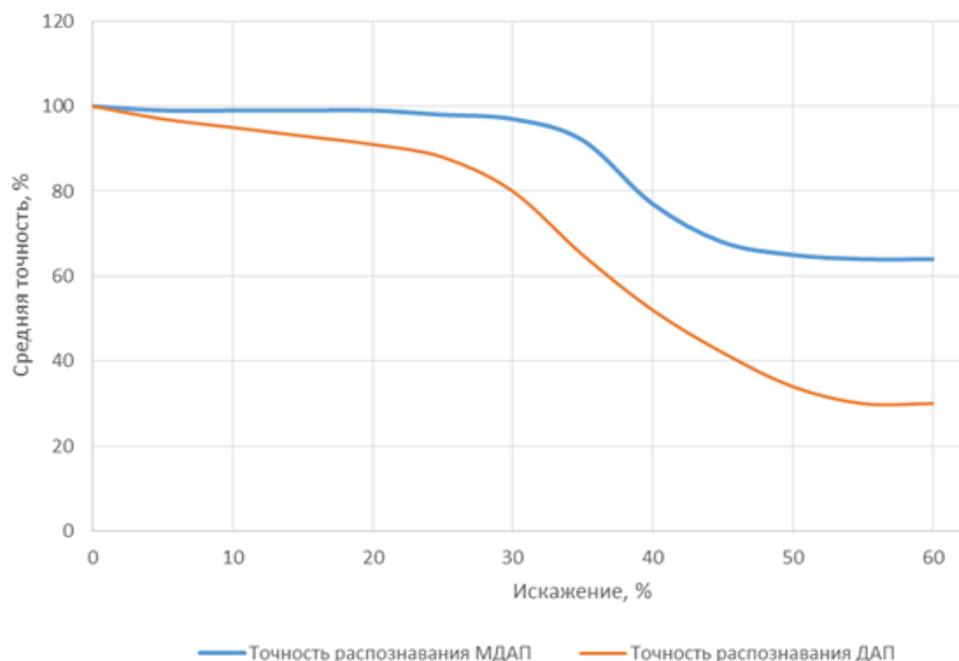
Наличие скрытого слоя нейронов и использование порогового фильтра, выраженного в следующем виде:

$$f^*(x) = \begin{cases} 1 - 2 \cdot u_i^2, & \text{при } x \geq 0, \\ -2 \cdot u_i^2, & \text{при } x < 0 \end{cases} \quad (4)$$

увеличивает точность распознавания изображений, и точность так же обеспечивается при достижении минимального значения среднеквадратической ошибки.

Было проведено исследование эффективности предложенной модели двунаправленной ассоциативной памяти на примере решения задачи распознавания искаженных изображений. Для оценки эффективности предложенного метода проведен сравнительный анализ показателей точности с результатами предыдущих исследований, в которых использовались стандартные алгоритмы распознавания изображений. В результате сопоставления данных сделали вывод об эффективности предложенного метода: он обеспечивает достаточно большую точность распознавания и в среднем точность распознавания достигла до 90% (90-95% успешно распознанных изображений). А также подтверждена, что точность распознавания зависит не только от степени искаженности изображения (рис.2а), но и от количества обучающей выборки (рис. 2б), наилучшая точность достигается при искажении изображений до 20%.

Результаты моделирования



а)



б)

Рисунок 2. Результаты сравнительного анализа точности распознавания изображений: а) в зависимости от степени искажений; б) в зависимости от количества обучающей выборки

Для того чтобы улучшить показатели точности распознавания изображений предложена схема оптической реализации двунаправленной ассоциативной памяти.

2. Схема оптической реализации двунаправленной ассоциативной памяти

Предложена принципиальная оптическая схема распознавания изображений на принципах двунаправленной ассоциативной памяти (рис.3).

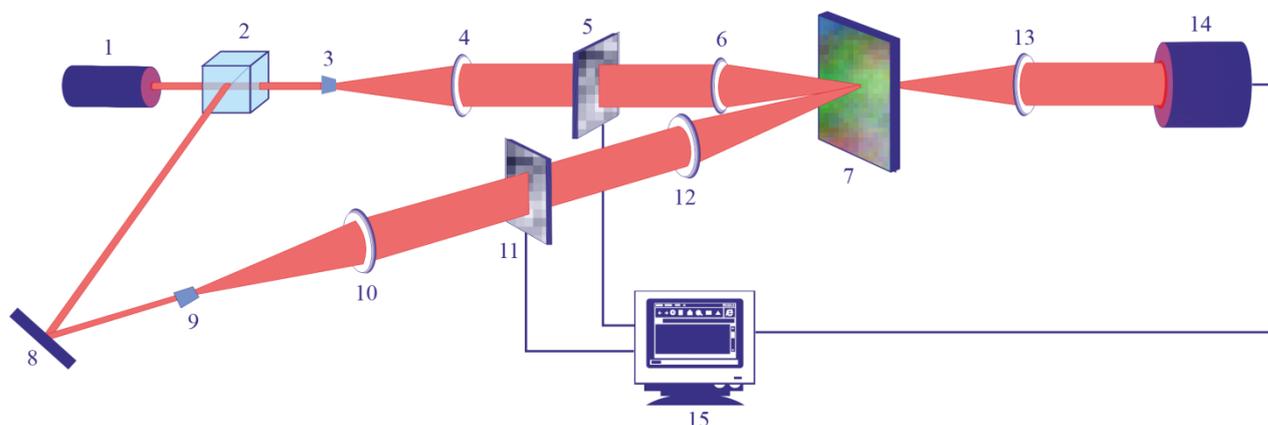


Рисунок 3. Оптическая схема системы распознавания изображений на принципах двунаправленной ассоциативной памяти:

1 — лазер; 2 — светоделитель, 3,9 — микро-объективы; 4,6,10,12 — объективы Фурье; 5,11 — ПВМС; 13 — объектив; 7 — голографическая пластина; 8 — зеркало; 13 — объектив; 14 — ПЗС матрица; 15 — ПК.

В данной схеме в качестве источника излучения используется полупроводниковый лазер ($\lambda = 0,638$ мкм), а в качестве синаптической матрицы используется голографическая пластина 7 ПФГ-03М [5]. Для ввода синтезированной голограммы в оптическую схему использованы две пространственно-временные модуляторы света (ПВМС 5,11) на основе ЖК матрицы, размер пикселя модулятора 32 мкм, размерность модулятора 1024x768

пикселя. Запись модулированной информации из ПВМС на голографический носитель 7 осуществляется объективами Фурье 6 и 12, с фокусным расстоянием $f = 250$ мм. Особенностью данного способа записи информации заключается в том, что опорная волна тоже несет информацию, одновременно записывая объективом 13 ($f = 250$ мм). При считывании информация с голографической пластины фокальной плоскости объектива 13, осуществляет пространственную фильтрацию спектра структуры ПВМС и восстановленного поля голограммы.

Результаты проведенных экспериментов по распознаванию изображений размером 512x512 пикселей, которые подвергаются случайному шуму показаны на рис. 4.

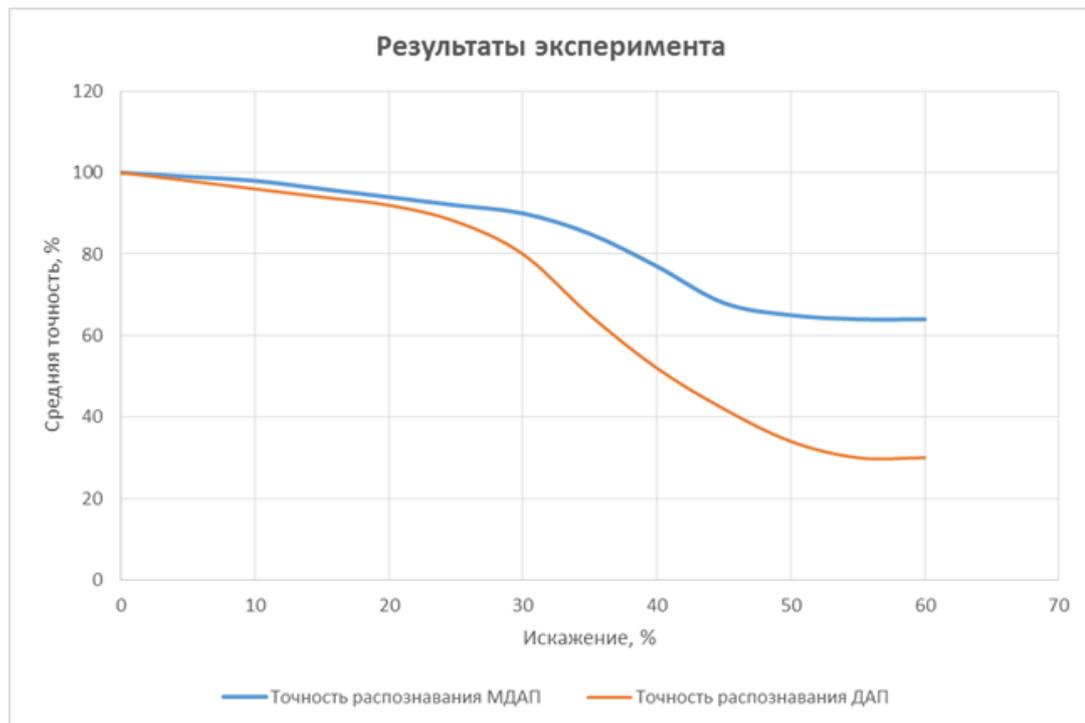


Рисунок 4. Результаты экспериментальных исследований

Как показано на рис. 4, точность распознавания составила в среднем 95%, что увеличилась в 1,6 раза по сравнению с результатами предыдущих экспериментов [3].

Заключение

Рассмотрены методы моделирования и оптической реализации двунаправленной ассоциативной памяти на принципах голографии. Проведен сравнительный анализ результатов экспериментальных исследований для оценки точности распознавания изображений. Предложенный метод распознавания изображений позволяет повысить как устойчивость к шуму, так и скорость работы двунаправленной ассоциативной памяти.

Список литературы

1. Жээнбеков А.А., Сарыбаева А.А. Особенности применения модели ортогональной проекции в ассоциативной памяти //Наука и новые технологии, №1, 1998г., г.Бишкек. С. 7-12.
2. Жээнбеков А.А., Сарыбаева А.А. Оптимальные условия для сходимости алгоритма обратного распространения ошибки //Наука и новые технологии, №1, 2001 г., г.Бишкек. - С. 97-100
3. Сарыбаева А.А. Оптические методы реализации двунаправленной ассоциативной памяти. Современные тенденции развития науки и технологий, № 1-2, с.58-

References

1. Jeenbekov A.A., Sarybaeva A.A. Features of application of orthogonal projection model in associative memory // Science and new technologies, N1, 1998, Bishkek, p. 7-12.
2. Jeenbekov A.A., Sarybaeva A.A. Optimal conditions for the convergence of the back propagation error algorithm // Science and new technologies, N1, 2001, Bishkek, p. 97-100
3. Sarybaeva A.A. Optical methods for implementing bi-directional associative memory. Modern trends in the development of science and technology, N1-2, p.58-62, - 2016 // Periodic scientific collection of materials X International scientific-practical conference, Belgorod, 31 January, 2016.
4. <http://www.slavich.ru>

УДК - 004.3

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЖАТИЯ ВИДЕОДАНЫХ ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Каткова Светлана Николаевна, ст. преподаватель, КГТУ им. И. Раззакова, 720044, Кыргызстан, г. Бишкек, пр. Чингиза Айтматова 66, Тел: 0550437100, e-mail: goodday54@yandex.ru

Искаков Рысбек Таабалдиевич, доцент, КГТУ им. И. Раззакова, 720044, Кыргызстан, г. Бишкек, пр. Чингиза Айтматова 66, Тел: 0550437100, e-mail:

Аннотация. В статье сделано обоснование необходимости разработки программного обеспечения сжатия видеоданных в системах видеонаблюдения для Кыргызстана. Проанализирован выбор средств для собственной разработки программного обеспечения сжатия видеоданных. Определена актуальность разработки программного обеспечения аппаратным путем на базе ПЛИС архитектуры FPGA в образовательных и коммерческих целях.

Ключевые слова: оцифровка, долговременный видео архив, срок исковой давности, видеорегистраторы, размера кадра, темп записи, емкость архивов жестких дисков.

RATIONALE FOR THE CHOICE OF DEVELOPMENT TOOLS VIDEO COMPRESSION SOFTWARE FOR VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM

Katkova Svetlana, Senior Lecturer, KGTU named after I. Razakova, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, Chingiz Aytmatova Ave. 66, Phone: 0550437100, e-mail: samagan@mail.ru

Iskakov Risbek, associate professor, KSTU. I. Razzakova, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek city, Chingiz Aytmatova Ave. 66, Phone: 0550437100, e-mail:

Annotation. The article substantiates the need to develop video compression software in video surveillance systems for Kyrgyzstan. The choice of means for own software development for video data compression is analyzed. The urgency of software development by hardware based on FPGA architecture for educational and commercial purposes is determined.

Key words: digitization, long-term video archive, limitation period, DVRs, frame size, recording tempo, capacity of hard disk archives.

Введение

В современном мире остро стоит проблема сжатия видеоданных при передаче их по сетям и при сохранении на жестких дисках. Кыргызстан не является исключением. На рынке Кыргызстана отсутствуют средства сжатия видео информации.

Цифровая техника круто изменила жизнь к лучшему, но не у нас в Кыргызстане, а в дальнем зарубежье. Жизнь требует активного вмешательства цифровых устройств и в нашу жизнь. Например, с 2018 года в Кыргызстане на государственном уровне начался проект оцифровки «Умный город». Компонента «Безопасный город» должна решить задачу обеспечения безопасности граждан страны с помощью интегрированной системы наружного наблюдения в городах Бишкек и Ош [4].

Наша кафедра начала изучать проблему сжатия видео раньше - в 2017 году в связи со студенческим проектом. Государственный проект подтвердил необходимость решения этой задачи. И мы стали исследовать проблемы, возникающие при использовании видео систем.

Выявили основные проблемы в системах видеонаблюдения, связанных с безопасностью:

1. Проблема со сжатием и архивацией видеоданных для длительного хранения. Эта проблема стоит особенно остро, так как видеоархивы быстро растут в объеме, а хранить информацию с правонарушениями следует 3-10 лет. Это срок исковой давности, в пределах которого видео информация имеет законную силу, и суд может справедливо защитить или осудить человека на основе этой архивной информации.

2. Проблема краткосрочности хранения информации на дисках видеорегистраторов. Современные видеорегистраторы хранят информацию с камер всего 30-60 суток, затем информация стирается. Проблема заключается в стремлении сберечь дорогостоящие жесткие диски для видеосистем. Как следствие – возможность раскрытия преступлений только по «горячим следам».

Решение проблем

Для решения проблем необходимо создать долговременный видео архив в соответствии со сроком исковой давности и сжать видео данные в десятки и сотни раз, чтобы архивы не превысили своих реально обоснованных пределов. В таблице 2 представлен расчет емкости архивов жестких дисков и эффекта от внедрения ПО сжатия видео в пределах 40 раз.

Расчет размера архивов в системах видеонаблюдения

Расчет сводится к определению размера кадра изображения, темпа записи на каждую камеру (количество кадров в секунду), необходимое количество часов записи в сутки, количество видеокамер, устанавливаемых на объекте и необходимое количество суток записи.

Зная приведенные выше параметры, можем рассчитать необходимую емкость жестких дисков.

1. **Определяем требуемое место на жестком диске для записи одной видеокамеры в течении 1 часа (строка 5, см таблицу),** для этого перемножаем объем 1 кадра изображения (строка 1) на количество кадров в час (строка 4);

2. **Определяем требуемый объем для записи одной видеокамеры в течении 1 суток (7 строка)** для этого нам необходимо знать требуемое место на жестком диске для записи одной видеокамеры в течении 1 часа (5 строка), количество часов записи в сутки (6 строка, для камер наружного наблюдения необходима непрерывная запись в течение 24 часов);

3. **Определяем требуемый объем жестких дисков для записи всех видеокамер в течении необходимого количества суток,** умножаем количество суток (строка 10) на требуемый объем для записи всех видеокамер в течении 1 суток (строка 9);

4. Для удобства восприятия переводим КБайт в МБайт (строка 12), ГБайт (строка 13), ТБайт (строка 14).

14) Требуемый объем для записи 1000 камер в течение 1 года (строка 14 x 12).

15) Требуемый объем для записи 1000 камер в течение 3 лет (строка 15 x 10).

16) Количество жестких дисков, необходимых для хранения записей с 1000 камер в течение 3 лет (строка 16 / строку *)

Таблица 1 Расчет емкости архивов жестких дисков [1]

| | | | |
|----|---|-----------------|------------------|
| * | Объем жесткого диска | 10 | ТБайт |
| ** | Цена жесткого диска | 30946 | |
| 1 | Объем одного кадра изображения с разрешением 704X576 | 43,6 | Кбайт |
| 2 | Темп записи на каждую камеру | 8 | Кадров в секунду |
| 3 | Количество кадров в минуту=(2) x 60 | 480 | кадров |
| 4 | Количество кадров в час=(3) x 60 | 28800 | кадров |
| 5 | Требуемый объем на жестком диске для записи одной видеокамерой в течение 1 часа=(1) x (4) | 1 255 680 | Кбайт |
| 6 | Количество часов записи в сутки | 24 | часов |
| 7 | Требуемый объем на жестком диске для записи одной видеокамерой в течение суток=(5) x (6) | 30 136 320 | Кбайт |
| 8 | Количество установленных камер | 1000 | штуки |
| 9 | Требуемый объем на диске для записи 1000 камер в течение суток= (7) x (8) | 30 136 320 000 | Кбайт |
| 10 | Количество суток записи | 30 | суток |
| 11 | Требуемый объем для записи 1000 камер в течение 30 суток = (9) x (10) | 904 089 600 000 | Кбайт |
| 12 | = (11)/1024 | 882 900 000 | Мбайт |
| 13 | = (12)/1024 | 8622076,03 | ГБайт |
| 14 | = (13)/1024 | 841 | ТБайт |
| 15 | Требуемый объем для записи 1000 камер в течение 1 года = (14) x 12 | 10 092 | ТБайт |
| 16 | Требуемый объем для записи 1000 камер в течение 3 лет = (15) x 3 | 30276 | ТБайт |
| 17 | Количество жестких дисков, необходимых для хранения записей с 1000 камер в течение 3 лет объемом 10 Тб=(16) / (*) | 3027 | штук |
| 18 | Стоимость жестких дисков, необходимых для хранения записей с 1000 камер в течение 3 лет =(17) / (**) | 93 674 | тыс. сом. |
| 19 | Количество жестких дисков, необходимых для хранения записей с 1000 камер в течение 3 лет объемом 10 Тб при использовании ПО сжатия= (17) / 40 | 76 | штуки |
| 20 | Стоимость жестких дисков, необходимых для хранения записей с 1000 камер в течение 3 лет при использовании ПО сжатия=(18) / 40 | 2 342 | тыс. сом |
| 21 | Эффект от внедрения ПО сжатия за 3 года = (18) - (20) | 91332 | тыс. сом |

24

Примечание: (1) – ссылка на номер строки со значением, вставляемым в формулу.

Приведен расчет, который показывает, что сжать архивы следует не менее, чем в 30-40 раз («40» используется в строке 19 таблицы 2). Расчетное значение объема жесткого диска, необходимое для записи кадров размером 704*576 со скоростью записи 8 кадров в секунду в течение 30 суток (по 10 часов в сутки) для 24 установленных видеокамер на объекте составляет 8,4 Тбайта [7]. При непрерывной записи в течение суток объем увеличивается в 2,4 раза и составляет 20,2 Тбайта. Объем одного жесткого диска, используемого в этих системах от 8 до 10 Тбайт. Хранить архивы необходимо 3-10 лет, в течении которых информация имеет статус вещественных доказательств в суде. За 10 лет будет использовано 20,2 Тбайта *12 месяцев *10 лет =2424 Тбайта дискового

пространства, т.е. около 300 дисков для одного объекта. Кроме того, следует учитывать, что в случае поломки жесткого диска следует иметь как минимум одну резервную копию этого диска.

Цены на жесткие диски для камер систем наружного видеонаблюдения приведены в таблице 2.

Таблица 2 Цены на жесткие диски для систем видеонаблюдения [3]

| Наименование диска | Емкость | Цена (руб.) | Цена (сом) |
|--|---------|-------------|------------|
| Жесткий диск SATA 10TB 3.5" SkyHawk Guardian Surveillance 7200rpm 256MB 24x7 | 10TB | 25 788 | 30946 |
| Жесткий диск SATA 2TB 3.5" SkyHawk Guardian Surveillance SATA 6Gb/s 59000rpm 64MB | 2TB | 5 401 | 6481 |
| Жесткий диск SATA 3TB 3.5" SkyHawk Guardian Surveillance SATA 6Gb/s 5900rpm 64MB | 3TB | 7 318 | 8782 |
| Жесткий диск SATA 6TB 3.5" SkyHawk SATA 6Gb/s 7200rpm 256MB NCQ | 6TB | 14 288 | 17146 |

Обоснование выбора аппаратных средств

Сжать видеоданные предстоит в режиме реального времени параллельно с записью.

Решить эту задачу с помощью программных продуктов невозможно, так как они сжимают статическую, уже записанную информацию и коэффициент сжатия не высок [1].

На сегодняшний день только устройства аппаратного сжатия данных могут обеспечить работу в режиме реального времени. Особенно эффективно сделать это можно с помощью ПЛИС архитектуры FPGA (Field Programmable Gate Array) [2].

ПЛИС - это революция в технике реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов. Благодаря им, разработка сложнейших схем стала настолько *простой*, что можно создавать их за считанные часы силами одного инженера [2].

Несомненно, ПЛИС архитектуры FPGA имеет ряд положительных характеристик, которые делают её лидером на рынке цифровой электроники. Характеристики FPGA рассмотрены подробно в сравнении с наиболее распространенными микросхемами ASSP и ASIC (Табл. 3).

Таблица 3

| Преимущества | Пояснения |
|------------------|---|
| Гибкость | <ul style="list-style-type: none"> • Функциональность FPGA может меняться при каждом включении устройства. Поэтому, когда инженер-проектировщик хочет внести изменения, они могут просто загрузить новый файл конфигурации в устройство и попробовать его изменить. • Часто изменения могут быть внесены в ПЛИС без внесения дорогостоящих изменений в платы. • У ASSP и ASIC есть фиксированная аппаратная функциональность, которая не может быть изменена без больших затрат и времени. |
| Ускорение | <ul style="list-style-type: none"> • FPGA-устройства продаются «с полки» по сравнению с ASIC (которые требуют, чтобы производственные циклы занимали много месяцев). • Из-за гибкости FPGA их производители могут отправлять системы, как только дизайн заработал и был протестирован. • FPGA обеспечивают функции разгрузки и ускорения работы процессоров, что эффективно ускоряет работу всей системы. |

| | |
|------------------------|--|
| Интеграция | Сегодняшние FPGA включают в себя процессоры на кристалле, трансиверные входы / выходы со скоростью 28 Гбит / с (или быстрее), блоки RAM, двигатели DSP и т. д. Больше функций внутри FPGA означает меньшее количество устройств на печатной плате, что повышает надежность за счет сокращения числа сбоев устройства. |
| Общая стоимость | <ul style="list-style-type: none"> • Хотя ASIC могут стоить меньше, чем эквивалентная FPGA, для их создания требуются единовременные расходы, дорогостоящие программные инструменты, специализированные команды разработчиков и длительные производственные циклы. • FPGA поддерживают длительный жизненный цикл (15 лет и более), избегая затрат на перепроектирование и перепрофилирование оборудования для производств, • FPGA уменьшают риск ошибки в проектировании устройств, позволяя прототипным системам отправлять заказчикам результаты полевых испытаний, сохраняя при этом возможность быстро вносить изменения, прежде чем наращивать объем производства. |

В нашей разработке мы будем использовать стенд для экспериментов в виде платы Max 10 Neek (компания Terasic - Тайвань) с вмонтированным чипом FPGA семейства Max 10. Мы приобрели эту плату за счет средств университета по совету партнера по проекту HEICA профессора Дрезденского технического университета Thomasa B. Preußera, имеющую характеристики, необходимые для реализации больших задач, таких как: логическая емкость - не менее 3 млн. вентилей и частота – от 200 до 300 МГц.

Max 10 Neek - это полнофункциональный отладочный набор, поставляется как интегрированная платформа, включающая аппаратные средства, средства разработки, макро функции интеллектуальной собственности и дизайн для разработки широкого спектра аудио, видео и многих других приложений. Плата включают в себя процессор на кристалле, трансиверные входы / выходы со скоростью 28 Гбит / с (или быстрее), два блока памяти DDR3 SDRAM, флэш-память QSPI [3].

Обоснование выбора среды разработки

В качестве среды разработки будем использовать САПР Quartus Prime Standard 15.0 – 17.0 (компания Altera - США). Так как из библиотек этой среды *можно взять более 20*

VIP - мега функции по работе с цифровыми видео и изображениями. В таблице 1 приведены основные функции для решения задачи сжатия видео.

Табл. 4 Функции обработки видео и изображений (VIP) Intel IP FPGA

| Функция | Описание |
|--------------------------------|--|
| Avalon-ST Video Stream Cleaner | Удаляет и восстанавливает неидеальные последовательности и случаи ошибок, присутствующие во входящем потоке данных, для создания выходного потока, который соответствует модели неявного идеального использования. |
| Control Synchronizer | Синхронизирует изменения, сделанные с видеопотоком в режиме реального времени между двумя функциями. |

| | |
|------------------------------|---|
| Deinterlacer | Преобразует чересстрочные видео форматы в прогрессивный формат видео, используя алгоритм адаптивной деинтерлейсинга движения. Также поддерживает алгоритмы «bob» и «weave». |
| Interlacer and Interlacer II | Преобразует прогрессивное видео в чересстрочное видео, отбрасывая половину строк входящих прогрессивных кадров.) |
| Switch and Switch II | Разрешить переключение видеопотоков в режиме реального времени |

Обоснование выбора технологии алгоритмического синтеза для аппаратной реализации алгоритма

Алгоритм сжатия видео требует значительных вычислительных ресурсов. Кроме того, постановка вычислительных алгоритмов на аппаратуру с помощью ПЛИС является сложной задачей. Требуется наличие специальных знаний и больших трудозатрат на реализацию и отладку [11].

Для облегчения этой задачи исследуем современную технологию высокоуровневого алгоритмического синтеза с помощью системы автоматизированного проектирования Graphics Catapult C от американской компании Mentor Graphics, признанного лидера на рынке средств автоматизированного проектирования электронных систем на базе современных ПЛИС.

Использование системы **Mentor Graphics Catapult C Synthesis** позволяет автоматически синтезировать RTL (англ. *register transfer level*) - описание схемы на языке Verilog или VHDL из исходного описания алгоритма на языке C/C++. Эта система является основным средством для решения поставленной задачи.

Выбор языка программирования

Безусловно для реализации технологии высокоуровневого синтеза следует использовать язык программирования C++, так как он является исходным в системе Catapult C Synthesis.

Перед нашей командой стоит задача разработки программного кода для алгоритма сжатия видео на языке C++.

Основные этапы проектирования технологии алгоритмического синтеза

1. Моделирование алгоритма, т.е. функциональное тестирование кода на C++ с помощью Graphics Catapult C;
2. Выбор для экспериментов отладочной платы FPGA Max10 Neek;
3. Логический синтез электронной схемы уровня RTL на язык VHDL с помощью Graphics Catapult C;
4. Проверка результата синтеза схемы уровня RTL с помощью моделирования работы её работы утилитой Mentor ModelSim;
5. Синтез до уровня логических элементов (вентилей) с помощью программного комплекса Mentor Precision Synthesis;
6. Проверка работы схемы на вентиляльном уровне, т.е. создание прошивки для ПЛИС с помощью среды автоматизированного проектирования Quartus Prime Standart -15.0.

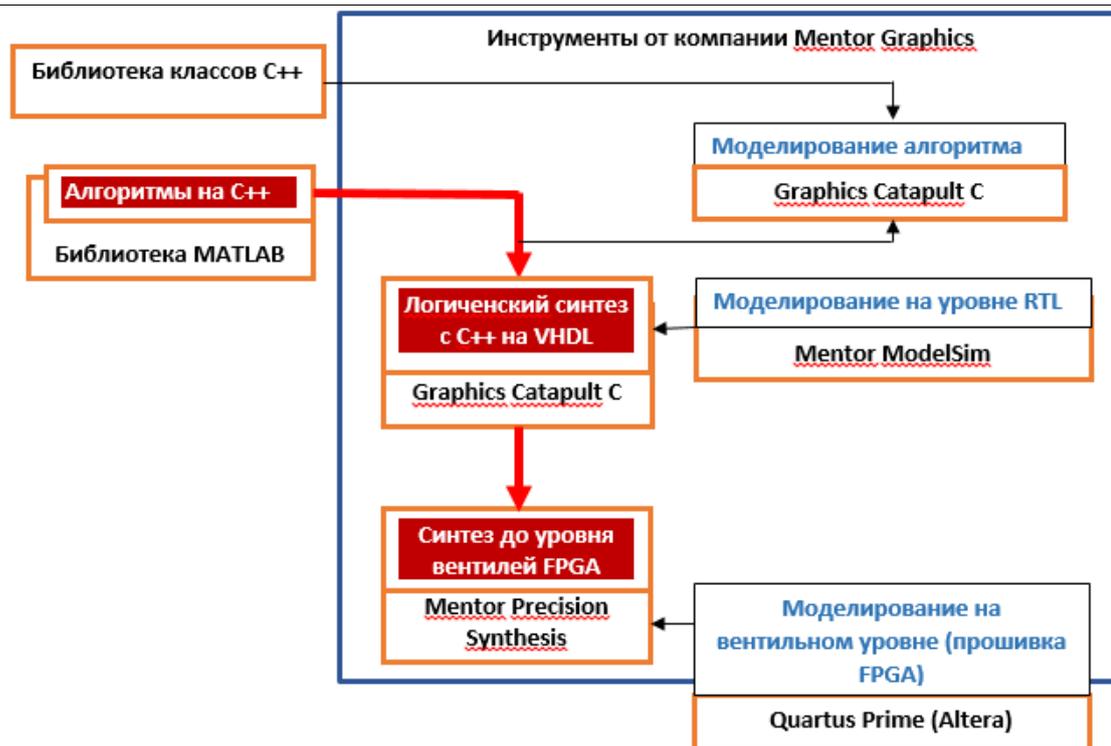


Рис. 2. Организация маршрута проектирования технологии алгоритмического синтеза с использованием системы Catapult C Synthesis

Выводы

1. В статье показаны основные проблемы в системах видеонаблюдения, связанные с обеспечением безопасности граждан.
3. Обоснован выбор средств для решения этих проблем, а именно: аппаратных средств, среды разработки, технологии разработки, языка программирования.
5. Особое внимание уделено исследованию технологии постановки вычислительных алгоритмов на аппаратуру с помощью средства Graphics Catapult C, как основного ключа к решению поставленной задачи.

Литература

1. И.Г. Тен, С.Н. Каткова Анализ использования программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) в учебном процессе кафедры ПОКС КГТУ им. И. Раззакова, изд. Текник, «Известия №7», 2016 г.
2. В.Б. Стешенко, ПЛИС фирмы Altera: проектирование устройств обработки сигнала, ОДЭКА, 2000.
3. <http://altera.com>
4. https://ru.sputnik.kg/trend/safe_city_10032015/
5. https://vk.com/page-58401460_50301827
6. <https://ngcodec.com>
7. <https://www.osp.ru/lan/2015/01/13044583/>
8. <https://ru.wikipedia.org/>
9. <https://habrahabr.ru/post/234021/>
10. <https://electronix.ru/forum/lofiversion/index.php/t39507.html>
11. <http://www.megrattec.ru/system/attachments/>

SEASONAL MIXING REGIME OF EURASIAN LAKES: MAJOR DRIVERS AND CLIMATIC TRENDS.

G. Kirillin, Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin, Germany
K. Sharsheeva, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan
N. Israilova, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan
S. Alymkulov, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan
A. Kurbaniyazov, Yasavi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan
P. Zavalov, Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Science, Moscow, Russia

Annotation

We discuss and summarize recent findings from several lake regions of Eurasia to reveal the typical features of their mixing regime and major threats from the anthropogenic activities and global warming. The continental climate ensures high annual amplitudes in the heat supply; hence the majority of lakes, either in the Arctic or in the Central Asia, tend to dimictic behavior, being well mixed at least twice a year. However, salinization of arid lakes, trend to warmer winters in temperate regions, and deepening of Arctic lakes due to permafrost thaw can produce quick and drastic changes in the lake mixing regimes.

Keywords: Oligomictic lakes, meromictic lakes, global warming, melting of permafrost.

СЕЗОННЫЙ СМЕШАННЫЙ РЕЖИМ ЕВРАЗИЙСКИХ ОЗЕР: ОСНОВНЫЕ ДРАЙВЕРЫ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ.

Кириллин Г., Институт пресноводной экологии и внутреннего рыболовства Лейбница, Берлин, Германия
Шаршеева К., Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызстан
Исраилова Н., Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызстан
Алымкулов С., Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызстан
Курбаниязов А., Международный казахстанско-турецкий университет им. Ясави, Туркестан, Казахстан
Завьялов П., Институт океанологии им. С.И. Ширшова РАН, Москва, Россия

Аннотация

Обсуждены новые результаты исследований в различных озерных регионах Евразии с целью выявить типичные черты их гидрофизического режима и основные угрозы связанные с антропогенной активностью и глобальным потеплением. Континентальный климат характеризуется большими сезонными амплитудами потоков тепла, вследствие чего большинство озер от Арктики до Средней Азии имеет димиктический сезонный режим, полностью перемешиваясь, как минимум дважды в год. Однако, осолонение аридных озер, тенденция к теплым зимам в умеренных регионах и углубление термокарсовых озер Арктики в результате таяния мерзлоты — способны коренным образом и в короткое время изменить их гидрофизический режим.

Ключевые слова: Олигомиктические озера, меромиктические озера, глобальное потепление, таяние вечной мерзлоты.

Introduction. The continent of Eurasia hosts several major lake systems. Their value for the regional and global climate, water resources, and sustainable ecosystem functioning can hardly be overestimated. While some of the lake systems—like the “European Great Lakes” Ladoga and Onega, the post-glacial lakes of Fennoscandia, Lake Baikal—are relatively well investigated, many key lake regions have attracted the attention only recently (e.g. the thermokarst lake landscapes of Siberian tundra), or lack systematic studies almost completely (e.g. the large lakes of arid climatic zone of Central Asia).

Being the largest of the continents, Eurasia is characterized by the continental climate and its subtypes, cold semi-Arid, cold Arid, and sub-Arctic climates. Therefore, the absolute majority of Eurasian lakes undergo strong seasonal variations in the heat exchange with the atmosphere, with typical surface temperatures varying in the range of tens of degrees Celsius within a year, and crossing the value of the maximum density for freshwater of $\sim 4^{\circ}\text{C}$. This fact determines the main feature of their physical regime: stable vertical stratification with respect to temperature during the most part of the year, interrupted by two complete mixing events (overturns) twice a year, when lake temperatures arrive at the maximum density value. Hence, the main distinctive feature of Eurasian lakes is *dimixis* in terms of Hutchinson’s classification [Hutchinson and Löffler 1956, Kirillin and Shatwell 2016]. Below, we analyze factors able to disrupt regular seasonal mixing of lakes and discuss possible ecological consequences of it.

Thermokarst lakes: Probability of polymictic-dimictic transition. Thermokarst lakes, i.e. those created by melting permafrost are inherent features of tundra landscape. Intense research on thermokarst lakes in the last several decades has been motivated by a potentially increasing role of melting permafrost in the global carbon cycle and release of greenhouse gases. Being very shallow, the lakes are supposed to be *polymictic*, well-mixed down to the bottom during the most part of the year. Observations from several small lakes in the delta of the Lena River [Boike et al. 2016] demonstrated that shallow thermokarst lakes can be stratified for several weeks in summer. Using these observations as a starting point, we investigated variations in the mixing regime driven by the potential deepening of lakes driven by the permafrost melting. Under equal climatic forcing, lake depth is the primary factor determining the duration of summer stratification (the second one being the water transparency, Kirillin and Shatwell, 2016). Sensitivity model runs with the lake depth varying in the range 2-12 m using the same meteorological input data demonstrated that lakes in this climatic zone with mean depths > 5 m should have dimictic stratification regimes, i.e. develop continuous stratification in summer with duration of 1 month or longer (Figure 10). This also supports the observation of summer stratification in deeper (> 6 m) Alaskan thermokarst lakes (Sepulveda-Jáuregui et al., 2015). In lakes of about 8 m depth or more, the summer stratification duration significantly increases since high thermal inertia prevents vertical mixing during the autumn cooling in August-September (Figure 11). Hence, even the thermokarst lakes of sub-Arctic and Arctic tundra gain enough heat in summer to develop stable thermal stratification, so that all lakes with mean depths > 5 m are suggested to maintain continuous stratification for the largest part of the summer open water period [Boike et al. 2016]. The lack of the intense exchange of deep lake waters with the atmosphere during several months of stratification determines the biogeochemical processes in the lakes, which may have climatic effects on regional and global scales. The duration of the thermal stratification in summer affects the concentration and vertical distribution of dissolved oxygen: Longer summer stratification provokes deep anoxia and favors methanogenesis in the deep water column and upper sediment (Golosov et al., 2012). Lake sediments are thought to be one of the major sources of methane, having a strong influence on the greenhouse effect [Holgerson and Raymond 2016, Wik et al. 2016]. As stratification typically prevents oxidation of methane [McGinnis et al. 2015], the increase of lake depth due to thawing permafrost [Langer et al. 2016] may produce strong intensification of methane production and release to the atmosphere from the large areas of Siberian tundra. Thus, the transition of shallow *polymictic* (i.e. regularly mixed and oxidized to the bottom) lakes and ponds may play a significant role in the positive feedback

between warming in the Arctic and methane release.

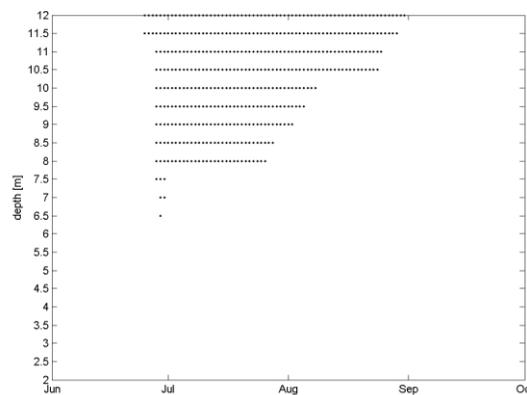


Figure 1. Duration of the summer stratification period vs. lake depth calculated with the FLake model for thermokarst lakes of Siberian tundra (Delta of the Lena River) Modified from (Boike et

Oligomictic and meromictic lakes of Cenral Asia. The lakes of the arid and alpine regions of Eurasia, such as Central Asia and Tyan-Shan, are especially sensitive to the regional hydrological balance. Due to dry climatic conditions, many of these lakes are endorheic, having no outflows, and are therefore subject to salinization, with dissolved salts affecting the hydrophysical conditions, in particular, vertical mixing. The mixing regime of brackish and saline lakes, especially the deep ones, is often not dimictic but rather *oligomictic*, having retention times of several years or decades, or *meromictic*, with salt stratification preventing the exchange of waters between different layers completely.

Oligomictic lakes (such as Lake Baikal and Issyk-Kul) reveal complex mechanisms of the deep water renewal, which apparently include horizontal exchange between lakes areas with various mean water depth driven by differential cooling and heating, large-amplitude internal waves and inflows. Hence, the lake waters remain well oxidized down to several hundred meters. Still, the exact mechanisms of the deep water renewal are not completely understood and require investigation in order to estimate the potential impact of changes in the heat and water budget on the deep lakes. The major effect of the regular deep mixing consists in supply of the dissolved oxygen (DO), which ensures the high water quality and low trophic status of deep waters. Here we use recent observations on the oxygen concentrations in Lake Issyk-Kul to reveal major sources and sinks of the DO and to estimate the rate of vertical mixing in near-bottom waters of the lake. The dissolved oxygen soundings were performed in mid-June and made it possible to identify an exceptionally important phenomenon in the dynamics of the Issyk-Kul ecosystem: the presence of a deep maximum of dissolved oxygen associated with the production of micro- and picoplankton (photosynthesizing algae a few micrometers in size). Detailed oxygen profiles obtained with the help of a fast-response oxygen logger RINKO-I (manufactured by JFE Advantech, Japan) allowed determining the depth of occurrence of the maximum, as well as peak values of concentrations. With an average oxygen saturation of about 70% over the water column, the concentration of dissolved oxygen in the peak reaches 98% (Fig. 2).

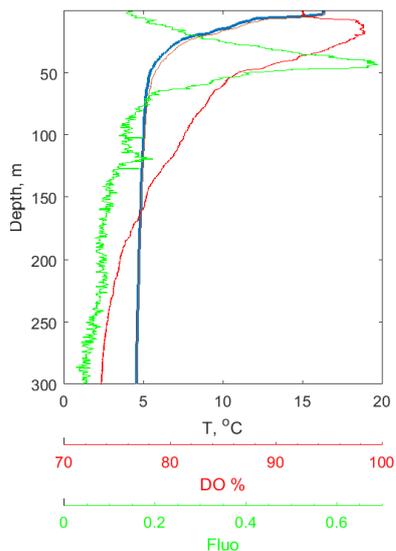


Figure 2. Vertical profiles of temperature (blue), fluorescence (green) and dissolved oxygen (red) in the central part of Lake Issyk-Kul.

The peak itself is located at depths of 25-40 m, which is approximately 2 times deeper than the Secchi (transparency) depth (Fig. 3). The maximum of oxygen does not always exactly coincide with the maximum of fluorescence (biomass of plankton): the latter lies 10-20 m deeper (Fig. 2). The most obvious reason for this discrepancy between the maximum of biomass and plankton production is the limiting factor of the underwater solar radiation: in highly transparent of Issyk-Kul waters, plankton is able to slowly accumulate significant biomass at great depths (up to 50 m), but the most active photosynthesis occurs on shallower horizons, directly under the thermocline (a layer of vertical temperature jump). These preliminary conclusions require however further justification, taking into account such factors as vertical stratification of different species of plankton, vertical oxygen transport by turbulence and internal waves, and increased oxygen consumption by heterotrophic microorganisms actively growing in a layer with a maximum biomass.

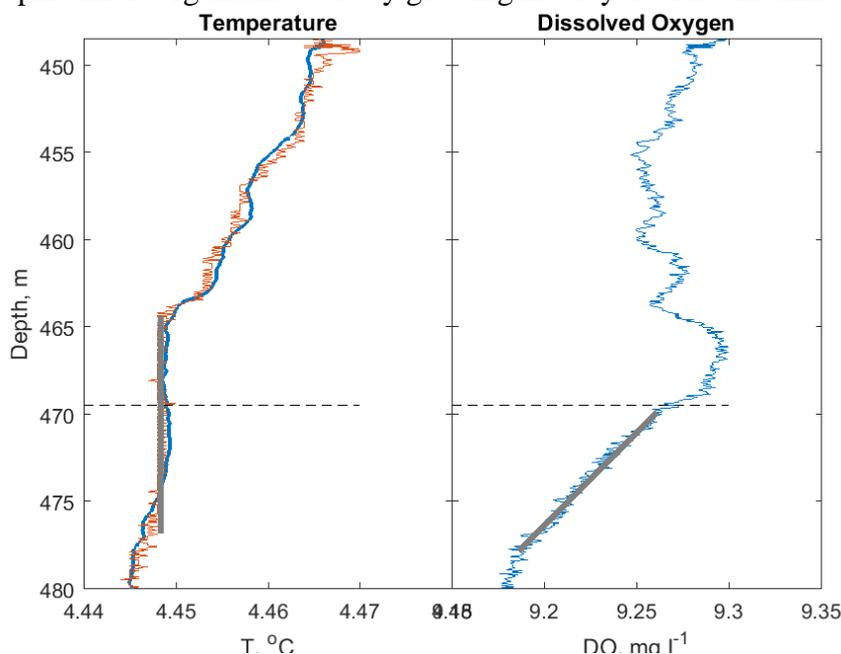


Figure 3. (left) Temperature and (right) dissolved oxygen profiles near the bottom of Issyk-Kul.

Detailed measurements of the oxygen distribution revealed another important aspect of the Issyk-Kul dynamics viz. the structure of the turbulent near-bottom boundary layer (BBL). Unlike

temperature, which remains nearly homogeneous in the several ten meters thick hypolimnion, the oxygen profile demonstrates an appreciable decline of concentrations near the lake bottom, produced by the biochemical oxygen consumption in the lake sediment (Fig. 4). The vertical extension of the oxygen gradient allowed us to estimate with a high accuracy the thickness of the BBL as amounting at ~10 m. The linear decrease in the concentration of oxygen with depth in this layer indicates a quasi-stationary mode of vertical exchange. A rough estimation of the near-bottom turbulence can be derived from the BBL thickness of 10^1 m and a seasonal time scale of 10^2 days. These values provide the vertical exchange coefficients of 10^{-5} $m^2 s^{-1}$, i.e. at least 1000 times the rate of diffusion transfer of oxygen in a non-turbulent medium. The evidence of strong near-boundary turbulence confirms the initial hypothesis of intense bottom circulation in Issyk-Kul. The question about the generation mechanisms of this circulation remains open. A plausible hypothesis was proposed by Peeters et al. (2003), who suggested the major role played in the deep water renewal of horizontal density currents. The latter are driven in winter by differential cooling of the deep central part of the lake and shallow coastal areas. However, the new results can be also interpreted as indicators of intense deep mixing during the warming season that in turn suggests presence of additional deep mixing mechanisms. Potentially important contributors to the bottom mixing are the basin-scale waves (seiches), whose role in the transport of wind energy to deep lake areas is well-known (). Seiche dynamics in Issyk-Kul has not been thoroughly investigated to date, though can be suggested to be very energetic, taking into account strong winds, large lake size, and a regular shape of the lake.

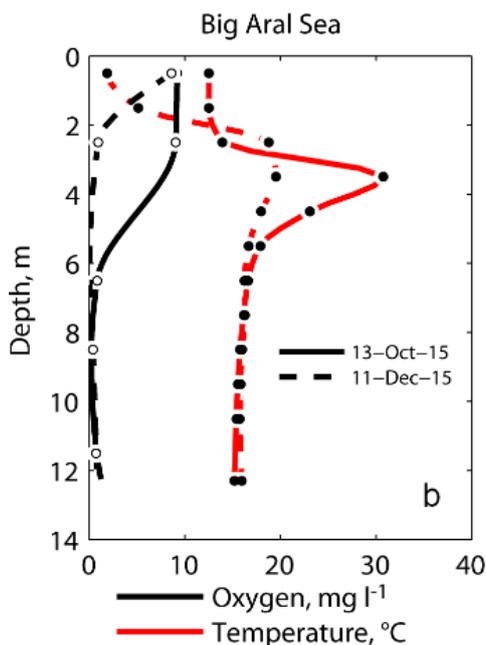


Fig 4. Vertical distribution of temperature and dissolved oxygen in the Big Aral Sea in October and December 2015.

The fact that anthropogenic alteration of the regional water budget may change completely the mixing regime of lakes is demonstrated by the notorious example of the Aral Sea. Formerly a brackish dimictic lake, the Aral Sea turned into a number of isolated water bodies with diverging characteristics, after losing about 80% of its water volume [Izhitskiy et al. 2016]. The second largest remaining basin, the *Small Aral*, is still dimictic, feed by the Syrdaria River and isolated by a man-made dam from the rest of the former water area. Yet, the largest remaining basin, the *Big Aral*, has lost completely the Amudarya inflow and became to a hypersaline meromictic lake revealing extraordinary physical conditions with acute effects on biogeochemical processes. The strong chemocline (halocline) persists in the lake at water depths of about 5 m. The origin of the chemocline is most probably endogenic, resulting from intrusion of water with different salinity from one of neighboring basins. However a biogenic contribution to the density gradient cannot be excluded: The epilimnion

waters above the halocline are densely populated by zooplankton typical for hypersaline lakes (*Artemia Salina*), while the dead biological material accumulates in the halocline, with high rates of degradation, characterized by a strong peak of turbidity and drop of the dissolved oxygen content to zero. The high transparency of the upper layer allows effective storage of solar radiation in the upper several meters of the water column, while the strong vertical stability due to salt gradient prevents upward release of heat. As a result, the Big Aral represents now a “solar trap”, accumulating solar energy with a local temperature maximum forming at the chemocline. In

October, at the intense atmospheric cooling, the water temperatures in the chemocline exceeded 30°C, while surface temperatures were about 10°C, and the daily mean air temperatures were at 0°C (minimum values around –12°C). The thermal regime is unique for the Aral Sea; other hypersaline lakes, like the Dead Sea or Lake Urmia, do not undergo such strong seasonal variations in the surface heat fluxes. The newly formed meromictic regime implies consequences at the regional scales, in the biogeochemical regime, as the monimolimnion of the lake accumulates continuously increasing amount of methane during the last years, as well as in the regional climate, as lake represents in winter a warm spot on the surface, slowly releasing the accumulated heat onto the atmosphere.

Transition from dimictic to warm monomictic regime: effect of winter warming due to climate change. Changing of the seasonal mixing regime from dimictic to meromictic typically requires an anthropogenic intervention into the water budget, and endangers mostly the lakes of arid climate zone, where the hydrological regime is particularly vulnerable. There is however another potential threat for the lake mixing regimes, determined by the observed positive trend in surface lake temperatures. The latter is considered to be an indicator of global warming and is reported to be especially strong in northern temperate lakes in winter. The existing future climate scenarios predict that, if the warming trend persists for next several decades, dimictic lakes located in regions of Europe with mild temperate climate will never cool below the maximum density temperature, changing thus their mixing regime to *warm monomictic*, without a winter stratification period. The mixing regime transition will take place first in deeper lakes, while the shallower ones will possess the winter stratification for longer, i.e. the capacity to store heat throughout wintertime depends directly on the mean depth (Fig. 2). The consequences of the physical regime change for biogeochemistry of lakes may appear manifold. The absence of winter stratification suggests higher mixing rates and better oxygen supply to the hypolimnion in winter. On the other hand it also implies a stronger supply of nutrients to the epilimnion together with the better light conditions in an ice- and snow free lake, hence favoring phytoplankton development and eutrophication. Other potential negative effects of vanishing winter stratification are higher near-bottom temperatures in summer and a longer summer stratification period [Kirillin 2010]. Both factors favor bacterial activity in lake sediments, accelerate biodegradation of organic matter and, as a result, increase oxygen consumption and methane production. Deep anoxia in previously well-oxygenated lakes and a stronger contribution of these lakes to methane release may be hypothesized as possible global outcomes.

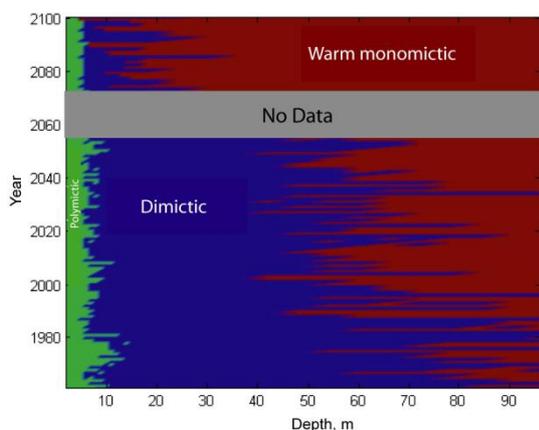


Fig. 5. Scenarios of the mixing regime transition in lakes of Western Europe after Kirillin [2010]

Conclusions. The above discussed recent findings demonstrate the fragility of the hydrophysical regime of Eurasian lakes. The continental climate ensures high annual amplitudes in the heat supply hence the majority of lakes, either in the Arctic or in the Central Asia, tend to dimictic behavior, being well mixed at least twice a year. Among the major threats to the seemingly stable seasonal mixing patterns of Eurasian lakes are anthropogenic salinization of arid lakes, trend to warmer winters in temperate regions, and deepening of Arctic lakes due to permafrost thaw.

Acknowledgements. This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project no. 15-55-12378 NNIO_a, German Research Foundation, project no. KI

References

1. Boike J. и др. Thermal processes of thermokarst lakes in the continuous permafrost zone of northern Siberia - observations and modeling (Lena River Delta, Siberia) // Biogeosciences. 2015. Т. 12. № 20. С. 5941–5965.
2. Holgerson M.A., Raymond P.A. Large contribution to inland water CO₂ and CH₄ emissions from very small ponds // Nat. Geosci. 2016. Т. 9. № 3. С. 222-U150.
3. Hutchinson G. E., Löffler H. The thermal classification of lakes // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1956. – Т. 42. – №. 2. – С. 84-86.
4. Izhitskiy A.S. и др. Present state of the Aral Sea: diverging physical and biological characteristics of the residual basins // Sci Rep. 2016. Т. 6. С. 23906.
5. Kirillin G. Modeling the impact of global warming on water temperature and seasonal mixing regimes in small temperate lakes // Boreal Environ. Res. 2010. Т. 15. № 2. С. 279–293.
6. Kirillin G., Shatwell T. Generalized scaling of seasonal thermal stratification in lakes // Earth-Science Reviews. – 2016. – Т. 161. – С. 179-190.
7. Kirillin G., Terzhevik A. Thermal instability in freshwater lakes under ice: Effect of salt gradients or solar radiation? // Cold Regions Science and Technology. 2011. Т. 65. № 2. С. 184–190.
8. Langer M. и др. Rapid degradation of permafrost underneath waterbodies in tundra landscapes-Toward a representation of thermokarst in land surface models // J. Geophys. Res.-Earth Surf. 2016. Т. 121. № 12. С. 2446–2470.
9. McGinnis D. F. et al. Enhancing surface methane fluxes from an oligotrophic lake: exploring the microbubble hypothesis // Environmental science & technology. – 2015. – Т. 49. – №. 2. – С. 873-880.
10. O'Reilly C.M. и др. Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe // Geophys. Res. Lett. 2015. Т. 42. № 24. С. 2015GL066235.
11. Wik M. и др. Climate-sensitive northern lakes and ponds are critical components of methane release // Nat. Geosci. 2016. Т. 9. № 2. С. 99.

УДК: 681.5.01:004.02

ЧИСЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СТАНДАРТНЫХ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ В ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Конокбаева Айзада Конокбаевна, научный сотрудник, Институт автоматизации и информационных технологий Национальной академии наук Кыргызской Республики 720071, г. Бишкек, проспект Чуй 265, aizik2787@gmail.com

Аннотация. Рассматриваются вопросы параметрической оптимизации стандартных линейных законов управления. Вопрос является актуальным для локальных систем управления, которые могут быть как самостоятельными системами, так и системами нижнего уровня в составе пространственно-распределенных систем автоматизации (РСА). В РСА задача параметрической оптимизации локального алгоритма управления может решаться в автоматизированном режиме сервером пункта группового управления (ПГУ) или центрального пункта управления (ЦПУ), которые затем удаленно настраивают локальный регулятор. Расчет настроек регулятора также можно возложить на ПЛК локальной системы.

Ключевые слова: объект управления, передаточная функция, аппроксимация, алгоритм, интегральный квадратичный критерий, настройка, ПЛК, ПИД регулятор,

NUMERICAL ALGORITHM OF PARAMETRIC OPTIMIZATION OF STANDARD LAWS OF MANAGEMENT IN THE LOCAL SYSTEM

Konokbaeva Aizada Konokbaevna, Researcher, Institute of Automation and Information Technologies of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Chui Avenue 265, aizik2787@gmail.com

Annotation. The problems of parametric optimization of standard linear control laws are considered. The issue is relevant for local control systems, which can be both stand-alone systems and lower-level systems as part of spatially-distributed automation systems (SARs). In the PCA, the task of parametric optimization of the local control algorithm can be solved in an automated mode by a group control center (CCG) server or a central control station (CPU), which then remotely adjusts the local regulator. Calculation of the controller settings can also be assigned to the PLC of the local system.

Key words: control object, transfer function, approximation, algorithm, integral quadratic criterion, tuning, PLC, PID controller, distributed automation system.

Введение. Некоторые технологические объекты управления имеют инерционный характер [3] и в общем случае представляются передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{k}{\prod_{i=1}^n (T_i s + 1)} \approx \frac{k}{(\tau s + 1)^n}. \quad (1)$$

Запись (1) также указывает на то, что обобщенная передаточная функция апериодического объекта высокого порядка с n различными постоянными времени может быть заменена передаточной функцией, имеющей n одинаковых постоянных времени.

Подобные промышленные объекты также с удовлетворительной точностью удается аппроксимировать типовыми передаточными функциями [3], которые представлены в табл. 1, причем в таблице использована терминология литературы [3]. Параметры типовых объектов можно идентифицировать по экспериментально снятым разгонным кривым объекта управления (ОУ). Такие передаточные функции используются при настройке промышленных локальных систем управления (ЛСУ).

Существующие методы настройки являются достаточно трудоемкими, поэтому является актуальным разработка более быстродействующих алгоритмов, основанных на применении численных методов. ЛСУ также может быть системой нижнего уровня РСА [1]. В РСА решение задачи параметрической оптимизации локального алгоритма управления может быть автоматизировано. В этом случае оно может быть возложено на сервер ПГУ или ЦПУ [1], которые затем удаленно настраивают локальный регулятор. Расчет настроек регулятора также можно возложить на ПЛК ЛСУ, но в этом случае алгоритм настройки закона управления должен быть построен с учетом ограниченности объема оперативной памяти ПЛК.

Постановка задачи. Пусть локальная линейная система автоматического управления (ЛСАУ) состоит из стандартного регулятора с передаточной функцией (ПФ) $W_p(s)$ и типового статического объекта управления с передаточной функцией (ПФ) $W_o(s)$. Структурная схема ЛСАУ представлена на рис.1.

передаточная функция

| № п/п | передаточная функция | тип объекта |
|-------|--|------------------------------|
| 1 | $W_o(s) = \frac{1}{T_o s}$ | астатический |
| 2 | $W_o(s) = \frac{k_o}{T_o s + 1}$ | статический |
| 3 | $W_o(s) = \frac{1}{T_o s} e^{-\tau_o s}$ | астатический с запаздыванием |
| 4 | $W_o(s) = \frac{k_o}{T_o s + 1} e^{-\tau_o s}$ | статический с запаздыванием |

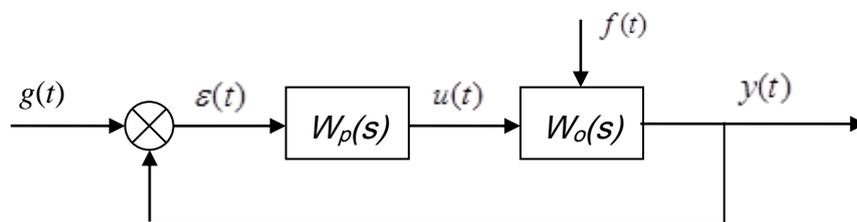


Рисунок 1 Структурная схема ЛСАУ с типовым регулятором.

Пусть показателем качества ЛСАУ служит интегральный квадратичный критерий (ИКК) [4]:

$$I_\varepsilon = \int_{t_0}^{\infty} \varepsilon^2(t) dt, \tag{2}$$

где t_0 - начальный момент времени ($g(t) = 0$ при $t < t_0$ или $t < 0$);

$\varepsilon(t) = g(t) - y(t)$ - ошибка управления.

Требуется разработать численную процедуру настройки ЛСАУ с типовыми алгоритмами управления (П-, И-, ПИ-, ПИД-алгоритмы).

Задача настройки алгоритма управления формулируется как задача параметрической оптимизации

$$I_\varepsilon = \int_{t_0}^{\infty} \varepsilon^2(t) dt \xrightarrow{\vec{a}, \vec{b}} \min, \vec{a} \in A, \vec{b} \in B, \tag{3}$$

где \vec{a} и \vec{b} - параметры (коэффициенты) алгоритма управления; A и B - множества их допустимых значений.

Как следует из записи (3), необходимо найти такие численные значения параметров (коэффициентов) линейного алгоритма управления $W_p(s)$, при которых ИКК (2) имеет наименьшее значение.

При решении задачи (3) возникают ряд трудностей [3,4], первый из которого связан с вычислением ИКК.

В общем случае ИКК для класса рассматриваемых систем может быть вычислен из

условия

$$I_\varepsilon = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |W_{eg}(j\omega)|^2 |G(j\omega)|^2 d\omega, \quad (4)$$

где $|W_{eg}(j\omega)|$ - модуль КЧХ системы по ошибке для управления; $|G(j\omega)|$ - модуль спектра (Фурье-преобразования) от задающего воздействия $g(t)$.

В частности, когда $g(t) = g_0 * I(t)$, т.е. ступенчатая функция, функционал (4) принимает вид:

$$I_\varepsilon = \frac{g_0^2}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |W_{eg}(j\omega)|^2 \frac{1}{\omega^2} d\omega. \quad (5)$$

Так как аналитическое вычисление функционалов (4) и (5) сопряжено с трудностями, возникает необходимость применения методов, которые не требуют непосредственного вычисления ИКК из условий (4 и 5).

Как следует из литературы [3], для решения задачи (3) может быть использован частотный метод, основанный на построении частотных характеристик объекта и системы, т.е. графоаналитическим методом. Другой метод, который в литературе [3] называют табличным, относится к классу эмпирических методов и основан на использовании методик и таблиц настройки Циглера-Никольса. Эмпирический метод требует предварительного эксперимента по получению разгонной кривой ОУ и идентификации по ней параметров типовых ОУ, представленных в табл. 1.

В работе [2] для решения задач параметрической оптимизации систем управления предлагается привлечь численные методы математического программирования, так как быстродействие современных компьютеров позволяют решать достаточно сложные задачи за приемлемое время.

Уточним постановку задачи (3) для случая, когда ОУ представлен в виде статического звена (см. табл. 1), а регулятор является стандартным ПИД регулятором:

$$u(t) = k_p [\varepsilon(t) + \frac{1}{T_u} \int_0^t \varepsilon(t) dt + T_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt}], \quad (6)$$

где $u(t)$ - управляющая переменная; $\varepsilon(t)$ - ошибка регулирования; k_p - коэффициент передачи; T_u - постоянная интегрирования; T_d - постоянная дифференцирования.

С учетом интервалов изменения параметров реальных промышленных регуляторов задача параметрической оптимизации может сформулирована в виде:

$$I_0 = \int_{t_0}^{\infty} \varepsilon^2(t) dt \xrightarrow{k_p, T_u, T_d} \min, \quad (7)$$

$$k_p \in [0, 1; 60], T_u \in [0, 1; 300], T_d \in [1; 600],$$

Решение задач (6) предполагается получить численными методами, для чего прежде всего необходимо уметь вычислять ИКК (1).

Вычисление ИКК. Вычисление ИИК будет выполняться на основе аналитических соотношений, данных, в частности, в литературе [4]. Для использования этих соотношений следует найти Лапласово изображение ошибки по управлению.

Передаточная функция ПИД регулятора, согласно уравнению (6):

$$W_p(s) = \frac{k_p [1 + T_u s + T_u T_o s^2]}{T_u s}.$$

Передаточная функция ОУ, согласно табл. 1:

$$W_o(s) = \frac{k_o}{T_o s + 1}.$$

Передаточная функция разомкнутой системы управления:

$$W(s) = W_p(s)W_o(s) = \frac{B_1(s)B_2(s)}{A_1(s)A_2(s)} = \frac{k_o k_p (T_u T_o s^2 + T_u s + 1)}{T_u T_o s + T_u s},$$

где $A_1(s) = T_u s$; $A_2(s) = T_o s + 1$; $B_1(s) = k_p (T_u T_o s^2 + T_u s + 1)$; $B_2(s) = k_o$; $k_p k_o = k$ - коэффициент передачи разомкнутой системы.

Найти изображение ошибки $E(s)$ можно из условия:

$$E_{eg}(s) = W_{eg}(s)G(s) = \frac{A_1(s)A_2(s)}{A_1(s)A_2(s) + B_1(s)B_2(s)} \frac{1}{s} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_n},$$

для чего необходимо вывести передаточную функцию замкнутой системы для ошибки по управлению:

$$W_{eg}(s) = \frac{A_1(s)A_2(s)}{A_1(s)A_2(s) + B_1(s)B_2(s)}$$

или

$$W_{eg}(s) = \frac{T_u T_o s^2 + T_u s}{(1+k)T_u T_o s^2 + (1+k)T_u s + k}.$$

Теперь изображение ошибки имеет вид:

$$E_{eg}(s) = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_n} = \frac{T_u T_o s^2 + T_u s}{(1+k)T_u T_o s^3 + (1+k)T_u s^2 + k s}. \quad (8)$$

Коэффициенты знаменателя при $n=3$:

$$a_0 = (1+k)T_u T_o; a_1 = (1+k)T_u; a_2 = k; a_3 = 0.$$

Порядок числителя и знаменателя можно уменьшить на единицу путем деления числителя и знаменателя на ks , таким образом $n=2$, $m=1$:

$$a_0 = (\frac{1}{k} + 1)T_u T_o; a_1 = (\frac{1}{k} + 1)T_u; a_2 = 1; b_0 = \frac{T_u T_o}{k}; b_1 = T_u / k.$$

ИКК для $n=2$ вычисляется из условия[4]:

$$I_\varepsilon = \frac{b_1^2 a_0 + b_0^2 a_2}{2a_0 a_1 a_2}. \quad (9)$$

Параметрическая оптимизация ПИД алгоритма. В литературе [3] показано, что для низкочастотных систем автоматического управления задача параметрической оптимизации (7) эквивалентна задаче

$$\frac{T_u}{k_p} \xrightarrow{k_p, T_u, T_o} \min \quad (10)$$

$$k_p \in [0,1; 60], T_u \in [0,1; 300], T_o \in [1; 600].$$

Интервал изменения отношения T_u к k_p составляет [1; 3000].

В литературе [3] также показано, что отношение T_u/k_p является унимодальной функцией, так что задача (10) может быть решена любым численным методом одномерной оптимизации нулевого порядка [5].

Учитывая, что число точек вычислений ИКК относительно небольшое можно использовать метод перебора.

Алгоритм настройки.

1. Постоянную времени T_d изменять начиная от 1 с шагом 10 сек., всего значений T_d будет 60. И для каждого значения повторять нижеследующий порядок действий.

2. Разбить интервал изменения отношения $T_u/k_p \in [1; 3000]$ на подинтервалы шириной 10 сек., получится 300 подинтервалов.

3. Установить начальное значение $T_u/k_p=1$.

4. Вычислить ИКК из условия (8) и сохранить значение.

5. Увеличить отношение T_u/k_p на 10.

6. Проверить: рассмотрены все значения отношения T_u/k_p ?

Если да, то перейти к пункту 7; если нет, то увеличить отношение T_u/k_p на 10 сек. и выполнить пункт 4.

7. Вычисления ИКК закончены. Получен массив значений ИКК, равное $300 \times 60 = 18000$. Каждому значению ИКК соответствует набор значений параметров k_p, T_u, T_d .

8. Выполнить сравнение значений ИКК. Выбрать такой набор параметров, который соответствует минимуму отношения T_u/k_p . Получено решение задачи параметрической оптимизации ПИД алгоритма управления.

9. Вычисления закончить. Результат использовать по назначению (вывод результатов на печать, записать в файл, отправить по линии связи к ПЛК).

Из разработанного алгоритма можно, как частные случаи, получить алгоритмы параметрической оптимизации частных законов управления, получаемых из ПИД алгоритма: П, И, ПИ алгоритмов.

Заключение. Разработан численный алгоритм параметрической оптимизации стандартного ПИД закона управления. В РСА решение задачи параметрической оптимизации локального алгоритма управления может быть возложен на сервер ПГУ или ЦПУ, которые удаленно настраивают локальный регулятор [1].

Расчет настроек регулятора также можно возложить на ПЛК локальной системы, но в этом случае алгоритм необходимо модифицировать с учетом ограниченного объема оперативной памяти ПЛК.

Список литературы:

1. Акматбеков Р. А. Распределенная система управления биологической очисткой бытовых сточных вод / Известия НАН КР. - Б: Илим, 2015, №1. – с. 101-107.
2. Акматбеков Р. А. Параметрическая оптимизация алгоритмов управления методом Монте-Карло / Проблемы автоматизации и управления. – Б.: Илим, 2018. – в печати.
3. Ротач В. Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. - М.: Энергия, 1973. - 440 с.
4. Теория автоматического управления / Ч.1. Теория линейных систем автоматического управления / Под ред. А. А. Воронова. – М.: Высш. шк., 1986. – 367 с.
5. Уайлд Д. Дж. Методы поиска экстремума. – М.: Наука, 1967. – 268 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ПОРОД В ОКРЕСТНОСТИ КАРЬЕРА ПРИ ВЫЕМКЕ
ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО КОМБИНИРОВАННЫМ
СПОСОБОМ**

Маматова Гульшаир Тыныбековна, к.т.н., доцент, ЖАГУ, Кыргызстан, 715600, г.Джалал-Абад, ул.Ленина 57, Тел: 03722-2-09-28, e-mail: gulshair_mam@mail.ru

Алибаев Атабек Пахырович, д.т.н., профессор, ЖАГУ, Кыргызстан, 715600, г.Джалал-Абад, ул.Ленина 57, Тел: 03722-5-04-55, e-mail: alibaev68@mail.ru

Усенов Кенешбек Жумабекович, ЖАГУ, Кыргызстан, 715600, г.Джалал-Абад, ул.Ленина 57, Тел: 03722-5-00-22, e-mail: usenov@rambler.ru

Аннотация: В статье изложены результаты исследования напряженно-деформированного состояния пород в окрестности карьера при выемке запасов полезного ископаемого комбинированным способом. При комбинированной разработке рудных месторождений проведение в борту карьера горных выработок изменяет первоначальное напряженное состояние массива. Для исследования и оценки напряженно-деформированного состояния прибортового массива и дна карьеров рассматриваются и сравниваются напряженное состояние массива пород при различных условиях ведения горных работ. Для моделирования напряженного состояния породного массива прибортовой зоны неоднородного сложения использованы программные обеспечения «Геомеханика» и «Stress». Моделирование при этом выполнялось методом конечных элементов.

Извлечение прибортовых запасов открытыми камерами приводит к увеличению горизонтальных растягивающих и касательных напряжений между висячим боком рудного массива и стенами выработанного пространства, которое может привести к потере устойчивости подрабатываемого борта.

Установленные закономерности изменения напряженного состояния массива пород прибортовой зоны и дна карьеров позволяют судить о геомеханическом состоянии массива пород и могут быть использованы для оценки устойчивости рассматриваемого участка массива и создания новых способов выемки запасов прибортовой зоны при комбинированной разработке рудных месторождений.

Ключевые слова: Массив, дно карьера, запасы, ярус, прибортовая зона, выемка, комбинированный способ, напряженно-деформированное состояние, месторождение

**INVESTIGATION OF THE STRESS-DEFORMED STATE OF THE VICINITY OF
THE QUARRY WHILE RECYCLING RESERVES OF MINERAL RESOURCES USED BY
A COMBINED METHOD**

Mamatova Gulshair Tynbekovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, JASU, Kyrgyzstan, 715600, Jalal-Abad, Lenina 57, Tel: 03722-2-09-28, e-mail: gulshair_mam@mail.ru

Alibaev Atabek Pahirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, JASU, Kyrgyzstan, 715600, Dzhahalal-Abad, Lenina 57, Tel: 03722-5-04-55, e-mail: alibaev68@mail.ru

Usenov Keneshbek Zhumabekovich, JASU, Kyrgyzstan, 715600, Jalal-Abad, Lenina 57, Tel: 03722-5-00-22, e-mail: usenov@rambler.ru

Abstract: The article presents the results of the investigation of the stress-strain state of rocks in the vicinity of a quarry during the extraction of mineral reserves in a combined method. With the combined development of ore fields, carrying out mining excavations in the quarry alters

the initial stressed state of the massif. To study and evaluate the stress-strain state of the instrument massif and the bottom of quarries, the stress state of the rock massif under different mining conditions is considered and compared. To simulate the stress state of the rock massif of the instrumental zone of inhomogeneous addition, the software "Geomechanics" and "Stress" were used. The simulation was carried out by the finite element method.

Removing inventory stocks with open chambers leads to an increase in the horizontal tensile and tangential stresses between the hanging edge of the ore massif and the walls of the worked out space, which can lead to a loss of stability of the running side.

The established patterns of changes in the stress state of the rock massif of the cadastral zone and the bottom of the quarries make it possible to judge the geomechanical state of the rock massif and can be used to assess the stability of the considered area of the massif and to create new methods for excavating the reserves of the cadastral zone in the combined development of ore fields.

Key words: Massif, bottom of quarry, reserves, level, instrument zone, excavation, combined method, stress-strain state, field

Многие рудные месторождения нашей республики расположены в труднодоступных горных районах, рудные тела имеют сложные формы и распространяются на значительную глубину. В этих условиях многие из этих месторождений будут отработаны комбинированным способом.

При комбинированной разработке рудных месторождений проведение в борту карьера горных выработок изменяет первоначальное напряженное состояние массива. Ведение горных работ приводит к появлению повышенных сжимающих напряжений в одних частях массива, происходит концентрация напряжений, а в других частях массива могут появиться растягивающие напряжения [3].

Для исследования и оценки напряженно-деформированного состояния прибортового массива и дна карьеров рассматриваются и сравниваются напряженное состояние массива пород при различных условиях ведения горных работ.

Для моделирования напряженного состояния породного массива прибортовой зоны неоднородного сложения нами использованы программные обеспечения «Геомеханика» и «Stress». Моделирование при этом выполнялось методом конечных элементов [10]. Карьер расположен в косогорье. Высота правого борта составляет 71 м, а левого борта 107 м. Ширина дна карьера равняется 30 м, угол падения рудного тела 30 град. Мощность руды равна 40 м (рис. 1). Угол наклона борта карьера 41 град. Физико-механические свойства руды: модуль Юнга $3,0 \cdot 10^4$ МПа, коэффициент Пуассона 0,25, объемный вес 27100 Н/м^3 , сцепление 32,5 МПа, угол внутреннего трения 50 град. Физико-механические свойства породы: модуль Юнга $3,5 \cdot 10^4$ МПа, коэффициент Пуассона 0,23, объемный вес 269000 Н/м^3 , сцепление 12,5 МПа, угол внутреннего трения 40 град. [9]

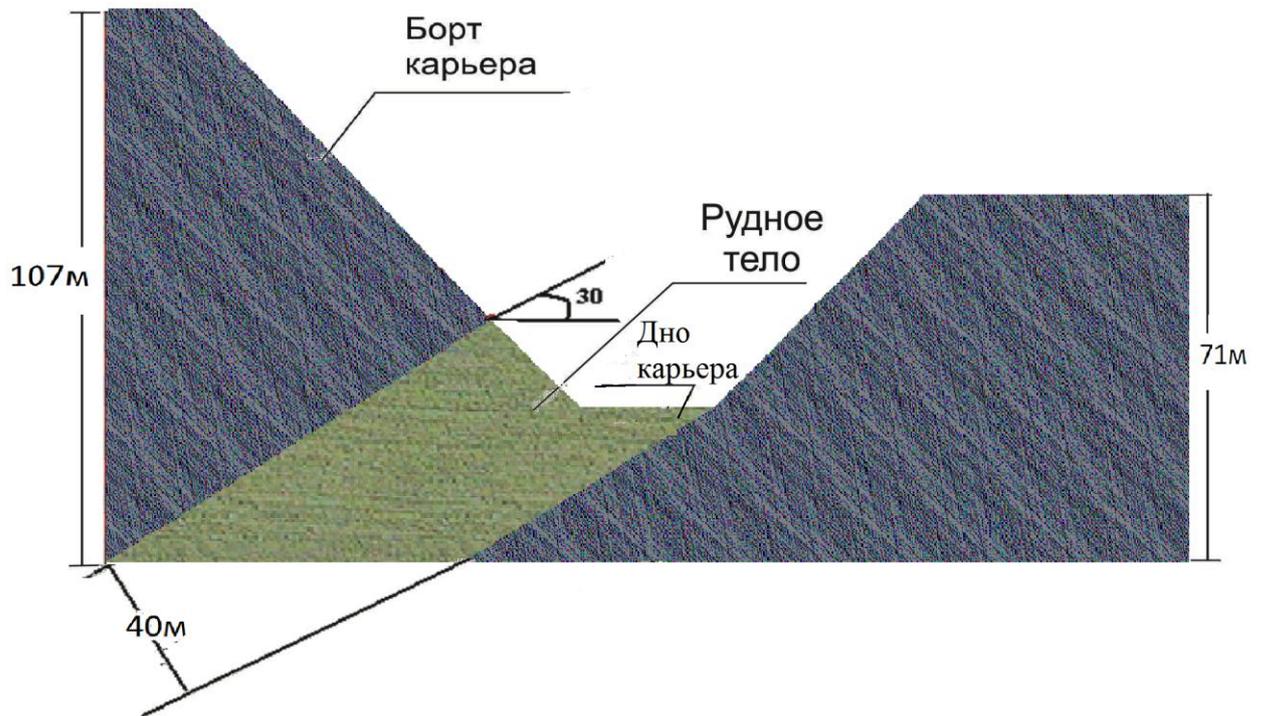


Рис. 1. Неоднородный массив до начала подземных работ

До начала подземных горных работ наибольшая концентрация наблюдается в пределах рудной зоны на уровне дна и ниже уровня на глубине от дна, равной $1/2N_d$ (где N_d - ширина дна карьера). Концентрация наблюдается и в правом низком борту на уровне дна карьера. Ширина этой зоны концентрации равняется $0,7N_d$. [7]

Распределение горизонтальных напряжений показывает, что в массиве существуют сжимающие и растягивающие напряжения (рис.2). Под дном карьера и в правом борту до высоты от дна карьера, равной $0,16N_d$ возникает зона растягивающих горизонтальных напряжений. По глубине эта зона распространяется до глубины, равной $0,5N_d$. Значения растягивающих горизонтальных напряжений в этой зоне меняются от $0,268\text{МПа}$ до $0,046\text{МПа}$. Под обоими бортами на уровне дна образуются зоны растягивающих горизонтальных напряжений. Под левым бортом зона растягивающих напряжений возникает вдоль линии границ рудной зоны и породы. Нижняя граница этой зоны проходит по рудному телу и находится на высоте от дна, равной $0,26N_d$, а верхняя - на высоте, равной $0,73N_d$. По мере углубления эта зона постепенно расширяется. Значения растягивающих напряжений в этой зоне меняются от $1,200\text{МПа}$ до $0,156\text{МПа}$. Выше этой зоны преобладают сжимающие горизонтальные напряжения и на высоте $2,5N_d$ возникают наибольшие их значения, равные $1,400\text{МПа}$.

В правом борту максимальные значения растягивающих напряжений образуются на уровне дна, при удалении вглубь массива по горизонтали на расстояние, равное $0,86N_d$. Здесь его значение составляет $0,545\text{МПа}$. В этом борту выше уровня дна в приповерхностной части борта возникает зона повышенных горизонтальных сжимающих напряжений. Эта зона распространяется до высоты, равной $0,83N_d$. Напряжения здесь меняются от $0,314\text{МПа}$ до $1,130\text{МПа}$.

Вертикальные напряжения до проведения выработок концентрируются в нижней части дна в пределах рудного тела, начиная с глубины, равной $0,26N_d$. Значения вертикальных сжимающих напряжений здесь равны от $7,690\text{МПа}$ до $4,400\text{МПа}$ (рис.2).

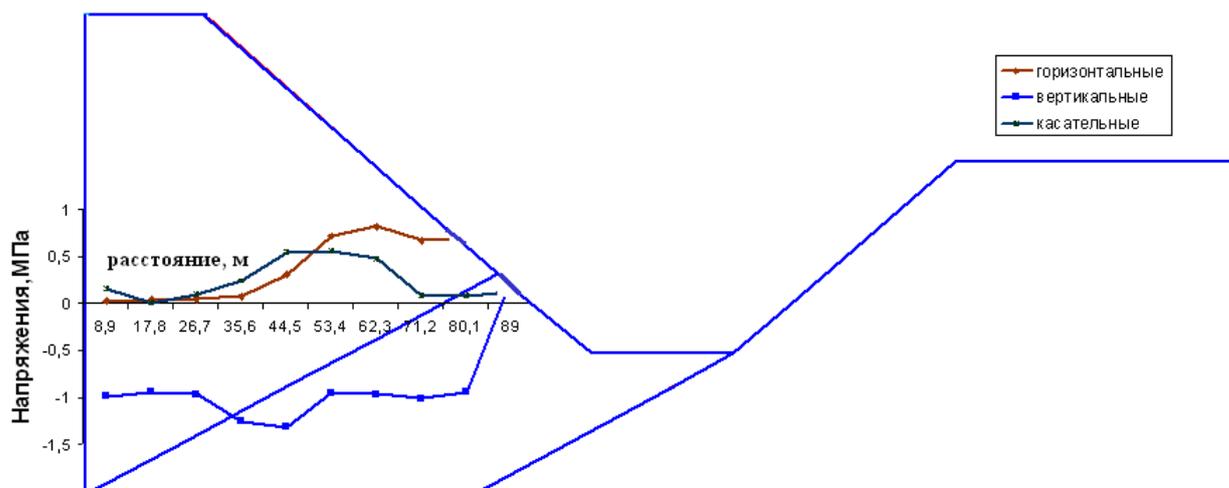


Рис.2. Распределения напряжений в прибортовом массиве до начала подземных работ

Максимальные значения касательных напряжений в данном случае возникают в левом борту на уровне дна и при удалении вглубь массива по горизонтали на расстояние, равное $0,9N_d$. Значение равняется $1,130\text{МПа}$. Сравнительно большие значения касательных напряжений наблюдаются и в левой прибортовой зоне, начиная от высоты $0,76N_d$ до высоты $1,6N_d$. Значения напряжений в этой зоне меняются от $0,985\text{МПа}$ до $0,552\text{МПа}$ [2].

Для отбойки прибортовых запасов на высоте $0,23N_d$ (где N_d — ширина дна карьера) проходится горизонтальные горные выработки, количество которых зависит от мощности запасов прибортовой зоны.

После полной выемки запасов верхнего яруса для обеспечения устойчивости борта карьера выработанное пространство заполняется обрушенными породами и забалансовой рудой из внутрикарьерного отвала. [4]

В данном случае концентрация горизонтальных напряжений наблюдается вокруг выработок. Зона концентрации этих напряжений распространяется вниз по рудному телу. На месте пересечения рудного тела и выработанного пространства (над крайней выработкой нижнего яруса) возникают наибольшие значения горизонтальных растягивающих напряжений. Их значения колеблется $5,560\text{МПа}$ до $2,930\text{МПа}$ (рис.3). На высоком левом борту, на уровне дна по-прежнему существует зона растягивающих напряжений, значения которых меняется от $0,360\text{МПа}$ до $1,300\text{МПа}$. [5]

Концентрация вертикальных напряжений наблюдается вокруг выработок и в пределах рудной зоны. Над выработками наименьшая концентрация происходит над крайней выработкой, которая испытывает вес вышележащей толщи. Между выработками наибольшее значение вертикальных напряжений наблюдается между крайними выработками. Здесь значения этих напряжений меняются от $4,600\text{МПа}$ до $2,500\text{МПа}$ (рис.3).



Рис.3. Распределение напряжений в прибортовом массиве при выемке запасов двух камер

После выемки запасов камеры расположенной первой от борта карьера концентрация горизонтальных напряжений возникает вокруг выработок. Ширина зоны концентрации равняется половине ширины рудного тела и простирается вниз по рудной зоне. [6]

В зоне растягивающих напряжений, расположенных на месте пересечения рудного тела и вертикальной стенки выработанного пространства их значения равны от 2,790МПа до 4,260МПа. Такая зона возникает и между первой и второй выработками на высоте от уровня кровли, равной $0,42n_v$ (где n_v - ширина выработки). Здесь растягивающие напряжения составляют от 9,250МПа до 4,310МПа (рис.4).

До начала горных работ во втором ярусе напряжения в этой точке составляло 0,191МПа, т.е. после начала выемки первой камеры второго яруса напряжение увеличилось в 48 раза.

Выше этой зоны появляется зона повышенных сжимающих напряжений со значениями от 4,280МПа до 3,860МПа.

До начала выемки запасов второго яруса напряжения здесь составляло 0,333МПа. В данном случае увеличение значений сжимающих горизонтальных напряжений составляло более 10 раз.

Вертикальные напряжения концентрируются вокруг выработок. Зона концентрации вертикальных напряжений простирается вниз по рудной зоне. Ширина этой зоны концентрации равняется $1/2m_p$ (где m_p - мощность рудного тела). Наибольшие значения вертикальных напряжений по-прежнему наблюдаются между двумя крайними выработками. Здесь они равны от 4,550МПа до 3,220МПа (рис.4).

Касательные напряжения в данном случае концентрируются вокруг выработки.

После выемки первой камеры нижнего яруса наибольшие значения максимальных касательных напряжений возникают между первой и второй выработками, на высоте от кровли выработки, равной $0,62n_v$ (где n_v - ширина выработки). Напряжения здесь равны 7,360МПа. В этой точке до выемки первой камеры напряжение равнялось 0,185МПа, т.е. увеличение составляло почти в 40 раз.

После выемки запасов следующей, т.е. второй от борта карьера камеры концентрация горизонтальных напряжений по-прежнему происходит вокруг выработок. [2] При этом в данном случае под дном карьера, начиная со стороны правого более низкого борта, возникает зона концентрации растягивающих напряжений. Ширина этой зоны концентрации равняется $1/2m_p$, а глубина равняется $0,23N_d$. Напряжения здесь меняются от 1,670МПа до 0,014МПа. Ниже этой зоны возникают сжимающие горизонтальные напряжения. Вокруг выработок чередуются зоны сжимающих и растягивающих горизонтальных напряжений.

Концентрация вертикальных напряжений происходит вокруг выработок. Их значения составляют от 2,100МПа до 0,945МПа.

Максимальные касательные напряжения концентрируются вокруг выработок и на дне карьера. Наибольшие значения максимальных касательных напряжений при этом возникает между отработанным пространством и первой выработкой. Здесь эти напряжения равны 3,120МПа. Над второй выработкой то же наблюдается зона максимальных касательных напряжений, сравнительно незначительными значениями. Касательные напряжения равняются от 2,040МПа до 1,710МПа.

После полной выемки всех запасов нижнего яруса, т.е. после полной выемки всех запасов прибортовой зоны концентрация горизонтальных напряжений наблюдается в висячем боку рудного тела, при этом ширина зоны концентрации занимает половины мощности рудного тела. [8]

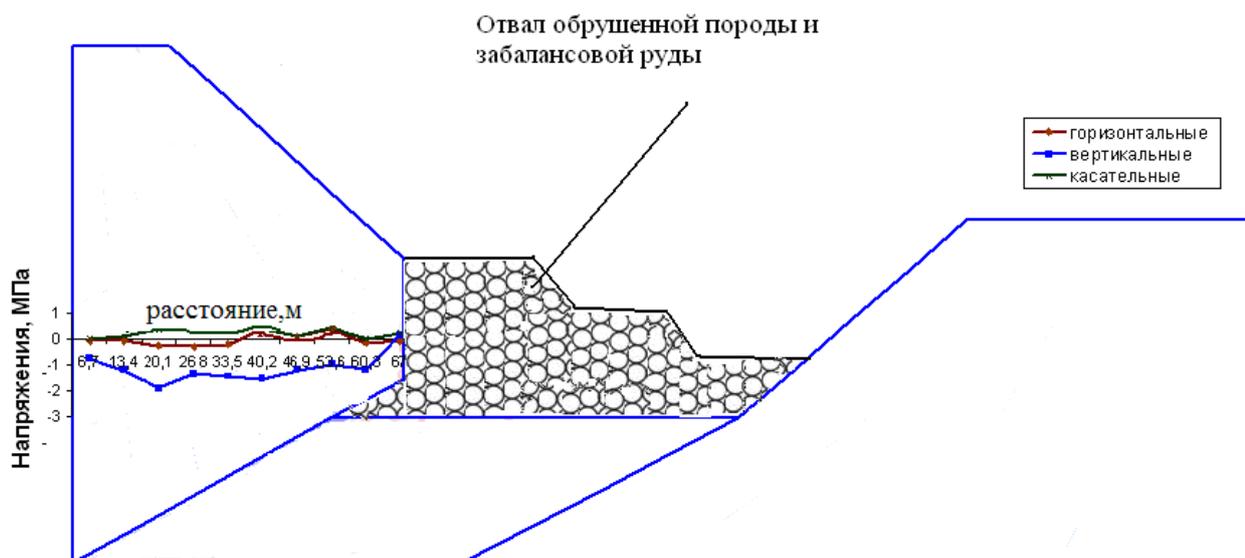


Рис.4. Распределение напряжений в прибортовом массиве после полной выемки запасов прибортовой зоны

Растягивающие напряжения возникают в левом борту на месте пересечения подошвы выработанного пространства и границы рудной зоны. Ширина этой зоны равняется 0,16м_р. По глубине она простирается до 0,17м_р. Растягивающие напряжения в этой зоне меняются от 3,180МПа до 0,667МПа. После выемки всех прибортовых запасов вертикальные напряжения концентрируются в пределах рудного тела в верхней половине висячего бока. Ширина зоны концентрации занимает половины мощности рудного тела. [6]

Наибольшие значения максимальных касательных напряжений возникают в местах пересечения границы висячего бока рудного тела и подошвы выработанного пространства. Здесь напряжения меняются от 3,580МПа до 1,850МПа. В середине рудного тела наблюдается полоса, параллельная рудному телу, где значения максимальных касательных напряжений колеблется от 4,150МПа до 1,500МПа.

Таким образом, эти закономерности изменения напряженного состояния массива пород прибортовой зоны и дна карьеров позволяют судить о геомеханическом состоянии массива пород и могут быть использованы для оценки устойчивости рассматриваемого участка массива и создания новых способов выемки запасов прибортовой зоны при комбинированной разработке рудных месторождений.

Известно, что устойчивость откосов в скальных трещиноватых породах зависит от структуры массива (наличие тектонических нарушений, слоистости, трещин, различно ориентированных по отношению к откосам) и сопротивления сдвигу и отрыву пород по этим

поверхностям ослаблений. При неблагоприятном ориентировании трещин (падение в сторону выемки, сопряжение их в уступе и др.) возможны деформации отдельных участков уступов. [1]

Через вычисленные значения напряжений можно определить коэффициент запаса устойчивости по соответствующей формуле

$$K = \frac{\sum (C + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi) \Delta l}{\sum \tau \Delta l}$$

где σ_n , τ - соответственно нормальные и касательные напряжения в середине отрезка, φ - угол внутреннего трения, C – сцепление, Δl – длина отрезка.

Выводы:

1. Установлено, что после полной выемки всех запасов нижнего яруса, т.е. после полной выемки всех запасов прибортовой зоны концентрация горизонтальных напряжений наблюдается в висячем боку рудного тела, при этом ширина зоны концентрации занимает половины мощности рудного тела. Растягивающие напряжения возникают в левом борту на месте пересечения подошвы выработанного пространства и границы рудной зоны. Ширина этой зоны равняется $0,16m_p$, которая по глубине простирается до $0,17m_p$.

2. Извлечение прибортовых запасов открытыми камерами приводит к увеличению горизонтальных растягивающих и касательных напряжений между висячим боком рудного массива и стенами выработанного пространства, которое может привести к потере устойчивости подрабатываемого борта.

3. Установленные закономерности изменения напряженного состояния массива пород прибортовой зоны и дна карьеров позволяют судить о геомеханическом состоянии массива пород и могут быть использованы для создания новых способов выемки запасов прибортовой зоны при комбинированной разработке рудных месторождений.

Список литературы:

1. Алибаев А.П. Геомеханика и технологии при комбинированной разработке рудных месторождений/ А.П.Алибаев.- Бишкек: Инсанат, 2008.-192с.

2. Алибаев А.П. Отработка запасов законтурных рудных тел в условиях открыто-подземного способа разработки /А.П.Алибаев, Г.Т.Маматова, К.Ж.Усенов // Известия ВУЗов - Бишкек, 2012.- №6.- С.51-53.

3. Кожогулов К.Ч. Развитие геотехнологий при комбинированной разработке нагорных рудных месторождений/ К.Ч.Кожогулов, А.П.Алибаев, К.Ж.Усенов.- Бишкек-Жалал-бат, 2008.- 189с.

4. Маматова Г.Т. Исследование напряженно-деформированного состояния прибортового массива и дна карьера при проведении в борту карьера горизонтальных горных выработок/ Г.Т.Маматова, А.П.Алибаев, А.Р.Такеева// Известия ОшТУ: сб.науч.тр.- Ош, 2012.-№1.- С.66-70.

5. Маматова Г.Т. Исследование напряженно-деформированного состояния прибортового массива и дна карьера при выемке прибортовых запасов комбинированным способом/ Г.Т.Маматова// Известия ВУЗов: сб.науч.тр.- Бишкек, 2012.-№6.- С.21-23.

6. Маматова Г.Т. Оценка напряженно-деформированного состояния массива горных пород при комбинированной отработке наклонных рудных тел/Г.Т.Маматова, А.П.Алибаев, К.Ж.Усенов// Известия ОшТУ: сб.науч.тр.- Ош, 2012.-№1.- С.74-77.

7. Маматова Г.Т. Оценка напряженно-деформированного состояния массива пород и дна карьера при комбинированной разработке прибортовых запасов/ Г.Т.Маматова// Наука и новые технологии: сб.науч.тр.-Бишкек, 2012. .-№4- С.21-26.

8. Маматова Г.Т. Оценка напряженно-деформированного состояния прибортового массива пород и дна карьера при комбинированной разработке рудных тел/ Г.Т.Маматова// Наука и новые технологии: сб.науч.тр.-Бишкек, 2012.-№4.- С.64-67.

9. Терметчиков М.Н. Физико-механические свойства горных пород месторождений Киргизии и их корреляционный анализ / М.Н.Терметчиков.- Фрунзе: Илим, 1979.- 136с.

10. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике / А.Б.Фадеев – М.: Недра, 1987. – 221с.

УДК 004.383.5:001.51

ПРОЕКТИРОВАНИЕ 8-МИ РАЗРЯДНОГО ОДНОТАКТОВОГО ПРОЦЕССОРА С RISC АРХИТЕКТУРОЙ НА БАЗЕ ПЛИС

Мананников Никита Александрович, магистрант, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: manannikov_nikita@outlook.com

Исраилова Нелла Амантаевна, доцент кафедры ИВТ КГТУ им. И. Раззакова Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: inela.kstu@gmail.com

Аннотация. В статье приведено описание процесса проектирования одноктактного 8-ми разрядного процессора с RISC архитектурой в программе «Logisim» и реализация на FPGA, который в последующем будет внедрен в учебный процесс по подготовке бакалавров направления 710100-“Информатика и вычислительная техника”.

Ключевые слова: процессор, CPU, RISC, FPGA+RISC, ПЛИС, Verilog

DESIGNING A 8-MULTI-DISCHARGE ONE-STEP PROCESSOR WITH RISC ARCHITECTURE ON THE FPGA BASIS

Manannikov Nikita Alexandrovich, master student, KSTU them. I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Avenue 66, e-mail: manannikov_nikita@outlook.com

Israilova Nella Amantaevna, Associate Professor of the Department of ICT in KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek city, Mira pr. 66, e-mail: inela.kstu@gmail.com

Annotation. The article describes the process of designing a single-cycle 8-bit processor with RISC architecture in the "Logisim" program and implementation on FPGA, which in the future will be introduced into the educational process for the preparation of bachelors of direction 710100-"Computer science and computer facilities".

Keywords: processor, CPU, RISC, FPGA + RISC, FPGA, Verilog

ВВЕДЕНИЕ

В учебном процессе у студентов возникают сложности в изучении и освоении учебного материала по курсам “Архитектура ЭВМ”, “ЭВМ и ПУ” из за отсутствия качественной и полноценной лабораторной базы и учебных пособий.

Процессор, проектирование и реализация которого описан в данной статье, позволит дать наглядное представление работы как самого процессора, так и его отдельных блоков, что будет способствовать повышению эффективности учебного процесса в целом.

Так же немаловажным является то, что данный процессор можно будет использовать не только в образовательных целях, но и для коммерческих проектов.

Кроме того, появились доступные по цене средства моделирования и макетирования в

виде конструкторских плат, использующих FPGA (Field Programmable Gate Array), называемых ПЛИС (Программируемая логическая интегральная схема).

Такие платы могут быть приобретены любым учебным заведением или даже частным лицом. Используя языки проектирования и описания аппаратуры такие как (Verilog) и предоставленные производителем FPGA инструментальные средства, каждый студент в состоянии самостоятельно спроектировать и построить сложную цифровую систему, включая процессор.

Проектирование процессора включает в себя следующие этапы:

1. Разработка системы команд.
2. Построение тракта данных.
3. Построение устройства управления.
4. Интегрировать проект в среду разработки Quartus.
5. Тестирование в ПЛИС.

Разработка системы команд

Одним из важных этапов является, разработка системы команд. Команды были разработаны с фиксированной длиной, что позволяет облегчить разработку процессора и не вводит в заблуждения студентов на начальном этапе изучения, так как не фиксированный формат команд чаще всего используется на CISC архитектуре и требует более высоких знаний в области построения процессоров.

Длина команды составляет 18 бит и выглядит следующим образом:

- **OP** – код операции, имеет размер 4 бита и содержит в себе самую закодированную команду.
- **AR1** – адрес 1-ой магистрали РОН, имеет размер 2 бита.
- **AR2** – адрес 2-ой магистрали РОН, имеет размер 2 бита.
- **Address/Data** – непосредственный адрес или данный, имеет размер 8 бит.
- **WR** – выборка регистров или памяти при записи, имеет размер 2 бита.

На данный момент процессор поддерживает 16 команд фиксированной длины (таблица 1).

| <i>№</i> | <i>Command</i> | <i>OP</i> | <i>AR1</i> | <i>AR2</i> | <i>Address/Data</i> | <i>WR</i> |
|----------|----------------|-----------|------------|------------|---------------------|-----------|
| 1 | NOP | 0000 | XX | XX | XXXXXXXXXX | XX |
| 2 | LRB | 0001 | AA | XX | XXXXXXXXXX | AA |
| 3 | LRBI | 0010 | XX | XX | DDDDDDDD | AA |
| 4 | LB | 0011 | AA | AA | XXXXXXXXXX | AA |
| 5 | SB | 0100 | AA | AA | XXXXXXXXXX | AA |
| 6 | InSB | 0101 | XX | XX | XXXXXXXXXX | AA |
| 7 | ADD | 0110 | AA | AA | XXXXXXXXXX | AA |
| 8 | SUB | 0111 | AA | AA | XXXXXXXXXX | AA |
| 9 | MUL | 1000 | AA | AA | XXXXXXXXXX | AA |
| 10 | DIV | 1001 | AA | AA | XXXXXXXXXX | AA |
| 11 | SHL | 1010 | AA | AA | XXXXXXXXXX | AA |
| 12 | SHR | 1011 | AA | AA | XXXXXXXXXX | AA |
| 13 | INC | 1100 | AA | XX | XXXXXXXXXX | AA |
| 14 | DEC | 1101 | AA | XX | XXXXXXXXXX | AA |
| 15 | JE | 1110 | AA | AA | AAAAAAAAAA | XX |
| 16 | JMP | 1111 | XX | XX | AAAAAAAAAA | XX |

Построение тракта данных

Теперь, когда определены все команды для данного процессора, был построен тракт данных (рис. 1). Так как у нас процессор одноктактный (за один такт выполняется каждая команда) то однозначно он представляет собой гарвардскую архитектуру и имеет раздельную память для инструкций и данных.

Тракт данных представляет собой следующие основные блоки:

- **ROM** – память инструкций содержит разрядность адреса 8-бит и данных 18-бит.
- **Reg** – блок РОН, включает в себя 4-ре восьмиразрядных регистра и мультиплексоры для их коммутации.
- **ALU** – арифметически логическое устройство содержит в себе блок сложения, вычитания, умножения, деления, логические сдвиги в право-лево, инкремент, декремент и проверка на равенство.
- **RAM** – память данных содержит разрядность адреса 8-бит и данных 8-бит.
- **Input A** – 8-ми разрядный регистр для ввода данных через внешний порт.
- **Output A, B** – два 8-ми разрядных регистра для вывода данных на внешние порты.

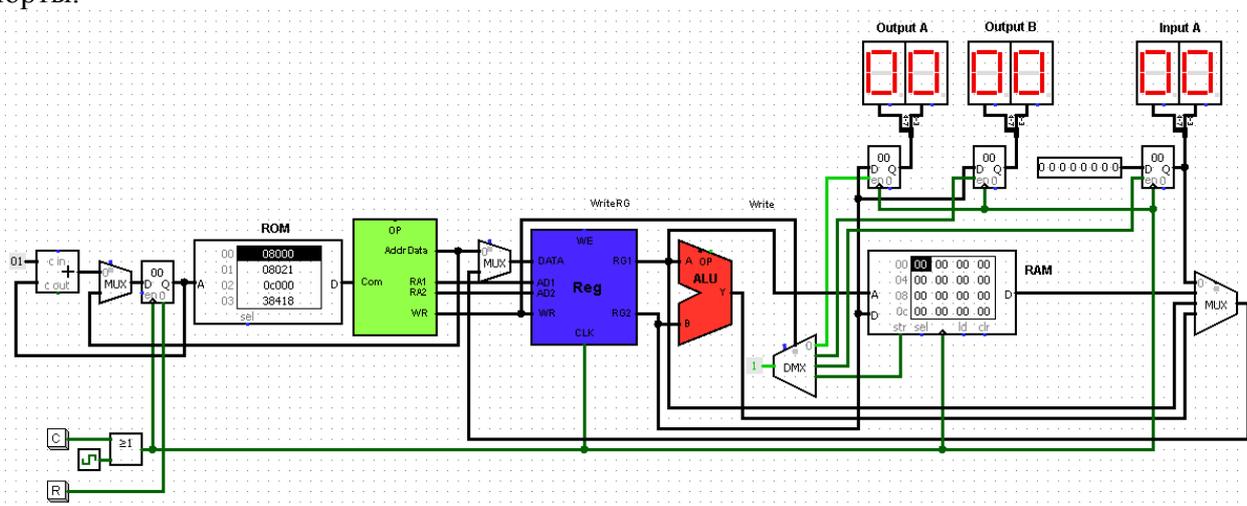


Рис 1. Завершённый тракт данных.

Построение устройства управления

Следующим этапом был разработан управляющий дешифратор команд (его таблица истинности приведена в таблицы 2). Его основной целью служит, чтобы в нужный момент времени активировать те блоки, которые нужны для той или иной инструкции в момент её выполнения.

Внутренняя архитектура дешифратора приведена на рис 2.

| № | ASSEM | OP | JMP | J | MUX | WRG | ALU OP | WRIT | RESUIT |
|----|-------|------|-----|---|-----|-----|--------|------|--------|
| 1 | NOP | 0000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 000 | 0 | 00 |
| 2 | LRB | 0001 | 0 | 0 | 1 | 1 | 000 | 0 | 10 |
| 3 | LRBI | 0010 | 0 | 0 | 0 | 1 | 000 | 0 | 00 |
| 4 | LB | 0011 | 0 | 0 | 0 | 0 | 000 | 1 | 00 |
| 5 | SB | 0100 | 0 | 0 | 1 | 1 | 000 | 0 | 01 |
| 6 | InSB | 0101 | 0 | 0 | 1 | 1 | 000 | 0 | 00 |
| 7 | ADD | 0110 | 0 | 0 | 1 | 1 | 000 | 0 | 11 |
| 8 | SUB | 0111 | 0 | 0 | 1 | 1 | 001 | 0 | 11 |
| 9 | MUL | 1000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 010 | 0 | 11 |
| 10 | DIV | 1001 | 0 | 0 | 1 | 1 | 011 | 0 | 11 |
| 11 | SHL | 1010 | 0 | 0 | 1 | 1 | 100 | 0 | 11 |
| 12 | SHR | 1011 | 0 | 0 | 1 | 1 | 101 | 0 | 11 |
| 13 | INC | 1100 | 0 | 0 | 1 | 1 | 110 | 0 | 11 |
| 14 | DEC | 1101 | 0 | 0 | 1 | 1 | 111 | 0 | 11 |
| 15 | JE | 1110 | 0 | 1 | 0 | 0 | 000 | 0 | 00 |
| 16 | JMP | 1111 | 1 | 0 | 0 | 0 | 000 | 0 | 00 |

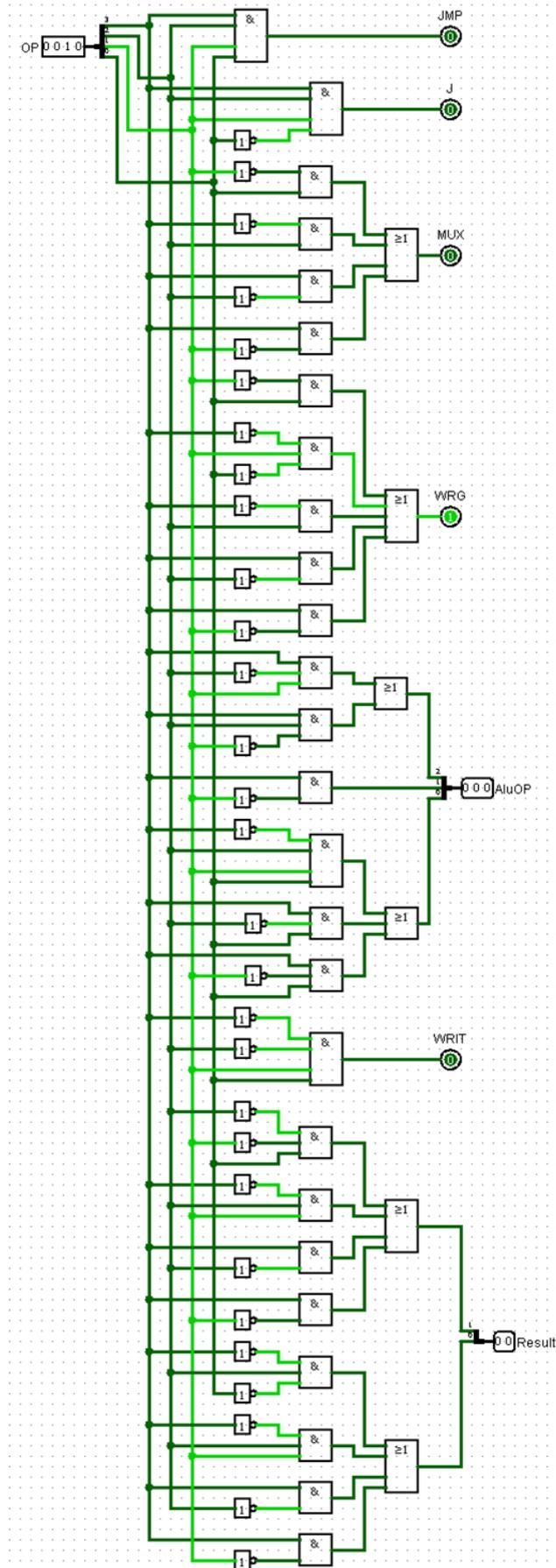


Рис 2. Архитектура дешифратора команд.

После того как был разработан дешифратор команд, его нужно соединить с трактом данных.

Теперь, когда были проделана все эти манипуляции, мы получили законченную структурную схему 8-ми разрядного процессора с поддержкой всех 16-ти команд (рис 3).

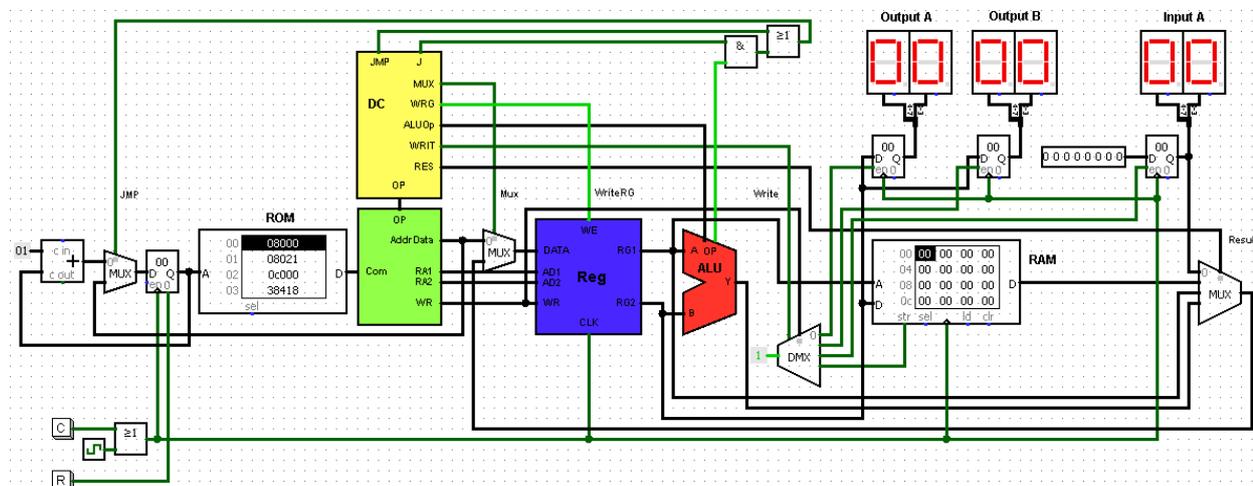


Рис 3. Законченная схема 8-ми битного процессора в программе «Logisim».

Интегрировать проект в среду разработки «Quartus»

Интеграция процессора в ПЛИС позволила дать еще один шаг на разработку и убедиться в том, что данный процессор не только способен работать в программе Logisim, но и также в реальном железе.

Процессор был спроектирован на языке Verilog. RTL схема приведена на рис 4.

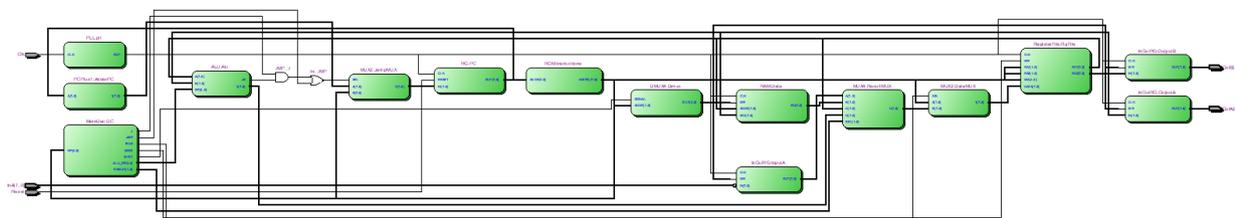


Рис 4. RTL схема в программе Quartus.

Тестирование в ПЛИС

Тестирование проводилось на относительно дешевой отладочной плате RZ-EasyFPGA A2.1 на микросхеме ALTERA Cyclone IV EP4CE6E22C8N. Данная плата содержит в себе всю необходимую периферию с которой в последующем данный процессор сможет взаимодействовать.

Для теста была написана программа, для управления дисплеям LCD1602. Данная программа сначала проводила инициализацию дисплея, потом выводила надпись «HELLO» и в последующем опрашивала порт ввода (с помощью опроса), которому были назначены четыре кнопки, с 0 по 3 разряд.

Временные диаграммы данного процессора приведены на рис 5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении можно сказать, что начальный этап разработки был преодолен. Мы получили на выходе рабочий восьмиразрядный процессор с поддержкой всех команд, которые были реализованы на данный момент.

Также в ходе тестирования были выявлены некоторые проблемы, связанные с нехваткой некоторых команд. В дальнейшем это проблема будет решена.

Еще одним важным шагом будет реализация компилятора (так как на данный момент все команды вводятся вручную) и внешнего программатора.

Разработка и реализация процессора на базе ПЛИС послужит основой для развития лабораторной базы по специальным курсам аппаратного цикла дисциплин по подготовке бакалавров направления 710100-«Информатика и вычислительная техника»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э. Таненбаум, Т. Остин, «Архитектура компьютера» 6-е издание, Питер 2013.
2. Д. Паттерсон, Дж. Хеннесси, «Архитектура компьютера и проектирование компьютерных систем», Питер 2012.
3. В.В. Кириллов, «Архитектура базовой ЭВМ», Санкт-Петербург 2010.
4. В.В. Соловьев, «Основы языка проектирования цифровой аппаратуры VERILOG», Москва 2014.
5. Дэвид М. Харрис, Сара Л. Харрис, «Цифровая схемотехника и архитектура компьютера» 2-е издание, Morgan Kaufman 2013.

УДК 622.831

ИЗУЧЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ДНА КАРЬЕРА ПРИ ОТРАБОТКЕ ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ

Осмонова Нургул Таштановна, к.т.н., доцент, ЖАГУ, Кыргызстан, 715600, г.Джалал-Абад, ул.Ленина 57, Тел: 03722-2-09-28, e-mail: n_osmonova@mail.ru

Алибаев Атабек Пахырович, д.т.н., профессор, ЖАГУ, Кыргызстан, 715600, г.Джалал-Абад, ул.Ленина 57, Тел: 03722-5-04-55, e-mail: alibaev68@mail.ru

Усенов Кенешбек Жумабекович, ЖАГУ, д.т.н., профессор, ЖАГУ, Кыргызстан, 715600, г.Джалал-Абад, ул.Ленина 57, Тел: 03722-5-04-55, e-mail: usenov@rambler.ru

Аннотация: В статье приведены результаты изучения напряженно-деформированного состояния массива пород дна карьера при отработке комбинированным способом. Известно, что при комбинированной разработке рудных месторождений проведение выработок под дном карьера изменяет первоначальное напряженное состояние массива. Для исследования и оценки напряженно-деформированного состояния массива дна карьера рассматриваются напряженное состояние массива пород согласно разработанной технологии. Для моделирования напряженного состояния подкарьерного массива использована программа «Stress». Моделирование при этом выполнялось методом конечных элементов.

Извлечение подкарьерных запасов открытыми камерами приводит к увеличению горизонтальных растягивающих и касательных напряжений между висячим боком рудного массива и стенами выработанного пространства.

Закономерности, установленные при изучении напряженно-деформированного состояния массива под карьером позволяют судить о геомеханическом состоянии массива. Полученные результаты могут быть использованы для оценки устойчивости массива, а также о целесообразности применения разработанного нового способа выемки запасов подкарьерной зоны при комбинированной разработке рудных месторождений.

Ключевые слова: Напряженно-деформированное состояние, массив, комбинированный способ, карьер, подкарьерная зона, дно карьера, запасы, подэтажи, выемка.

STUDY OF THE STRESSED-DEFORMED STATE OF THE CAREER DENSE MASSIVE IN THE PROCESSING OF SUBSECURITY RESERVES

Osmonova Nurgul Tashtanovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, JASU, Kyrgyzstan, 715600, Jalal-Abad, Lenina 57, Tel: 03722-2-09-28, e-mail: n_osmonova@mail.ru

Alibaev Atabek Pahirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, JASU, Kyrgyzstan, 715600, Dzhahal-Abad, Lenina 57, Tel: 03722-5-04-55, e-mail: alibaev68@mail.ru

Usenov Keneshbek Zhumabekovich, JASU, Kyrgyzstan, 715600, Jalal-Abad, Lenina 57, Tel: 03722-5-00-22, e-mail: usenov@rambler.ru

Abstract: The article presents the results of studying the stress-strain state of the rock mass in the bottom of the quarry when working in a combined way. It is known that in the combined development of ore deposits, workings under the pit of the quarry change the initial stressed state of the massif. To study and evaluate the stress-strain state of the bottom of the pit, the stressed state of the rock mass is considered according to the developed technology. To simulate the stress state of the subarray array, the Stress program is used. The simulation was carried out by the finite element method.

Extraction of the underpasses by open chambers leads to an increase in the horizontal tensile and shearing stresses between the hanging edge of the ore massif and the walls of the worked out space.

The patterns established during the study of the stress-strain state of the massif under the quarry make it possible to judge the geomechanical state of the massif. The obtained results can be used to assess the stability of the array, as well as the advisability of using the developed new method of excavating the reserves of the subbarrier zone in the combined development of ore deposits.

Key words: Stress-strain state, massif, combined method, quarry, subbarrier zone, bottom of quarry, reserves, sub-floors, excavation.

При проектировании карьеров следует учитывать влияние основных геологических и горнотехнических факторов на распределение напряжений в массиве пород. В связи с вышеизложенным, исследование напряженно-деформированного состояния под карьером является важной научно-технической задачей.

После проведения всех подэтажных выработок в подкарьерном массиве напряженно-деформированное состояние массива меняется [12]. Для изучения напряженно-деформированного состояния массива пород дна карьера рассматривается напряженное состояние массива пород при различных условиях ведения горных работ. Для моделирования напряженно-деформированного состояния были приняты следующие параметры карьера: высота правого борта 160м, левого борта – 100м, ширина дна карьера – 30м. Угол наклона правого и левого бортов –50°. Моделирование при этом выполнялось методом конечных элементов[12]. Были приняты следующие физико-механические свойства вмещающих пород и зоны рудной минерализации (табл.1):

Таблица 1.-Физико-механические свойства руды и вмещающих пород [10]

| материал | модуль Юнга, Е МПа | коэффициент Пуассона, μ | объемный вес, γ , Н/м ³ | Угол трения, ϕ град | Сцепление, С, МПа |
|----------|---------------------|-----------------------------|---|--------------------------|-------------------|
| порода | 3,5*10 ⁴ | 0,2600 | 26600 | 40 | 12,5 |
| руда | 2,1*10 ⁴ | 0,2300 | 27900 | 41 | 11,5 |

Расчеты показывают что в данном случае концентрация вертикальных напряжений наблюдается в пределах рудной залежи вокруг горизонтальных горных выработок. В прибортовом массиве вертикальные напряжения с ростом глубины залегания рассматриваемой зоны или участка постепенно увеличиваются [5].

Горизонтальные напряжения концентрируются в рудной залежи вокруг выработок, а в прибортовом массиве концентрация наблюдается на уровне дна карьера, и на уровне расположения подэтажных выработок. По всему рассматриваемому участку существуют горизонтальные напряжения, которые в прибортовом массиве на уровне дна карьера и под дном карьера становятся растягивающими. Под дном карьера максимальные растягивающие напряжения составляют 2,520МПа. Растягивающие напряжения наблюдаются в массиве первого подэтажа в районах выше подэтажных выработок. Здесь их значения равняются от 1,220МПа до 0,058МПа. Ниже подэтажных выработок первого подэтажа в основном преобладают горизонтальные сжимающие напряжения. Особенно они заметны в нижнем правом углу со стороны висячего бока. Значения этих напряжений в этой области колеблется от 0,907МПа до 0,484МПа (рис.1). На уровне выработок первого и второго подэтажей со стороны лежачего бока возникают зоны сжимающих напряжений.

Максимальные значения касательных напряжений концентрируются в пределах рудного тела вокруг выработок. Под дном карьера выше выработок их значения составляют до 1,340МПа. В правом высоком борту наибольшие значения максимальных касательных напряжений возникают в приповерхностной части массива борта на высоте от уровня дна карьера, равной $(1,5-1,8)H_d$ (где H_d - ширина дна карьера).

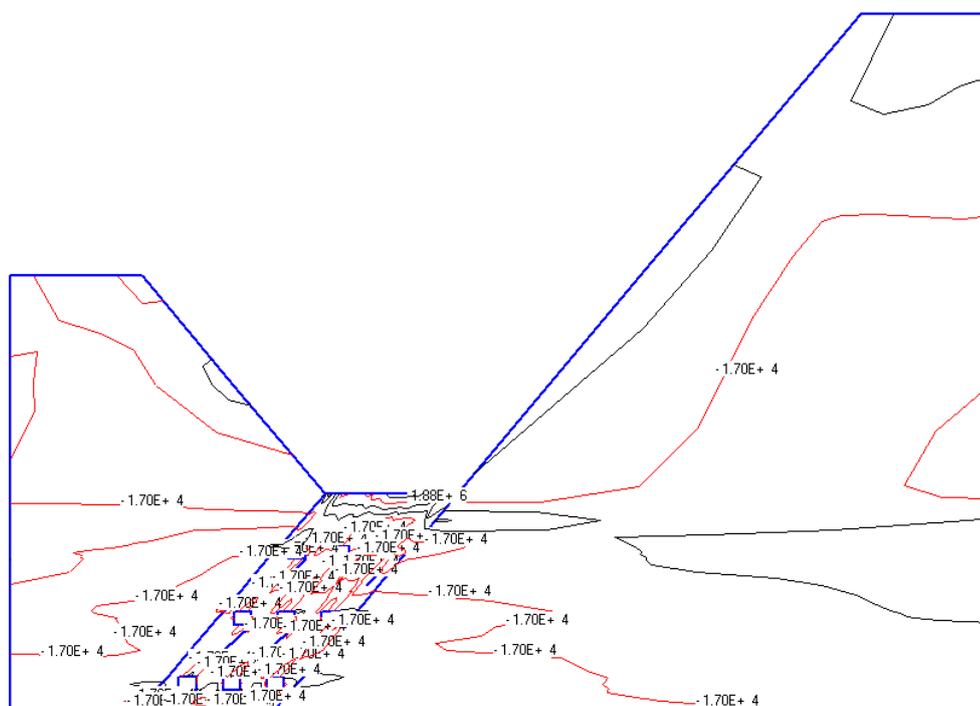


Рис.1. Распределение горизонтальных напряжений в массиве пород до начала очистных работ

После выемки запасов первоочередного очистного блока первого подэтажа концентрация вертикальных напряжений происходит в пределах массива рудного тела, и смещаются в основном на нижние подэтажи и за пределами рудного тела в сторону лежачего бока правого высокого борта. Висячем боку за пределами рудного тела образуется зона концентрации вертикальных напряжений высотой, равной высоте подэтажа. На первом подэтаже в массиве между выработкой и стенкой выработанного пространства происходит разгрузка значений вертикальных напряжений, что связано со снятием вышележащей нагрузки.

В данном случае в пределах первого подэтажа и на его уровне происходит концентрация горизонтальных напряжений. Во втором подэтаже концентрация наблюдается со стороны висячего бока залежи и за пределами залежи в виде узкой полосы на уровне дна выработанного пространства высотой, равной высоте выработки.

В массиве будет существовать горизонтальные напряжения сжимающего и растягивающего характера (рис.2.). Сжимающие напряжения под дном карьера находятся в левом борту за пределами рудной залежи на уровне подошвы выработанного пространства. Максимальные их значения составляют от 0,362МПа до 1,460МПа. Под отработанным пространством возникает зоны сжимающих и растягивающих напряжений, причем со стороны висячего бока существуют сжимающие, а в обратную сторону - растягивающие напряжения. Сжимающие меняются от 1,07МПа до 0,628МПа. Растягивающие меняются до 2,140МПа.

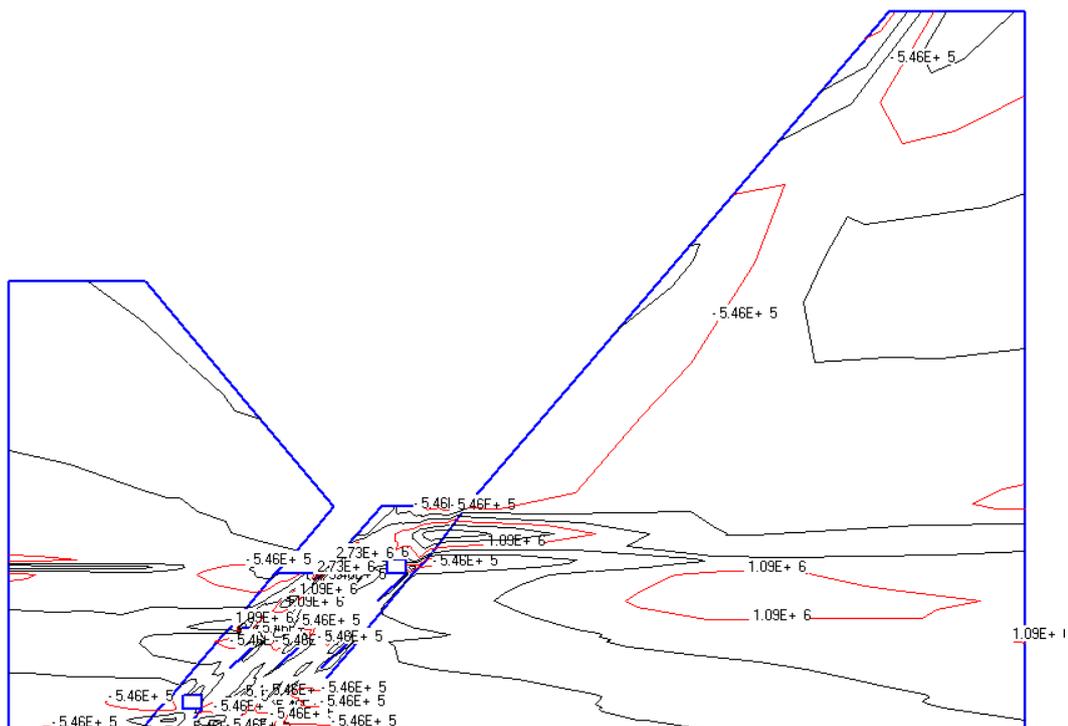


Рис. 2. Распределение горизонтальных напряжений в массиве пород после начала очистных работ

Начиная с глубины, равной p_0 (где p_0 - ширина отработанного пространства) возникают растягивающие напряжения, которые распространяются до подэтажных выработок нижнего подэтажа. Их значения здесь составляют от 0,551МПа до 2,220МПа.

В массиве между подэтажной выработкой и стенкой отработанного пространства существует зона повышенных растягивающих напряжений. Значение этих напряжений в этой зоне составляет от 3,10МПа до 0,387МПа. Верхняя граница этой зоны распространяется до поверхности дна карьера. Со стороны лежачего бока в пределах рудного тела и за его

пределами на высоте, равной 1,25 ширины выработки, т.е., на высоте 1,25 n в возникает еще одна зона повышенных растягивающих напряжений. Здесь значения растягивающих горизонтальных напряжений меняются от 3,420МПа до 1,110МПа. Появление этой зоны связано с отработкой блока в висячем боку. До отработки блока эта зона находилась в пределах залежи под дном карьера .

На месте пересечения подошвы отработанного пространства и границы висячего бока залежи образуется зона повышенных горизонтальных сжимающих напряжений. Значения напряжений в этой зоне меняются от 1,240МПа до 1,00МПа. Ниже этой зоны в массиве между отработанным пространством и выработками нижнего подэтажа существуют сжимающие и растягивающие горизонтальные напряжения. Под первой половиной ширины выработанного пространства, находящейся со стороны висячего бока возникают сжимающие напряжения со значениями от 1,150МПа до 0,165МПа. Ниже второй половины выработанного пространства до выработок второго подэтажа наблюдаются горизонтальные растягивающие напряжения. Горизонтальные растягивающие напряжения здесь меняются от 2,290МПа до 1,116МПа над выработкой и от 2,260МПа до 1,510МПа под выработанным пространством.

В правом высоком борту на уровне первого подэтажа существует зона растягивающих горизонтальных напряжений, которая находится при удалении вглубь массива по горизонтали на расстояние, равное (2,0-3,0) N_d (где N_d –ширина дна карьера).

Наибольшие значения горизонтальных напряжений в этом борту находится в приповерхностной части борта карьера на высоте, равной 1,73 ширины дна карьера, т.е. на высоте 1,73 N_d . Значения этих напряжений составляют от 1,22МПа до 1,00МПа.

Наибольшие значения максимальных касательных напряжений находятся в массиве между выработанным пространством и подземной выработкой (от 2,550МПа и ниже), а также на границе лежачего бока залежи в пределах первого подэтажа (от 2,730МПа и ниже) и в массиве правого борта на высоте от кровли выработки, равной (2,0-2,5) n ширины выработки (от 3,150МПа до 1,810МПа). Такие же значения максимальных касательных напряжений наблюдаются и в зоне между подошвой отработанного пространства и выработками второго подэтажа (от 2,020МПа до 1,340МПа).

Выводы

При выемке запасов первоочередного блока, расположенного со стороны висячего бока, в висячем боку за пределами рудной залежи на уровне подошвы выработанного пространства образуется зона горизонтальных сжимающих напряжений. Под очистным пространством возникают зоны сжимающих и растягивающих напряжений, причем со стороны висячего бока существуют сжимающие, а в обратную сторону - растягивающие напряжения. При этом, начиная с глубины, равной ширине очистного пространства возникают растягивающие напряжения, которые распространяются до подэтажных выработок нижнего подэтажа. Со стороны лежачего бока в пределах рудного тела и за его пределами на высоте, равной 1,25 ширины выработки возникает еще одна зона повышенных растягивающих напряжений. В лежачем боку со стороны правого высокого борта на уровне первого подэтажа возникает зона растягивающих горизонтальных напряжений, которая находится при удалении вглубь массива по горизонтали на расстояние, равное 2,0-3,0 ширина дна карьера.

Максимальные значения касательных напряжений находятся в массиве между выработанным пространством и подземной выработкой, а также на границе лежачего бока залежи в пределах первого подэтажа и в массиве правого борта на высоте от кровли выработки, равной (2,0-2,5) ширины выработки. Такие же значения максимальных касательных напряжений наблюдаются и в зоне между подошвой выработанного пространства и выработками второго подэтажа.

Полученные закономерности при изучении напряженно-деформированного состояния массива под карьером позволяют судить о геомеханическом состоянии массива. езультаты могут

быть использованы для оценки устойчивости массива, а также о целесообразности применения разработанного нового способа [5] выемки запасов подкарьерной зоны при комбинированной разработке рудных месторождений.

Список литературы:

1. Алибаев А.П. Оработка подкарьерных запасов полезных ископаемых в условиях комбинированной разработки. А.П.Алибаев, Н.Т.Осмонова, К.Ж Усенов// Известия ВУЗов, - Бишкек, 2012, №6, С.12-14.
2. Алибаев А.П. Способы отработки днищ карьеров при комбинированной разработке рудных месторождений А.П. Алибаев Вестник ЖАГУ, №5, -Жалалабат: 2005, - С.51-56.
3. Казикаев Д.М. Комбинированная разработка рудных месторождений Д.М Казикаев -М: Горная книга. 2008 – 360 с.
4. Кожогоулов К.Ч. Геомеханические основы и технология при комбинированной разработке крутопадающих месторождений. К.Ч Кожогоулов., К.Ж Усенов., А.П Алибаев. Бишкек, КГ-МИ, 1999, с.186.
5. Осмонова Н.Т., Оработка подкарьерных запасов полезных ископаемых в условиях комбинированной разработки. А.П Алибаев, Н.Т Осмонова, К.Ж Усенов// Известия ВУЗов, - Бишкек, 2012, №6, С. 12-14.
6. Осмонова Н.Т., Применение средств информационных технологий при изучении напряженно-деформированного состояния подкарьерных массивов горных пород. Н.Т Осмонова., З.А Асилова., К.Ж Усенов.
7. Осмонова Н.Т Оценка напряженно-деформированного состояния массива горных пород при отработке подкарьерных запасов месторождения Тереккан. Н.Т Осмонова Известия ВУЗов, - Бишкек, 2012, №5, С.41-44.
8. Осмонова Н.Т., Способ комбинированной разработки крутопадающих залежей полезных ископаемых Н.Т Осмонова, А.П Алибаев, К.Ж Усенов- Изденис, Алма-Ата, 2012, №4, С.101-104.
9. Осмонова Н.Т., Краткая горно-геологическая характеристика и анализ физико-механических свойств месторождений Тереккан и Терек Н.Т Осмонова Наука и новые технологии – Бишкек, 2012, №4, С.75-76.
10. Терметчиков М.Н. Физико-механические свойства горных пород месторождений Киргизии и их корреляционный анализ / М.Н.Терметчиков.- Фрунзе: Илим, 1979.- 136с.
11. Усманов С.Ф. Система моделирования напряженно-деформированного состояния горного массива и оценки устойчивости бортов карьеров Усманов С.Ф.- Бишкек, 2006.- 26 с.
12. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике / А.Б.Фадеев – М.: Недра, 1987. – 221с.

УДК 551.521.17:547.979.7(282.255.6)

**ИССЛЕДОВАНИЯ БИООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОЗ. ИССЫК-КУЛЬ
УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ЛИДАРНОМ**

*Пелевин В.В., Институт океанологии им. Ширшова РАН (РФ), email: vvpelevin@gmail.com;
Шаршеева К.Т., ст.преп. каф. ИВТ КГТУ им. И. Раззакова, пр. Ч. Айтматова 66,г. Бишкек,
тел. 0312545182, email: kunduz2000@mail.ru;*

*Коновалов Б.В., Институт океанологии им. Ширшова РАН (РФ);
Завьялов П.О. Институт океанологии им. Ширшова РАН (РФ);*

Тентиева С.М., к.т.н., доц. каф ИВТ КГТУ им. И. Раззакова, пр. Ч. Айтматова 66,г. Бишкек, тел. 0312545182

Алымкулов С.А., д.т.н., проф. каф ИВТ КГТУ им. И. Раззакова, пр. Ч. Айтматова 66,г. Бишкек, тел. 0312545182

Аннотация. Цель работы- исследование гидрофизических, гидрохимических и других аспектов состояния оз. Иссык-Куль, отбор проб воды для калибровки лидара на хлорофилл «а».

Для исследования биооптических характеристик оз. Иссык-Куль ежегодно проводятся экспедиционные работы, в результате которых каждый год строятся высокоразрешающие карты пространственного распределения следующих параметров: площадное распределение хлорофилла «а», распределение взвешенного органического вещества в верхнем и приповерхностном слоях оз. Иссык-Куль. На основе собранных данных построена зависимость концентрации хлорофилла «а» и его пигментного индекса, для 2015, 2016 и 2017гг.

Ключевые слова: лазерный лидар, биооптические характеристики, хлорофилл «а», пространственное распределение, концентрация взвеси.

STUDIES OF BIO-OPTICAL CHARACTERISTICS OF LAKE ISSYK-KUL WITH ULTRAVIOLET FLUORESCENT LASER LIDAR

Pelevin V.V., Institute of Oceanology named after Shirshov of the Russian Academy of Sciences, email: vvpelevin@gmail.com

Sharshheeva K.T., senior lecture, KSTU named after I. Razzakov, Ch. Aitmatov av.66, Tel.: 0312545182, email: kunduz2000@mail.ru

Konovalov B.V., Institute of Oceanology named after Shirshov of the Russian Academy of Sciences

Zavialov P.O. Institute of Oceanology named after Shirshov of the Russian Academy of Sciences

Tentieva S.M. associate professor, KSTU named after I. Razzakov, Ch. Aitmatov av.66

Alymkulov S.A. professor, KSTU named after I. Razzakov, Ch. Aitmatov av.66

Annotation. The purpose of this work is to study the hydrophysical, hydrochemical and other aspects of the state of the lake. Issyk-Kul, water sampling for lidar calibration for chlorophyll "a".

Expeditionary work is carried out annually to study the bio-optical characteristics of the Issyk-Kul Lake, as a result of which high-resolution spatial distribution maps of the following parameters are constructed every year: the area distribution of chlorophyll "a", the distribution of suspended organic matter in the upper and near-surface layers of the lake. Issyk-Kul. On the basis of the collected data, the dependence of the concentration of chlorophyll "a" and its pigment index was constructed, for 2015, 2016 and 2017.

Keywords: laser lidar, biooptical characteristics, chlorophyll "a", spatial distribution, concentration of suspended matter.

Введение. Иссык-Куль, что в переводе с киргизского означает «горячее озеро», является одним из глубочайших высокогорных озер планеты. Оно располагается на высоте 1607 м над уровнем моря, пролегая с востока на запад на 182 км. Объем водных запасов озера составляет 1738 км³, а наибольшая глубина по разным данным от 668 до 702 м. По своим характеристикам, физическим, климатологическим и историко-культурным, его вполне можно считать «среднеазиатским морем». Также сложно переоценить его рекреационное значение, ведь на берегах Иссык-Куля уже много десятилетий процветает туристическая инфраструктура, а в ближайшие годы ее, по всей видимости, ожидает дальнейшее интенсивное развитие.

Изучение озера Иссык-Куль с участием Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук было начато в 2014 году в ходе пробной экспедиции в районе г. Чолпон-Ата. Начиная с 2015 года ежегодно организуется комплексная научная экспедиция на НИС «Молтур», охватывающая всю акватории озера. В ежегодных экспедициях в составе научной группы принимает участие отряд гидрооптических исследований.

В 2015 и 2017 годах работы проводились примерно в одно и то же время (конец июня – начало июля), что позволяет изучить межгодовую изменчивость биооптических параметров среды. В 2016 году работы проводились в ноябре.

Материалы и методы. Промежуточным звеном между спутниковым мониторингом морской поверхности и точечными контактными измерениями является техника дистанционного лазерного зондирования верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) водоема. Для обеспечения максимальной плотности измерений на ходу судна и на станциях был использован ультрафиолетовый флуоресцентный лидар УФЛ-9, работающий в квазинепрерывном режиме. Лидары серии УФЛ были разработаны в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН и успешно применяется для научных исследований различных акваторий по всему миру, к настоящему времени проведено более 40 экспедиций с его использованием.

Данный лазерный прибор служит для измерения концентраций таких важнейших компонентов водной среды, как хлорофилла «а», взвешенного и растворенного органического вещества и минеральной взвеси. Также разработанная методика позволяет оперативно обнаруживать загрязнения акваторий нефтяными углеводородами, фенолами, канализационными отходами, сельскохозяйственными стоковыми водами и другими органическими веществами, а также дистанционно измерять концентрации веществ органического происхождения, в том числе нефтепродуктов.

Лидар устанавливается на любом плавсредстве или монтируется стационарно на надводных конструкциях. Работает в автоматическом режиме, частота импульсов зондирования среды 2 Гц, что позволяет при использовании маломерного скоростного судна оперативно обследовать водоем на предмет загрязнений органического антропогенного характера, дать количественную оценку загрязнению, оконтурить зону распространения загрязнения, а также во многих случаях определить его источник.

Измерения производятся независимо от погодных условий и времени суток. Органические вещества, обнаруживаемые лидаром, в том числе нефтепродукты, могут находиться как в виде пленки на поверхности моря, так и в растворенном или эмульсированном состоянии в водной толще. Лидар способен измерить среднюю объемную концентрацию компонентов водной среды в поверхностном слое толщиной около 5 м (в открытых прозрачных водах) с полной погрешностью измерений не более 16% и с высокой чувствительностью.



Рис. 1. Лазерный лидар УФЛ-9 на борту НИС «Молтур».

Основные параметры лидара УФЛ-9:

- Длина волны лазера – 355, 532 нм;
- Частота зондирования – 2 Гц;
- Энергия зондирующего импульса (355 нм) – 1,5 мДж;
- Длительность зондирующего импульса – 6 нс;
- Входная апертура приемника – 140 мм;
- Диапазон дальностей работы – 2–30 м;
- Количество оптических каналов приемной системы – 4;
- Постоянные спектральные каналы – 355, 404, 440 нм;
- Сменные спектральные каналы приемника в турели – 385, 424, 460, 497, 550, 620, 651, 685 нм;
- Вес прибора, габариты – 35 кг, 700x500x230 мм;
- Работа лидара полностью автоматизирована, обслуживается одним оператором;
- GPS-привязка каждого лазерного импульса;
- Габариты позволяют использовать лидар как с надувной лодки, так и с борта океанского судна.

Диапазоны измеряемых величин лидаром УФЛ-9:

| | |
|---|-----------|
| концентрация хлорофилла «а», мг/м ³ | 0,01÷400; |
| концентрация общего органического углерода, мг/м ³ | 0,1÷100; |
| окрашенное органическое вещество (a _{00В,440}), м ⁻¹ | 0,003÷10; |
| содержание взвеси, мг/л | 0,1÷500; |
| толщина слоя зондирования, м | 0,1–10. |

Лидары УФЛ-серии применяются для решения следующих научных и экологических прикладных задач:

- Высокопроизводительное исследование приповерхностного слоя моря на предмет пространственной изменчивости концентраций хлорофилла «а», органических веществ в растворенном и взвешенном состоянии и минеральной взвеси.
- Мониторинг источников загрязнения моря и пресных акваторий, оперативное оконтуривание зоны загрязнения.
- Оперативный контроль с борта катера количества нефтепродуктов, остающихся на морской поверхности в процессе очистки акватории от нефтяного загрязнения.
- Обнаружение слабых утечек нефтепродуктов из трубопроводов, а также с нефтяных терминалов и буровых платформ при установке на них лидара или при работе с патрульного катера.
- Возможно использование лидара для контроля чистоты пляжей, а также других поверхностей суши для обнаружения малых утечек нефтепродуктов из нефтетрубопроводов, работа с борта низколетящих авианосителей.

Для получения итоговых высокоразрешающих карт пространственного распределения концентраций хлорофилла «а», взвеси (в основном минеральной) и веществ органического происхождения, а также оценки толщины пленки нефтепродуктов на поверхности, проводится калибровка лидара по данным обработки проб воды в текущих экспедиционных условиях. На данный момент проведена калибровка лидара во множестве соленых и пресноводных бассейнах по данным пробоотбора, при этом, как правило, получены удовлетворительные корреляционные зависимости. Измерения биооптических полей по флуоресценции и обратному рассеянию водной среды происходит *in situ*, неинвазивным образом, что увеличивает точность их определения. Применяемая методика обработки лидарных сигналов была разработана и апробирована в ходе десятков экспедиций Института

океанологии им. П.П. Ширшова РАН в различных акваториях Мирового океана и внутренних водоемах суши [1, 2, 3].

Результаты и обсуждение. В ходе рейсов научно-исследовательского судна «Молтур», на борту которого проводились экспедиционные работы по исследованию гидрофизических, гидрохимических и других аспектов состояния водоема, производился отбор проб воды для калибровки лидара на хлорофилл «а», органический углерод и общую взвесь, и обрабатывались в соответствии со стандартными методиками [4,5]. Измерения проводились на равномерно покрывавших всю акваторию озера станциях, общее число которых составляло около 20, в каждой экспедиции. Кроме того, измерения проводились непосредственно на переходах судна между станциями.

В каждый год были построены высокоразрешающие карты пространственного распределения указанных выше параметров. На рис. 2-10 приводятся некоторые из них.

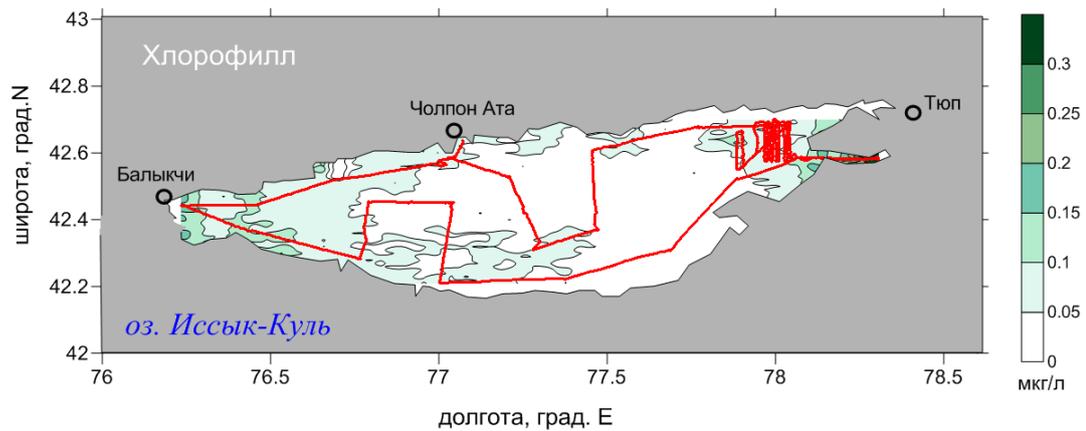


Рис. 2. Площадное распределение хлорофилла «а» в приповерхностном слое оз. Иссык-Куль, 23-26 июня 2015 г., по данным лидара УФЛ-9

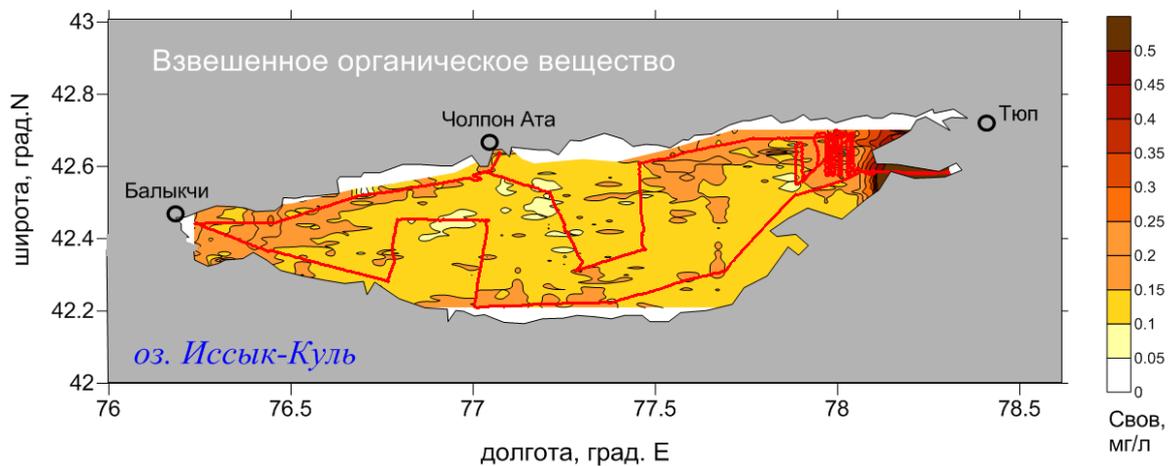


Рис. 3. Площадное распределение взвешенного органического вещества в приповерхностном слое оз. Иссык-Куль, 23-26 июня 2015 г., по данным лидара УФЛ-9

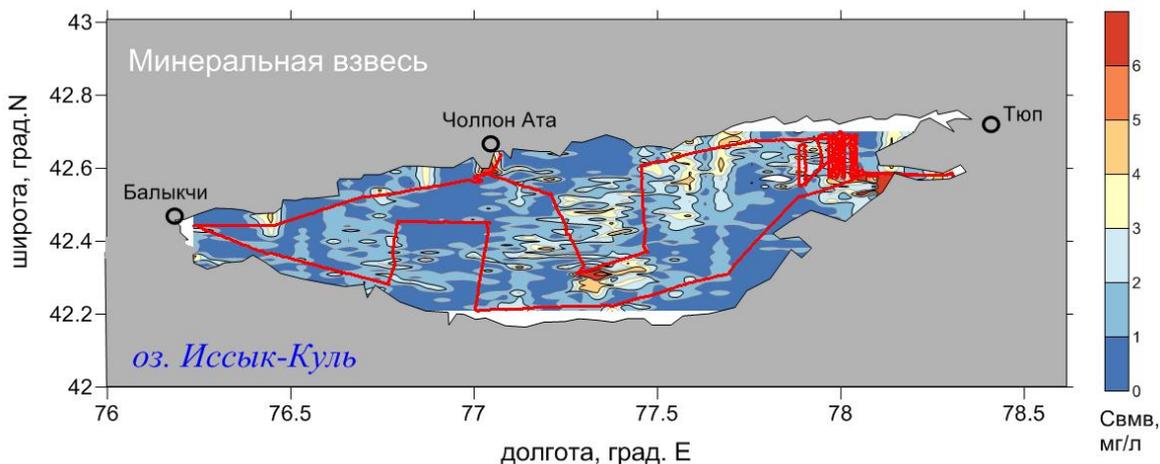


Рис. 4. Площадное распределение общей взвеси в приповерхностном слое оз. Иссык-Куль, 23-26 июня 2015 г., по данным лидара УФЛ-9

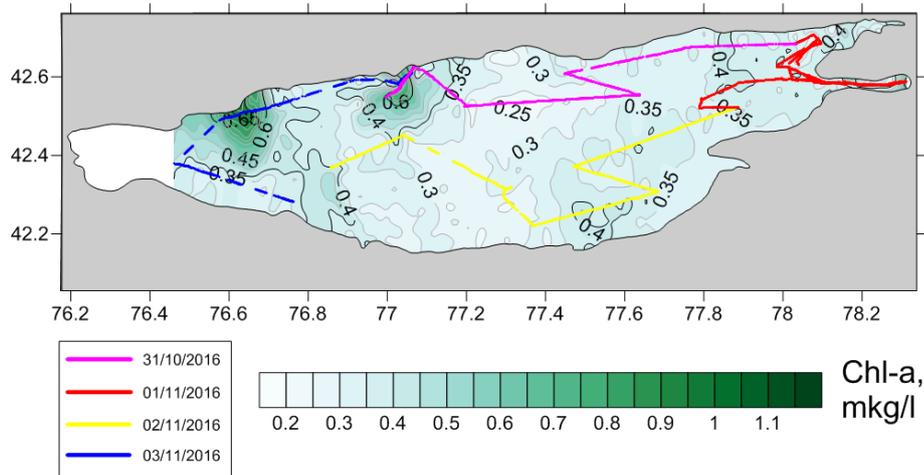


Рис. 5. Пространственное распределение хлорофилла «а» в верхнем слое озера по данным лидара УФЛ-9, съемка в период 31.10 – 03.11.2016 г

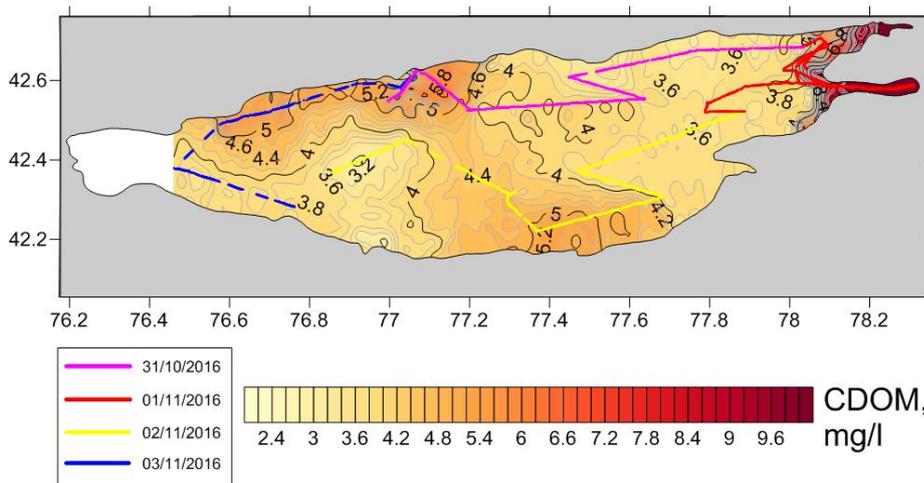


Рис. 6. Пространственное распределение окрашенного РОВ в верхнем слое озера по данным лидара УФЛ-9, съемка в период 31.10 – 03.11.2016 г

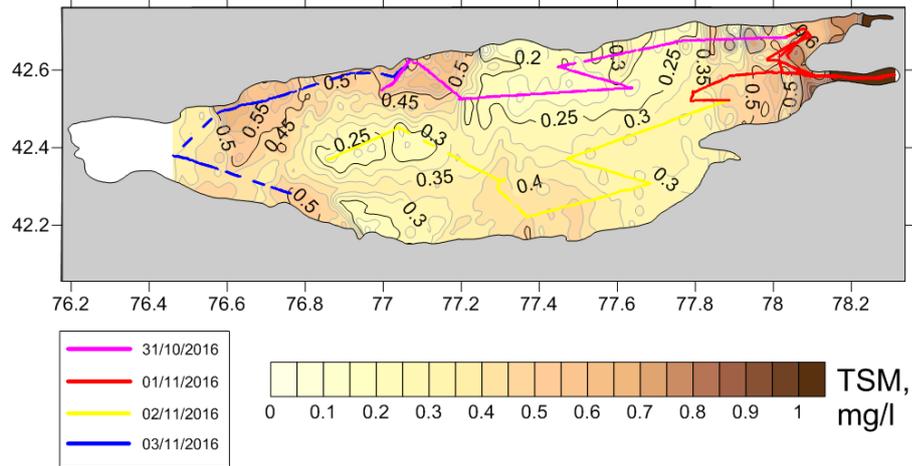


Рис. 7. Пространственное распределение общей взвеси в верхнем слое озера по данным лидара УФЛ-9, съемка в период 31.10 – 03.11.2016 г

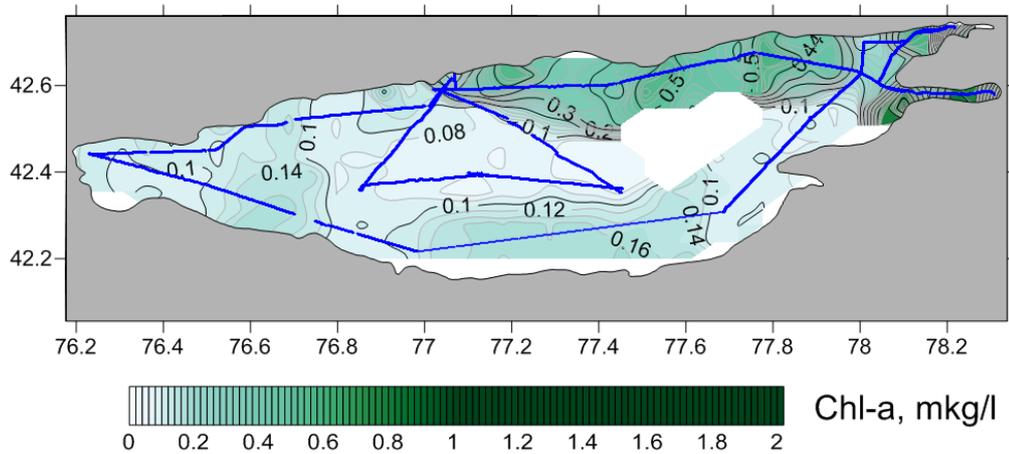


Рис. 8. Распределение концентраций хлорофилла «а» в приповерхностном слое озера Иссык-Куль по данным лидарного зондирования в период с 26 по 30 июня 2017 года

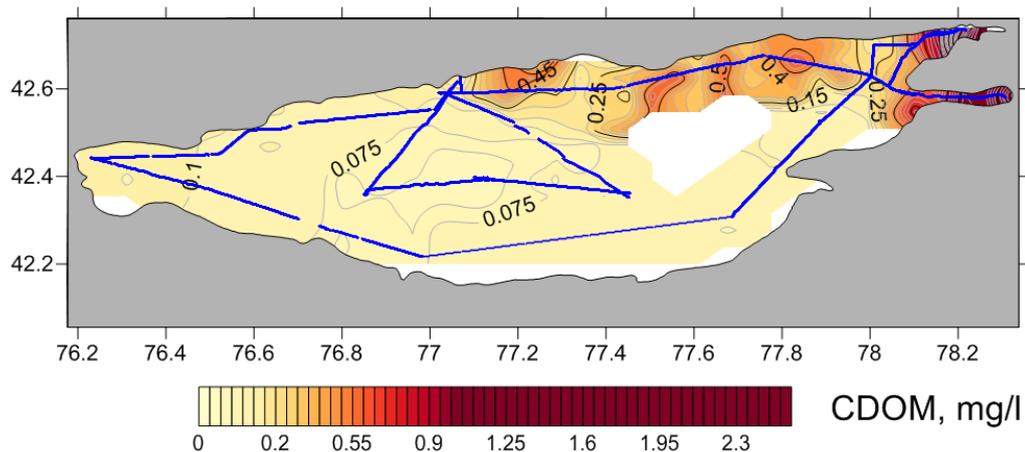


Рис. 9. Распределение концентраций окрашенного РОВ в приповерхностном слое озера Иссык-Куль по данным лидарного зондирования в период с 26 по 30 июня 2017 года

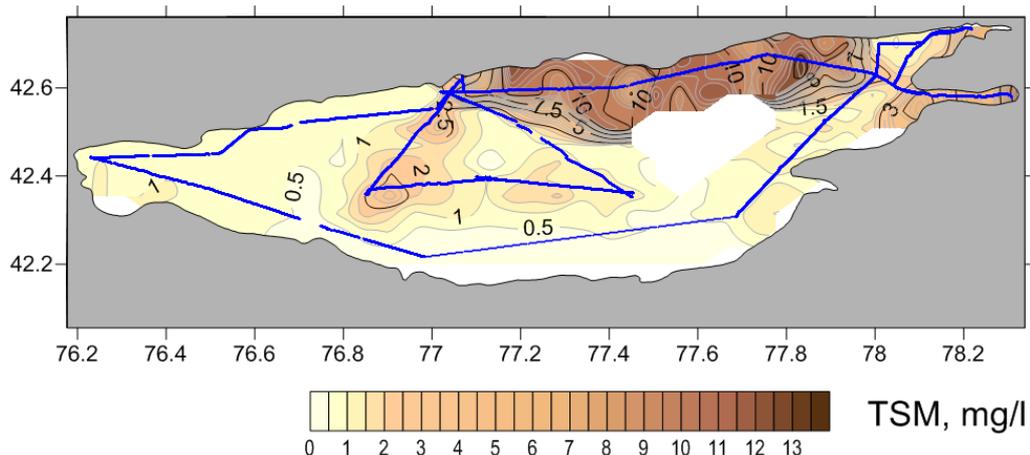


Рис. 10. Распределение концентраций общей взвеси в приповерхностном слое озера Иссык-Куль по данным лидарного зондирования в период с 26 по 30 июня 2017 года

При сопоставлении результатов измерений летних экспедиций на Иссык-Куль в 2015 и в 2017 гг. следует отметить, что концентрации хлорофилла «а» превышают соответствующие значения, полученные в 2015 году, взвешенное органическое вещество находится примерно в тех же пределах, а концентрации общей взвеси ниже, чем в июне 2015 года, при этом максимальное значение концентрации общей взвеси в 2015 году превосходило максимальное значение за 2017 год более чем в 10 раз (в устьях рек Каракол и Жыргалан).

В таблице 1 приведена сводные данные о диапазонах изменчивости за 2015, 2016 и 2017 гг.

Таблица 1

| | 06/2015 min | 06/2015 max | 11/2016 min | 11/2016 max | 06/2017 min | 06/2017 max |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Схл, мкг/л | 0.004 | 1.48 | 0.17 | 1.7 | 0.03 | 0.03 |
| Свов, мг/л | 0.024 | 6.23 | 2.5 | 42 | 0.045 | 3.15 |
| Свмв, мг/л | 0.276 | 130.82 | 0.08 | 2.4 | 0.07 | 13 |

В 2015 и 2017 годах экспедиционные исследования на оз. Иссык-Куль проходили в одно и то же время (23-26 июня 2015 г. и 26-30 июня 2017 г.). Маршруты следования судна были в целом схожи, мы проходили на расстоянии 3-5 миль от берега вдоль него, направлением циркуляции по часовой стрелке, замыкая нашу траекторию в г. Чолпон-Ата. Кроме того, мы целенаправленно отклоняли маршрут или производили отдельную циркуляцию по малому радиусу для достижения точки с максимальной глубиной в центральной части озера, в обеих экспедициях. Таким образом, если условно разделить части маршрутов на северную, восточную, южную, западную и центральную, и усреднив значения концентраций измеряемых лидаром параметров в квазинепрерывном режиме, мы получим следующую таблицу 2:

| | Северо-Запад | | | | | | Северо-Восток | | | | | |
|------|--------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | Среднее | | Макс | | Мин | | Среднее | | Макс | | Мин | |
| 2015 | 0.09 | 0.95 | 1.48 | 32.3 | 0.01 | 0.01 | 0.055 | 1.6 | 1.15 | 23.2 | 0.01 | 0.01 |
| 2016 | 0.41 | 0.44 | 1.72 | 8.05 | 0.04 | 0.02 | 0.28 | 0.37 | 1.1 | 15.8 | 0.03 | 0.01 |
| 2017 | 0.38 | 11.3 | 2.42 | 199 | 0.08 | 4.68 | 0.3 | 13.9 | 1.21 | 148 | 0.05 | 4.87 |
| | <i>Хл-а</i> | <i>Взвесь</i> | <i>Хл-а</i> | <i>Взвесь</i> | <i>Хл-а</i> | <i>Взвесь</i> | <i>Хл-а</i> | <i>Взвесь</i> | <i>Хл-а</i> | <i>Взвесь</i> | <i>Хл-а</i> | <i>Взвесь</i> |
| | Юго-Запад | | | | | | Юго-Восток | | | | | |
| | Среднее | | Макс | | Мин | | Среднее | | Макс | | Мин | |
| 2015 | 0.09 | 1.29 | 0.39 | 17.34 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 1.1 | 0.31 | 23.4 | 0.01 | 0.26 |
| 2016 | 0.34 | 0.41 | 0.75 | 7.76 | 0.05 | 0.03 | 0.38 | 0.34 | 0.68 | 5.25 | 0.01 | 0.02 |
| 2017 | 0.39 | 9.47 | 1.47 | 56.8 | 0.06 | 4.74 | 0.29 | 14.8 | 1.12 | 341 | 0.02 | 5.12 |

Также особый интерес представляет анализ данных о концентрациях хлорофилла «а» относительно пигментного индекса, измеренного на пробах воды и характеризующего фазу сукцессии (возраст) фитопланктона. На рис. 11 представлены соответствующие зависимости для трех экспедиций.

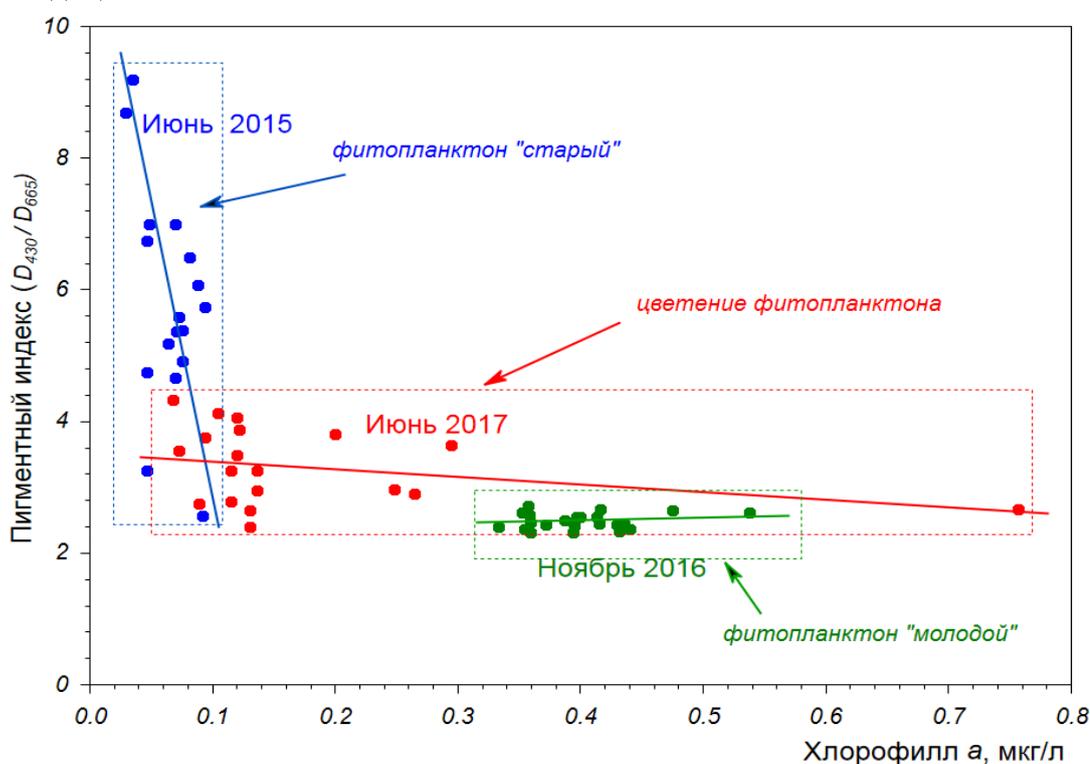


Рис. 11. Зависимость концентрации хлорофилла «а» и его пигментного индекса, для 2015, 2016 и 2017 гг.

Интерпретировать полученные зависимости можно исходя из предположения, что в 2015 году весеннее цветение фитопланктона началось раньше, чем в 2017, и к концу июня он уже "отцвел". В 2017 году мы, по-видимому, застали пик цветения, в самом начале его спада - пигментный индекс еще относительно небольшой, что соответствует ранней фазе сукцессии фитопланктона, но средние концентрации большие, и особенно большие пиковые значения. Для случая ноября 2016 года можно предполагать начало осеннего цветения, когда пигментный индекс находится на минимуме при достаточно больших концентрациях хлорофилла «а», но пик цветения еще впереди.

В качестве заключения хотелось бы отметить важность комплексных исследований озера Иссык-Куль на постоянной и регулярной основе, с использованием средств

оперативного дистанционного мониторинга водной экосистемы, в том числе лидарной техники и средств спутникового наблюдения. Совместные работы в рамках российско-киргизского научного сотрудничества будут продолжены в целях накопления и систематизации знаний об уникальной природной экосистеме Иссык-Куля для ее сохранения и защиты от множественных рисков антропогенного и природного генезиса.

Литература

1. Palmer S.C., Pelevin V.V., Goncharenko I.V., Kovács A., Zlinszky A., Présing M., Horváth H., Nicolás-Perea V., Balzter H., Tóth V. Ultraviolet Fluorescence LiDAR (UFL) as a Measurement Tool for Water Quality Parameters in Turbid Lake Conditions // Remote Sensing. 2013. Vol. 5 (9). P. 4405-4422. <http://www.mdpi.com/2072-4292/5/9/4405/htm>.
2. Pelevin V., Zlinszky A., Khimchenko E., Toth V. Ground truth data on chlorophyll-a, chromophoric dissolved organic matter and suspended sediment concentrations in the upper water layer as obtained by LIF lidar at high spatial resolution // International Journal of Remote Sensing. 2017. Vol. 38. No. 7. P. 1967-1982.
3. Айбулатов Н.А., Завьялов П.О., Пелевин В.В. Особенности гидрофизического самоочищения российской прибрежной зоны Черного моря близ устьев рек // Геоэкология. 2008. № 4. С. 301-310.
4. ГОСТ 17.1.04.02-90. «Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а». Госкомитет СССР по охране природы. М.1990.16 С.
5. Коновалов Б.В., Кравчишина М.Д., Беляев Н.А., Новигатский А.Н. Определение концентрации минеральной взвеси и взвешенного органического вещества по их спектральному поглощению //Океанология, 2014. Т.54. №4. С.1-9.

УДК 631.6. (575.2)

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ СКОРОСТИ ВОДЫ

Пресняков Константин Александрович, д.т.н., с.н.с., Институт автоматики и информационных технологий НАН КР, 720071, г. Бишкек, пр.Чуй 265

Керимкулова Гүлсаат Кубатбековна, к.ф.-м.н., Институт автоматики и информационных технологий НАН КР, 720071, г. Бишкек, пр.Чуй 265, e-mail: gulsaat@mail.ru

Аннотация. Предложено устройства для измерения поверхностной скорости воды, основанное на измерениях угла отклонения направляющей кулисы с поплавковым датчиком от вертикали в направлении динамической оси потока воды. Рассмотрена физическая схема сил, действующих на поплавковый датчик с направляющей кулисой в приповерхностном слое потока воды. Учтено, что подвижный поплавковый датчик участвует в сложном движении, состоящем из: 1 – отклонений поплавкового датчика вместе с направляющей кулисой от вертикали в направлении динамической оси потока, 2 – в перемещениях подвижного поплавкового датчика вдоль направляющей кулисы согласно изменениям наполнения водотока водой. С учетом указанных обстоятельств выведена формула для вычисления поверхностной скорости воды на основе результатов измерений угла отклонения поплавкового датчика с направляющей кулисой от вертикали в направлении динамической оси потока. Формула физически обоснована. Устройство для измерения поверхностной скорости воды достаточно просто в конструктивном исполнении и надежно.

Ключевые слова: угол отклонения, поплавковый датчик, поверхностная скорость воды.

DEVICE FOR MEASURING SURFACE WATER SPEED

Presnyakov Konstantin Aleksandrovich, Doctor of Engineering Science, Senior Research Scientist, Institute of Automation and Information Technologies of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, 720071, Bishkek, Chui Avenue 265

Kerimkulova Gulsaat Kubatbekovna, Ph.D., Institute of Automation and Information Technologies of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, 720071, Bishkek, Chui Ave. 265, e-mail: gulsaat@mail.ru

Abstract. A device for measuring the surface water velocity is proposed, based on measurements of the angle of deflection of the guide channel with the float sensor from the vertical in the direction of the dynamic axis of the water flow. The physical scheme of the forces acting on the float sensor with the guide channel in the near-surface layer of the water flow is considered. It is considered that the mobile float sensor participates in a complex movement consisting of: 1 - the deviations of the float sensor along with the guide link from the vertical in the direction of the dynamic axis of the flow, 2 - in the movements of the mobile float sensor along the guide linkage according to the changes in the filling of the watercourse with water. Taking into account the above circumstances, a formula is derived for calculating the surface water velocity on the basis of the results of measuring the deflection angle of the float sensor with the guide channel from the vertical in the direction of the dynamic axis of the flow. The formula is physically justified. The device for measuring the surface water velocity is simple enough in the design and reliable.

Keywords: deflection angle, float sensor, surface water velocity.

Постановка задачи исследований. Существуют немало известных устройств для измерения уровня, расхода и скорости потока жидкости [1,3,5].

Известен водомерный пост [1], включающий подводный канал с вертикальной стенкой, соединенный с входом колодца с боковой стенкой, первый выход которого сообщен с отводным каналом, регулятор потока и измерительное устройство, – в котором введены конусное днище с отверстием и кольцевой лоток с входом и выходом, измерительное устройство выполнено в виде шарового поплавка, установленного с возможностью перемещения по тросу и снабженного указателем, сопряженным с системой индикации в виде шкалы, состоящей из разноцветных светящихся отсчетных и разделительной полос, регулятор выполнен автоматическим, а боковые стенки колодца выполнены в плане по форме спирали, при этом регулятор, измерительное устройство и колодец установлены последовательно, конусное днище с отверстием прикреплено снизу к боковым стенкам колодца, вход кольцевого лотка сопряжен с верхней частью боковых стенок колодца, а выход – с вторым входом отводного канала, первый конец троса прикреплен к днищу подводного канала, а второй конец – к вертикальной стенке, на которой нанесена шкала, причем отверстие в конусном днище является первым входом отводного канала.

Недостатки известного устройства заключаются в визуальном способе наблюдения за местоположением поплавка на тросе и установления факта совпадения указанного местоположения с соответствующими отметками изменения расхода (скорости) воды, что носит субъективный характер и завышает погрешности измерений.

Наиболее близким к предлагаемому является расходомер жидких сред в открытых водоемах [5], содержащий блок измерения уровня жидкости и блок измерения средней скорости потока жидкости, а также электронный блок приема и обработки сигналов, – в котором блок измерения уровня жидкости выполнен в виде поворотного рычага с поплавком сферической формы, погруженной в жидкость на глубину меньше величины радиуса сферы, причем чувствительный элемент измерения угла вертикального перемещения поплавка изготовлен на основе микросхемы типа серии ADXL и закреплен на рычаге, при этом блок

измерения скорости потока жидкости выполнен в форме поворотной лопасти, конец которой сопряжен с осью вертикального поворота, а другой конец свободно погружен в жидкость, в свою очередь, чувствительный элемент измерения угла поворота лопасти выполнен на основе второй аналогичной микросхемы типа серии ADXL и закреплен на лопасти.

Недостатки известного устройства заключаются в технически и технологически усложненным конструктивным исполнением его: устройство предполагает использование блока измерения уровня жидкости и блока измерения скорости ее, причем в первом из них предложено применение поворотного рычага с закрепленным на нем поплавком, во втором – поворотной лопасти, но при этом и в том и в другом случаях речь фактически идет об измерениях угла отклонения поворотного рычага с закрепленным на нем поплавком и угла отклонения поворотной лопасти. Кроме того, термин «вертикальное перемещение поплавка» считаем неудачным, так как во первых, автономного вертикального перемещения поплавок не существует, так как поплавок закреплен на поворотном рычаге, во вторых речь должна идти не о вертикальном перемещении, а об угле отклонения поворотного рычага с закрепленным на нем поплавком. Все перечисленное свидетельствует о необходимости усовершенствования известного устройства.

Задача исследования – усовершенствовать устройство для измерения поверхностной скорости воды.

Поставленная задача решается таким образом, что в устройстве для измерения поверхностной скорости воды содержащем в частности блок измерения скорости воды и блок приема и обработки сигналов, – в котором блок измерения скорости воды выполнен в виде поворотного рычага с подвижным, согласно изменениям наполнения водотока водой, вдоль поворотного рычага поплавкового датчика, а поверхностную скорость воды вычисляют по формуле:

$$u_m = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot u_* \cdot \frac{H}{R_{\Pi}} \cdot \sqrt{\operatorname{tg} \alpha},$$

где u_m – поверхностная скорость воды, м/с; u_* – динамическая скорость потока воды, м/с; $\frac{H}{R_{\Pi}}$ – отношение глубины наполнения водотока к радиусу поплавкового датчика; $\operatorname{tg} \alpha$ – тангенс угла отклонения поворотного рычага с поплавком от вертикали в направлении динамической оси потока.

Подобное исполнение устройства позволяет, по сравнению с прототипом, усовершенствовать устройство для измерения поверхностной скорости воды путем изъятия из него лишних блоков измерения, установлением одного измерительного параметра и с учетом использования свойства подвижности поплавка вдоль поворотного рычага согласно изменениям наполнения водотока водой.

Сравнительный анализ прототипа и предлагаемого устройства позволяет, по нашему мнению, установить соответствие предлагаемого устройства критериям «техническая новизна» и «существенные отличия».

Обоснование работоспособности устройства производят следующим образом.

Рассмотрим схему сил, действующих на поплавковый датчик с рычагом при условии обеспечения полупогруженного в приповерхностный слой потока воды датчика. В вертикальном направлении на него действуют две силы: сила тяжести, направленная вертикально вниз, и подъемная (Архимедова) сила, ориентированная вертикально вверх. Условие полупогруженного состояния поплавкового датчика с рычагом выполняется при равенстве двух указанных сил, т.е. они компенсируют друг друга.

В продольном направлении на поплавковый датчик с рычагом действует динамический напор набегающего потока воды.

Из гидродинамики [2] известно, что полный напор потока воды складывается из статического напора (собственно давление p в покоящейся жидкости) и динамического напора $\rho \cdot U$, где ρ – плотность воды кг/м³; U – удвоенная удельная кинетическая энергия

$(U=u^2)$, $\text{м}^2/\text{с}^2$; p – статическое давление воды (давление в покоящейся жидкости), Па.

Следовательно, на поплавковый датчик с рычагом в приповерхностном слое воды действует сила давления, обусловленная динамическим напором набегающей воды, т.е. $\rho \cdot U \cdot \Delta S$, где ΔS – площадь боковой поверхности поплавкового датчика, находящейся в непосредственном контакте с набегающим потоком воды, м^2 .

Под действием набегающего потока воды поплавковый датчик с рычагом отклонится от вертикали в направлении потока воды на некоторый угол α , рад.

Можно заключить, что выражение для тангенса угла отклонения поплавка с рычагом от вертикали в направлении динамической оси потока приближенно запишется в виде

$$\text{tg}\alpha \sim \rho \cdot u^2 \cdot \Delta S \quad (1)$$

Так как набегающий поток воды непосредственно воздействует на половину боковой поверхности (т.е. на часть боковой поверхности, направленную навстречу набегающему потоку воды) поплавкового датчика и с учетом полупогруженного состояния датчика указанную площадь контакта боковой поверхности установим, уменьшив исходную площадь в четыре раза.

Поэтому, в случае шарового поплавкового датчика

$$\Delta S = \frac{4\pi R_{\text{п}}^2}{4} = \pi R_{\text{п}}^2, \quad (2)$$

где $R_{\text{п}}$ – радиус шарового поплавкового датчика, м.

Тогда сила давления, обусловленная динамическим напором набегающего потока воды, будет равна

$$F(P_{\text{д}}) = \rho \cdot u^2 \cdot \pi R_{\text{п}}^2, \quad (3)$$

где $P_{\text{д}}$ – динамический напор набегающего потока воды (динамическое давление).

Теперь с учетом приведенных обстоятельств приближенное равенство (1) примет вид

$$\text{tg}\alpha \sim \rho \cdot u^2 \cdot \pi R_{\text{п}}^2. \quad (4)$$

Проверим размерности величин, входящих в выражение полного напора жидкости:

$$\begin{aligned} [p] &= [\text{Па}] = \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \right] = \text{М} \cdot \text{Л} \cdot \text{Т}^{-2} \cdot \text{Л}^{-2} = \text{М} \cdot \text{Л}^{-1} \cdot \text{Т}^{-2}; \\ [\rho \cdot u^2] &= \text{М} \cdot \text{Л}^{-3} \cdot \text{Л}^2 \cdot \text{Т}^{-2} = \text{М} \cdot \text{Л}^{-1} \cdot \text{Т}^{-2}. \end{aligned}$$

Следовательно, размерности составляющих полного напора идентифицированы правильным образом.

Чтобы выражение (1) или (4) для $\text{tg}\alpha$ можно было записать в виде точного равенства, необходимо привести в соответствие размерности левой и правой частей этой формулы. Обезразмерить правую часть искомого равенства можно, если вместо абсолютных значений скорости воды, радиуса поплавка и плотности воды, мы введем отношения $\frac{u}{u_*}$, $\frac{R_{\text{п}}}{H}$ и ρ/ρ , где u_* – динамическая скорость потока воды, м/с; H – глубина наполнения водотока, м. Кроме того, в связи с тем, что поплавковый датчик с рычагом находится в приповерхностном слое потока воды, то скорость u естественно принять за поверхностную скорость воды $u_{\text{м}}$.

С учетом всех указанных выше обстоятельств получим:

$$\text{tg}\alpha = \pi \cdot \left(\frac{u_{\text{м}}}{u_*} \right)^2 \cdot \left(\frac{R_{\text{п}}}{H} \right)^2. \quad (5)$$

Отсюда

$$\left(\frac{u_{\text{м}}}{u_*} \right)^2 = \frac{\text{tg}\alpha}{\pi \cdot \left(\frac{R_{\text{п}}}{H} \right)^2}. \quad (6)$$

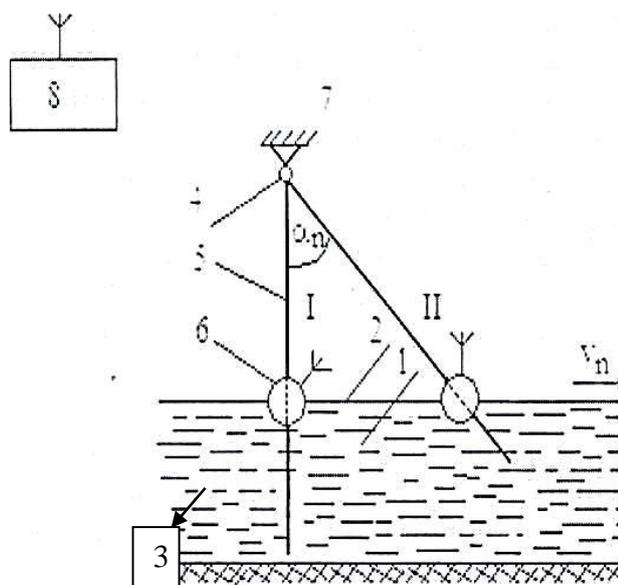
Извлечем из выражения (6) корень квадратный

$$\frac{u_m}{u_*} = \frac{\sqrt{\operatorname{tg}\alpha}}{\sqrt{\pi} \cdot \frac{R_n}{H}} \quad (7)$$

Следовательно, измеряя тангенс угла отклонения поплавкового датчика с рычагом от вертикали в направлении динамической оси потока, вычисляя u_* и определяя отношение $\frac{H}{R_n}$, можно определить по формуле поверхностную скорость воды

$$u_m = u_* \cdot \sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\pi}} \cdot \frac{H}{R_n} \quad (8)$$

Техническую реализацию устройства для измерения поверхностной скорости воды иллюстрируют чертежом (см. рисунок). Устройство для измерения поверхностной скорости воды состоит из поворотного рычага, выполненного в виде направляющей кулисы 5 с размещенным на ней подвижным поплавковым датчиком, выполненным в виде подвижного вдоль направляющей кулисы 5 поплавкового инклинометра 6 со встроенным в него трансивером (не указан) для передачи измеренной подвижным поплавковым инклинометром 6 информации в информационно-вычислительную систему ИИС 8, размещенной на водомерном посту (не указан), а направляющая кулиса 5 шарнирно 4 сопряжена с неподвижной опорой 7, расположенной на берегу 3 водотока.



➤ Рисунок . Схема устройства для измерения поверхностной скорости воды:

- 1 - поток воды;
- 2 - поверхность потока воды;
- 3 ~ дно водотока;
- 4 - подвижный шарнир;
- 5 - направляющая кулиса;
- 6 - поплавковый инклинометр со встроенным трансивером;
- 7 - неподвижная опора;
- 8 - информационно-вычислительная система (ИИС), расположенная на водомерных постах;
- I - исходное положение кулисы при $v=VQ=0$
- II - рабочее положение кулисы при $v=v_n \neq 0$
- v_n ,- текущее значение скорости водяного потока;
- a_n ,- значение угла отклонения кулисы от исходного положения I при $v=v_n$;

Направляющую кулису 5 изготавливают из жесткого полимерного материала с плотностью, близкой к плотности воды. Материалы для изготовления поплавкового инклинометра 6 и встроенной в него микросхемы подбирают таким образом, чтобы средняя плотность поплавкового инклинометра 6 вместе с его электронной «начинкой» была близка к плотности воды.

Устройство для измерения поверхностной скорости воды работает следующим образом. Поток 1 воды направляют на направляющую кулису 5 с подвижным поплавковым инклинометром 6, расположенным в приповерхностном слое 2 потока 1 воды в полупогруженном состоянии, которая под воздействием динамического напора набегающего потока 1 воды отклоняется от вертикали в направлении динамической оси потока 1 воды, а отклонение направляющей кулисы 5 с подвижным инклинометром 6 происходит благодаря шарнирному 4 повесу ее к неподвижной опоре 7, расположенной на берегу 3 водотока.

Подвижный поплавковый инклинометр 6 участвует в сложном движении: 1 – в отклонении вместе с направляющей кулисой 5 от вертикали в направлении динамической оси потока 1 воды под воздействием его динамического напора, 2 – в перемещении поплавкового инклинометра 6 вдоль направляющей кулисы 5 согласно изменениям наполнения водотока водой, а именно: в поднятии поплавкового инклинометра 6 вместе с приповерхностным слоем 2 потока 1 воды при увеличении наполнения водотока водой, в опускании поплавкового инклинометра 6 вместе с приповерхностным слоем 2 потока 1 воды при уменьшении наполнения водотока водой, – все это происходит при нахождении поплавкового инклинометра 6 в полупогруженном в приповерхностном слое 2 потока 1 воды состоянии.

Рассмотрение сил, действующих на подвижный поплавковый инклинометр 6 с направляющей кулисой 5 позволило установить (см. обоснование работоспособности устройства) связь тангенса угла отклонения поплавкового инклинометра 6 вместе с направляющей кулисой 5 от вертикали в направлении динамической оси потока 1 воды с поверхностной (максимальной) скоростью воды.

Измеряют поплавковым инклинометром 6 тангенс угла отклонения направляющей кулисы 5 с поплавковым инклинометром 6 от вертикали в направлении динамической оси потока, передают с помощью трансивера поплавкового инклинометра 6 измеренную информацию в ИИС 8, где вычисляют динамическую скорость потока воды, определяют отношение глубины наполнения водотока водой к радиусу поплавкового инклинометра 6, а поверхностную скорость воды рассчитывают по формуле:

$$u_m = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot u_* \cdot \frac{H}{R_{\text{п}}} \cdot \sqrt{\text{tg}\alpha},$$

где u_m – поверхностная скорость воды, м/с; u_* – динамическая скорость потока воды, м/с; $\frac{H}{R_{\text{п}}}$ – отношение глубины наполнения водотока к радиусу поплавкового датчика; $\text{tg}\alpha$ – тангенс угла отклонения поворотного рычага с поплавком от вертикали в направлении динамической оси потока.

Оценим возможные значения угла отклонения поплавкового датчика – инклинометра для водотока с единичными гидравлическими условиями, в предположении, что $\frac{R_{\text{п}}}{H} = 0,05$, - $Q = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, $\bar{u} = 1 \text{ м/с}$, $H = 1 \text{ м}$, $V = 1 \text{ м}$, $i = 0,01$, а также [4] $u_* = 0,31 \text{ м/с}$, $u_m = 1,59 \text{ м/с}$.

Тогда угол отклонения поплавкового датчика – инклинометра будет:

$$\text{tg}\alpha = 3,14 \cdot \left(\frac{1,59}{0,31} \right)^2 \cdot (0,05)^2 = 0,207,$$

$$\alpha = 0,204 \text{ рад} = 11,69^\circ.$$

Подобное значение угла отклонения поплавкового датчика – инклинометра вполне реально и измеримо.

Конкретные значения угла отклонения поплавкового датчика – инклинометра, по-видимому, будут различны для различных объектов.

Эффективность предлагаемого устройства заключается в усовершенствовании устройства для измерения поверхностной скорости воды.

Литература

1. Водомерный пост / К.А. Пресняков и др. / Патент РФ № 2010177 // Бюллетень патентов и товарных знаков РФ. – М.: НПО «Поиск» Роспатента. – № 6. – 30.03.94. – 10 с.
2. Великанов М.А. Динамика русловых потоков, Т.1 Структура потока. М.: Госиздат техн.-теор. лит., 1954, 323 с.
3. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ / Кремлевский П.П. // Кн.2. – СПб.: Политехника, 2004. – 412 с.
4. Пресняков К.А., Аскалиева Г.О. О методе определения характерного кинематического параметра на основе новой информативной характеристики// Проблемы автоматизации и управления – 2017.– №2(33) –С. 20-26.
5. Расходомер жидких сред в открытых водоемах /С.Н. Зимин и др./Патент RU № 2251080 // Бюллетень патентов и товарных знаков РФ. – М.: НПО «Поиск» Роспатента. – № 12. – 27.04.2005. – 6 с.

УДК 004.56:388.45.01

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ УГРОЗ

Санжаров Айдар Санжарович, магистр ИТССм-1-16, Институт Электроники и Телекоммуникация при КГТУ имени И.Раззакова, Кыргызская Республика 720044, Бишкек, Проспект Ч.Айтматова 66, e-mail: aidar_san@mail.ru

Баракова Жанна Токтобековна, к.т.н., доцент, Институт Электроники и Телекоммуникация при КГТУ имени И.Раззакова, Кыргызская Республика 720044, Бишкек, Проспект Ч.Айтматова 66, e-mail: janna05_05@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена разработка методов исследования, для решения компьютерных угроз и атак информационной безопасности, является одной из важнейших тем на сегодняшний день. Так как информационные технологии встречаются во всех отраслях промышленности, с которыми мы встречаемся. Соответственно данные которые мы храним должна быть готова к различным угрозам и атакам. Уделено особенное внимание на информационной безопасности в медицинской отрасли. Описано как исследовательские центры отслеживают группы злоумышленников, к каким методам злоумышленники выходят, если предпринятые меры им не помогают. Автором проведен анализ информационной безопасности и возможные атаки на промышленные отрасли.

Ключевые слова: автоматизированные системы, информационная безопасность, Advanced Persistent Threat (сложная постоянная угроза или целевая кибератака), программное обеспечение, средство массовой информации, Information Technology.

**METHODS OF ESTIMATION OF RESEARCHES OF INFORMATION SECURITY
AND COMPUTER THREATS**

Sanzharov Aidar Sanzharovich, Master Student of ITSSm-1-16, Electronics and Telecommunication Institute under the KSTU named after I.Razzakov; 66, Ch.Aitmatov Prospect, Bishkek, Kyrgyz Republic 720044; e-mail: aidar_san@mail.ru

Barakova Zhanna Toktobekovna, Ph.D., Associate Professor, Electronics and Telecommunication Institute under the KSTU named after I.Razzakov; 66, Ch.Aitmatov Prospect, Bishkek, Kyrgyz Republic 720044; e-mail: janna05_05@mail.ru

Abstract The article considers the development of research methods, for solving computer threats and information security attacks, is one of the most important topics for today. Since information technology is found in all industries with which we meet. Accordingly, the data we store must be ready for various threats and attacks. Particular attention is paid to information security in the medical industry. It describes how research centers track groups of intruders, to which methods attackers leave, if the measures taken do not help them. The author conducted an analysis of information security and possible attacks on industrial sectors.

Key words: automated systems, information security, Advanced Persistent Threat, software, media, Information Technology.

Введение

Современным этапом развития защиты информации характеризуется переходом от традиционного представления к более широкому пониманию информационной безопасности. Новое представление заключается в реализации комплексного подхода основному направлению: защиты информации. В свою очередь, защита информации приобретает международный масштаб и стратегический характер, она становится одной из ключевых современных проблем. При этом выделяют три основных направления защиты информационных воздействий: на информационные системы и средства, общество и психику человека. Однако, в обеспечении ИБ этот вид угроз сегодня не достаточно учитывается. В соответствии с этим обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем (АС) является важным и определяет необходимость разработки правильных методов и моделей обеспечения ИБ автоматизированных систем в профессиональной деятельности [1].

Вместе с тем АС, специфики своей профессиональной деятельности, подвержены внешним информационным воздействиям, последствия которых могут носить тяжелый характер. Поэтому своевременное обнаружение потенциальных информационных угроз для АС различного уровня может быть определено своевременными действиями по выявлению и пресечению специальных информационных воздействий. Выявление индивидуальных реакций АС возможно только при внедрении динамических методов анализа физиологического и функционального состояния непосредственно в условиях профессиональной деятельности [1].

Информационная безопасность

Информационная безопасность – это средства защиты информации от случайного или преднамеренного воздействия. Независимо от того, что лежит в основе воздействия: естественные факторы или причины искусственного характера – владелец информации несет убытки [2].

Целостность - информационных данных означает способность информации сохранять изначальный вид и структуру как в процессе хранения, как и после неоднократной передачи. Вносить изменения, удалять или дополнять информацию вправе только владелец или пользователь с правом доступа к данным.

Конфиденциальность – характеристика, которая указывает на необходимость ограничить доступа к информационным ресурсам для определенного круга лиц. В процессе действий и операций информация становится доступной только пользователям, который включены в информационные системы и успешно прошли идентификацию.

Доступность - информационных ресурсов означает, что информация, которая находится в свободном доступе, должна предоставляться полноправным пользователям ресурсов своевременно и беспрепятственно.

Достоверность - указывает на принадлежность информации доверенному лицу или владельцу, который одновременно выступает в роли источника информации [2].

Больше атак

Глобальные центры исследования и анализа угроз всех компаний отслеживает более 100 АРТ-групп. Некоторые группировки обладают богатыми возможностями и широчайшим арсеналом средств атаки. Иногда они используют традиционные методы взлома, а потом передают работу более опытным командам хакеров. Нередко мы наблюдали ситуации, когда опытные хакеры долго пытались взломать определенную цель и каждый раз уходили ни с чем. Такую стойкость потенциальной жертвы можно объяснить либо наличием мощного защитного решения и обученных сотрудников, не поддающихся на методы социальной инженерии, либо тщательной проработкой продуманной стратегией по противодействию АРТ-атакам, подготовленных для защиты. Как правило, опытные и настойчивые злоумышленники, специализирующиеся на АРТ-атаках, просто так не сдаются — они продолжают искать бреши в защите, пока не найдут [3].

Если все предпринятые меры не приносят плодов, злоумышленники временно отступают, чтобы повторно оценить свою цель. В итоге киберпреступники могут прийти к выводу, что атака на цепочку поставок может оказаться эффективнее прямого наступления. Даже если сеть организации со всех сторон прикрыта наилучшими в мире средствами защиты, ее сотрудникам все равно приходится работать со сторонним ПО. Взломав более простое и уязвимое стороннее решение, можно проскользнуть за надежные рубежи защиты исходной цели [3].

Угрозы в автомобильной отрасли.

Современные автомобили — это уже не просто электромеханический транспорт. С каждым последующим поколением происходит интеграция интеллектуальных и коммуникационных технологий в автомобили, что, в свою очередь, делает их умнее, эффективнее, комфортнее и безопаснее. Рынок «подключенных» автомобилей увеличивается, демонстрируя годовой темп роста в 10 раз быстрее общего рынка автомобилей [4].

Удаленная диагностика неисправностей, информационно-развлекательные системы с выходом в Интернет значительно повышают комфорт и безопасность водителя, но вместе с тем представляют новый вызов для всей автомобильной отрасли, так как превращают автомобиль в очередную цель для кибератак. С учетом растущего риска взлома автомобиля, ставящего под удар приватность водителя, его безопасность и сохранность вложений, производителям важно понять уровень угрозы и заняться IT-безопасностью [4].

Автомобильная отрасль может столкнуться со следующими угрозами:

- Уязвимости, возникающие по невнимательности или некомпетентности производителя, усугубляемые конкурентным давлением.
- Уязвимости, возникающие по причине повышенной сложности продукта и сервисов.
- Ни один программный код нельзя на 100% защитить от системных ошибок.
- ПО будут создавать разные разработчики, устанавливать разные поставщики, и оно будет опираться на различные платформы управления. В итоге ни у кого из участников не будет полной картины исходного кода автомобиля.
- Приложения работают на киберпреступников.

- «Подключенные» компоненты все чаще разрабатываются и внедряются компаниями, более знакомыми с аппаратным, чем с программным обеспечением. Как правило, такие компании недооценивают важность постоянных обновлений.
- «Подключенные» автомобили будут создавать и обрабатывать еще больше информации как о самом автомобиле, так и о водителе. Злоумышленники будут продавать эти данные на черном рынке или использовать их для шантажа и вымогательства [4].

Угрозы в отрасли медицины.

Количество угроз в отрасли здравоохранения будет возрастать одновременно с количеством «подключенных» устройств и уязвимых веб-приложений. Развитие отрасли «подключенной» медицины обусловлено рядом факторов. Это потребность в ресурсах и их эффективном использовании; острая необходимость в удаленном, домашнем уходе при хронических заболеваниях, таких как диабет, или заботе о пожилых людях; желание людей вести здоровый образ жизни; польза совместного доступа разных учреждений к данным и отслеживаемым показателям пациента, что значительно улучшает качество и эффективность медицинского ухода [5].

Медицинская отрасль может столкнуться со следующими угрозами:

- Увеличение количества атак на медицинское оборудование для организации вредоносных сбоев, вымогательства или других преступных действий.
- Вырастет количество целевых атак с целью кражи данных.
- Возникнет еще больше инцидентов, связанных с атаками программ-вымогателей на учреждения здравоохранения.
- В медицинских учреждениях станет еще сложнее соблюдать четко заданный корпоративный периметр, так как все больше рабочих станций, серверов, мобильных устройств и оборудования будут подключены к Интернету.
- Целью преступников станет перехват личных и конфиденциальных данных между «умными» носимыми устройствами, например, имплантами, и медработниками.
- Общегосударственные и региональные системы здравоохранения, передающие в незашифрованном или незащищенном виде данные между частными специалистами, больницами, клиниками и другими учреждениями, — легкая мишень для злоумышленников, которые перехватывают данные в обход корпоративных сетевых экранов.
- Широкая распространенность фитнес-гаджетов и других «подключенных» устройств для здорового образа жизни позволяет киберпреступникам похищать персональные данные, преодолев минимальную защиту.
- Деструктивные атаки, будь то DoS-атаки или уничтожение данных через программы-вайперы (такие как WannaCry), станут серьезной угрозой цифровым системам медицинских учреждений.
- Развивающиеся технологии, такие как интеллектуальные искусственные конечности и импланты для физиологических улучшений или встроенной дополненной реальности [5].

Угрозы в финансовой отрасли.

С помощью вредоносных программ злоумышленники получили возможность манипулировать приложениями, отвечающими за трансграничные транзакции и по сути открыли возможность выводить деньги из любой финансовой организации мира, ведь это ПО унифицировано и им пользуются практически все крупные игроки финансового рынка. Жертвами подобных атак стал ряд банков из более чем 10 стран мира [6].

Спектр связанных с финансами организаций, в которые старались проникнуть киберпреступники, значительно расширился. Различные группировки проникали в

инфраструктуру банков, систем электронных денег, бирж крипто валют, фондов управления капиталом и даже казино с целью вывода очень крупных сумм денег.

Последние несколько лет количество и качество атак, нацеленных на организации финансового сектора, растет непрерывно. Речь идет об атаках именно на инфраструктуру и сотрудников самой организации, а не её клиентов. Мы пришли к ситуации, когда те финансовые учреждения, которые не подумали о защите от хакерских атак, уже в ближайшем времени столкнутся с последствиями вторжения киберзлоумышленников. Результатом станет полная остановка, а затем и потеря бизнеса [6].

Для предотвращения подобной ситуации необходимо постоянно адаптировать свои системы безопасности к новым возникающим угрозам, что невозможно без анализа данных о наиболее важных и релевантных кибератаках, нацеленных на финансовые организации.

Финансовая отрасль может столкнуться со следующими угрозами:

- Появление атак на банковские системы, построенные на блокчейне, через уязвимости и ошибки в этой технологии
- Новые инциденты, связанные с проникновением в сеть финансовой организации через взлом поставщиков ПО
- Манипулирование и взломы СМИ и социальных медиа (Twitter, Facebook, каналы Telegram) ради извлечения прибыли из спровоцированных информационными фальшивками рыночных колебаний
- Автоматизация вредоносного ПО для банкоматов
- Новые атаки на крипто валютные биржи
- Резкий рост «традиционного» мошенничества с платёжной информацией, спровоцированный массовыми утечками данных в 2017
- Увеличение количества атак на финансовые организации со стороны спонсируемых государствами группировок хакеров [6].

Угрозы в сфере промышленной безопасности.

2017 год был одним из самых насыщенных в плане инцидентов, связанных с информационной безопасностью промышленных систем. Эксперты по безопасности обнаружили сотни новых уязвимостей, исследовали новые атаки на технологические процессы, собрали и проанализировали статистику случайных заражений промышленных систем и обнаружили целевые атаки на промышленные предприятия [7].

Однако наиболее значительной угрозой для промышленных систем в 2017 году стали атаки шифровальщиков-вымогателей. Первой половине года промышленные информационные системы в 63-х странах мира подверглись множественным атакам с использованием программ-шифровальщиков. Судя по всему, разрушительные атаки программ-вымогателей WannaCry и ExPetr навсегда изменили отношение промышленных предприятий к проблеме защиты ключевых производственных систем [7].

Отрасль в сфере промышленности может столкнуться со следующими угрозами:

- Рост числа случайных заражений вредоносным ПО.
- Увеличение риска целевых атак с применением программ-вымогателей.
- Увеличение числа инцидентов, связанных с промышленным кибершпионажем.
- Новые сегменты подпольного рынка, обслуживающие атаки на промышленные системы.
- Появление новых видов вредоносного ПО и вредоносных инструментов.
- Использование преступниками результатов анализа угроз, обнаруженных исследователями безопасности.
- Изменения в нормативной базе.
- Формирование рынка страхования промышленных предприятий от киберрисков и рост инвестиций в этот вид страхования [7].

Заключение

Для достижения цели информационной защищенности, необходимо учесть следующие задачи:

- анализ современного состояния зарубежных и отечественных средств защиты информации;
- исследование возможных угроз информации;
- разработка модели и алгоритмов оценки текущей информационной безопасности;
- экспериментальная проверка предложенных моделей и методов оценки информационной защищенности.

Опытные киберпреступники будут проводить оригинальные и необычные атаки и осваивая новый. Ежегодные темы и тренды не стоит рассматривать отдельно друг от друга – они тесно взаимодействуют, образуя ландшафт угрозы безопасности, актуальный для всех, от пользователей до бизнеса и правительств. Мы не знаем, когда это закончится, но знания об угрозах и их понимание будут мощными инструментами в ваших руках.

Список литературы

1. Модель и методы оценки информационной защищенности оператора автоматизированных систем: <http://tekhnosfera.com/model-i-metody-otsenki-informatsionnoy-zaschischennosti-operatora-avtomatizirovannyh-sistem> (дата обращения 30.03.2018).
2. Информационная безопасность <https://searchinform.ru/informatsionnaya-bezopasnost/osnovy-ib/ugrozy-informatsionnoj-bezopasnosti/>
3. Лаборатория Касперского <https://securelist.ru/ksb-threat-predictions-for-2018/88032/> (дата обращения 30.03.2018).
4. Прогнозы по развитию компьютерных угроз в автомобильной отрасли <https://securelist.ru/ksb-threat-predictions-for-automotive-in-2018/88036/> (дата обращения 20.04.2018).
5. Прогнозы атак в отрасли медицины <https://securelist.ru/ksb-threat-predictions-for-connected-health-in-2018/88038/> (дата обращения 25.04.2018).
6. Киберпреступники против финансовой организации <https://securelist.ru/ksb-threat-predictions-for-financial-services-and-fraud-in-2018/88040/> (дата обращения 30.04.2018).
7. Прогнозы по развитию угроз в сфере промышленной безопасности <https://securelist.ru/ksb-threat-predictions-for-industrial-security-in-2018/88042/> (дата обращения 1.05.2018).

References

1. Model and methods for assessing the information security of the operator of automated systems: <http://tekhnosfera.com/model-i-metody-otsenki-informatsionnoy-zaschischennosti-operatora-avtomatizirovannyh-sistem> (accessed 30 March 2018).
2. Information security <https://searchinform.ru/informatsionnaya-bezopasnost/osnovy-ib/ugrozy-informatsionnoj-bezopasnosti/>
3. Kaspersky Lab <https://securelist.ru/ksb-threat-predictions-for-2018/88032/> (accessed 30 March 2018).
4. Forecasts for the development of computer threats in the automotive industry <https://securelist.ru/ksb-threat-predictions-for-automotive-in-2018/88036/> (accessed April 2018).
5. Forecasts of attacks in the medical industry <https://securelist.ru/ksb-threat-predictions-for-connected-health-in-2018/88038/> (accessed 25 April 2018).
6. Cybercriminals against a financial institution <https://securelist.ru/ksb-threat-predictions-for-financial-services-and-fraud-in-2018/88040/> (accessed 30 April 2018).
7. Forecasts on development of threats in the sphere of industrial safety <https://securelist.ru/ksb-threat-predictions-for-industrial-security-in-2018/88042/> (accessed 1 May 2018).

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ УПРАВЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТУРБОГЕНЕРАТОРАМИ

Джолдошев Б.О., д.т.н., проф., КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, Бишкек, пр.Ч.Айтматова 66. Тел.: 0312545173, email: bekbolot2009@yandex.ru, ORCID ID 0000-0001-5699-2262

Темиркулова Н.Т., преп., КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66. Тел.: 0312545173, email: temirkulova.n@gmail.com, ORCID ID 0000-0003-0501-8579

Кемелов Т., магистр КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66. Тел.: 0312545173, email: kemelov.tolkunbek@mail.ru

Аннотация. Вопросы управления генераторами в энергосистемах являются актуальными и чрезвычайно сложными для существующих методов системы автоматического управления (САУ). Для полноценного управления турбогенераторами, необходимо рассматривать их нелинейные модели с учётом влияния внешних возмущений и проводит синтез САУ совершенно новыми методами или алгоритмами, которые в наиболее полной мере позволяют учесть явления взаимосвязанности и нелинейности процессов [2]. В настоящее время возникла необходимость разработке новых методов и алгоритмов управления, которые обеспечивали надежную генерацию электроэнергии нужного качества с одновременной минимизацией себестоимости электроэнергии. Для эффективного управления турбогенераторами, необходимо рассматривать их нелинейные модели с учётом неопределённых и неконтролируемых внешних возмущений и проводит синтез и проектирование систем автоматического управления (САУ) совершенно новыми методами и алгоритмами, которые в наиболее полной мере позволяют учесть явления взаимосвязанности и нелинейности процессов.

Предложен метод синтеза системы управления, позволяющие обеспечить основные требования к проектируемой системе при заданных инженерных требованиях к основным характеристикам системы (быстродействие, точность и т.д.), а также ограничений на величины управляющих воздействий и управляемых переменных. Использование введенных функций и полученных аналитических условий дало возможность разработать единый подход к решению задач управления. Оценка качества процессов управления объектов осуществляется с помощью функциональных соотношений, определяемых непосредственно по переходным процессам рассматриваемых систем.

Ключевые слова: метод синтеза, турбогенераторы, система автоматического управления (САУ), нелинейность, взаимосвязанность, устройство управления, регуляторы.

STRUCTURAL SYNTHESIS OF THE CONTROL DEVICE BY TURBOGENERATORS

Djoldoshov B.O. PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov. Phone: 0312-54-51-73, e-mail: bekbolot2009@yandex.com ORCID ID 0000-0001-5699-2262

Temirkulova N.T. aspirant, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov. Phone: 0312-54-51-73, e-mail: temirkulova.n@gmail.com ORCID ID 0000-0003-0501-8579

Kemelov T. master of KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, email: 00000000000000000000@mail.ru

Abstract. The issues of generator control in power systems are actual and extremely complex for existing methods of automatic control system (ACS). For a full-fledged control of turbo-generators, it is necessary to consider their non-linear models taking into account the influence of external perturbations and conducts the synthesis of automatic control systems by completely new methods or algorithms that allow the phenomena of interconnectedness and non-linearity of processes to be fully taken into account. At present, there was a need to develop new methods and control algorithms that provided reliable generation of electricity of the right quality while minimizing the cost of electricity. For effective control of turbogenerators, it is necessary to consider their nonlinear models taking into account undefined and uncontrollable external disturbances and conducts the synthesis and design of automatic control systems (ACS) by completely new methods and algorithms that allow the phenomena of interconnection and nonlinearity of processes to be fully taken into account.

The method of synthesis of the control system is proposed that allows to provide the basic requirements for the system being designed for the given engineering requirements to the main characteristics of the system (speed, accuracy, etc.), as well as constraints on the values of control actions and controlled variables. The use of the introduced functions and the obtained analytical conditions made it possible to develop a unified approach to solving management problems. Evaluation of the quality of object management processes is carried out using functional relationships, determined directly by the transient processes of the systems under consideration.

Keywords: synthesis method, turbo-generators, automatic control system (ACS), nonlinearity, interconnection, control device, regulators.

Алгоритм синтеза управлений. Рассмотрим нелинейный многомерный объект управления, состояния, которой, описывается следующим нелинейным векторным дифференциальным уравнением [3,4]:

$$\dot{x}_i(t) = f_i[x(t), u(t), \xi(t), t], \quad x_i(t_0) = x_i^0, \quad i = \overline{1, n}, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (1)$$

где $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$ – вектор переменных состояния или вектор фазовых координат объекта управления; $u(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)]^T$ – вектор управления (управляющих или регулирующих воздействий), $f(x, u) = f(x, u, \xi, t) = [f_1(x, u, \xi, t), f_2(x, u, \xi, t), \dots, f_n(x, u, \xi, t)]^T$ – вектор-функция, удовлетворяющие условиям Коши; $\xi(t) = [\xi_1(t), \xi_2(t), \dots, \xi_r(t)]^T$ – вектор возмущений.

Основными показателями качества регулирования будем считать динамическую и статическую точность, и быстродействие системы управления. Обозначим через граничные положительные функции $\sigma_i(t)$, с помощью которых задаются границы допустимых областей. Переходные процессы по ошибке управления (невязки) $e_i(t)$ определяют предъявляемые требования к качеству процессов управления синтезируемой системы. Степень достижение цели управления или регулирования $g_i(t)$ характеризуется на основе следующих модульных неравенств [3-5]:

$$|x_i(t)| = |e(t)| \leq \sigma_i(t), \quad t \in [t_0, t_k], \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где $\sigma_i(t)$ – положительные, непрерывно-дифференцируемые функции, определяющие качество проектируемой автоматической системы.

Задача управления формулируется таким образом: для управляемого объекта, состояния которой описывается дифференциальным уравнением (1), необходимо определить структуру и параметры автоматического регулятора, обеспечивающего выполнение к точности и быстродействию проектируемой системы, т.е. к качеству процесса управления (2).

Желаемую динамику САУ зададим в виде векторного дифференциального уравнения [4]

$$\dot{x}(t) = f^*(x, p), \quad (3)$$

где $f^* = [f_1^*(x, p_1), f_2^*(x, p_1), \dots, f_n^*(x, p_n)]^T$ – нелинейная вектор-функция; $p = [p_1, p_2, \dots, p_n]$ – r -мерный вектор-параметр, подлежащий выбору так, чтобы решение $x(t)$ системы (3) удовлетворяло условиям заданного качества управления (2).

Условия близости соответствующих компонентов вектор-функций $f(x, u)$ и $f^*(x, p)$ задаются в виде модульных неравенств:

$$f_i[x(t), u(t), \xi, t] - f_i^*[x(t), p] \leq \delta_i(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (4)$$

где $\delta_i(t)$ – функции, которые задают точность приближения, они положительные и непрерывно дифференцируемые.

Введем функцию

$$F_i(x, u) = f_i(x, u, \xi, t) - f_i^*(x, p), \quad i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

или

$$|F_i(x, u)| \leq \delta_i(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad t \in [t_0, t_k].$$

где $F(x, u) = [F_1(x, u), F_2(x, u), \dots, F_n(x, u)]^T$.

Если потребовать, чтобы желаемая траектория имела следующий аналитический вид:

$$\dot{F}_i(x, u) = \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} \left[F_j(x, u) + \int_{t_0}^t F_i(x, u) d\tau + \frac{dF(x, u)}{dt} \right], \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (6)$$

то

$$\sum_{v=1}^m \frac{\partial F_i}{\partial u_v} \cdot u_v(t) + \sum_{j=1}^m \frac{\partial F_i}{\partial x_j} \cdot f_j(x, u) = \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} \left[F_j(x, u) + \int_{t_0}^t F_i(x, u) d\tau + \frac{dF(x, u)}{dt} \right],$$

или

$$M \cdot \frac{du(x, t)}{dt} + \tilde{Z} \cdot f(x, u) = Y \left[F_j(x, u) + \int_{t_0}^t F_i(x, u) d\tau + \frac{dF(x, u)}{dt} \right],$$

Уравнение динамики управляющего устройства имеет вид:

$$\frac{du(x, t)}{dt} = L \cdot \left[F_j(x, u) + \int_{t_0}^t F_i(x, u) d\tau + \frac{dF(x, u)}{dt} \right] - \tilde{Z} \cdot f(x, u) \quad (7)$$

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 $P = \{p_{ij}\}_{n \times n}$, $Y = \{\gamma_{iv}\}_{n \times n}$ – вещественные матрицы, составленные из настроечных параметров системы, а матрица $L = [M^T M]^{-1} \cdot M^T$.

Математическая модель турбогенераторов. Задача состоит в определении структуры и параметров автоматического регулятора, обеспечивающего стабилизацию выходных переменных в соответствии с вектором задания. Управляющими воздействиями на объект являются $U_{11}, U_{12}, U_{21}, U_{22}$, т.е. механические мощности турбин U_{11}, U_{12} и напряжения возбуждения генераторов U_{21}, U_{22} . Выходными (управляемыми) переменными являются частоты вращения и синхронные ЭДС первого и второго турбогенераторов.

Уравнения объекта состоящей из двух турбогенераторов с учётом внешних

низкочастотных возмущений в пространстве состояний в нормальной форме описывается следующим нелинейным дифференциальным уравнением [2,3]

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{x}_1 = x_3; \\ \dot{x}_2 = x_4; \\ \dot{x}_3 = (w_0 / T_{j1})(x_7 - a_1 x_5^2 - a_2 x_5 x_6 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) - a_3 x_3 + x_9); \\ x_4 = (w_0 / T_{j2})(x_8 - a_4 x_6^2 - a_2 x_5 x_6 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) - a_5 x_4 + x_{11}); \\ \dot{x}_5 = (1 / T_{d01})(-x_5 - a_6(x_3 - x_4) \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) + U_{11}); \\ \dot{x}_6 = (1 / T_{d02})(-x_6 - a_7(x_3 - x_4) \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) + U_{12}); \\ \dot{x}_7 = (1 / T_{c1})(-x_7 - a_8 x_3 + U_{21}); \\ \dot{x}_8 = (1 / T_{c2})(-x_8 - a_9 x_4 + U_{22}); \\ \dot{x}_9 = x_{10}; \\ x_{10} = -\xi_1^2 x_9; \\ \dot{x}_{11} = x_{12}; \\ \dot{x}_{12} = -\xi_2^2 x_{11}; \end{array} \right. \quad (8)$$

Алгоритм управления согласно формуле (7), имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dU_{11}}{dt} = & [T_{d01}(g_{55}(1/T_{d01} \times (-x_5 - a_6(x_3 - x_4) \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) + U_{11}) - p_{55}x_5 + \\ & + 1/T_{d01} \times (-x_5 x_1 + a_6(x_3 - x_4) \cos(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) + U_{11}x_1) - p_{55}x_5 x_1 - \\ & - 1/T_{d01} \times a_6(x_3 - x_4) \cos(x_1 - x_2 - \alpha_{12})) + 1/T_{d01} \times a_6(x_3 - x_4) \cos(x_1 - x_2 - \alpha_{12})x_3 - \\ & - 1/T_{d01} \times a_6(x_3 - x_4) \cos(x_1 - x_2 - \alpha_{12})x_4 + 1/T_{d01} \times a_6 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12})w_0 / T_{j1} \times (x_7 - \\ & - a_1 x_5^2 - a_2 x_5 x_6 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) - a_3 x_3 + x_9) - 1/T_{d01} \times a_6 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12})w_0 / T_{j2} \times \\ & \times (x_8 - a_4 x_6^2 - a_2 x_5 x_6 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) - a_5 x_4 + x_{11}) - (-1/T_{d01} - p_{55}) / T_{d01} \times \\ & \times (-x_5 - a_6(x_3 - x_4) \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) + U_{11}))]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{dU_{12}}{dt} = & [T_{d02}(g_{66}(1/T_{d02}(-x_6 - a_7(x_3 - x_4) \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) + U_{12}) - p_{66}x_6 + \\ & + 1/T_{d02} \times (-x_6 x_1 + a_7(x_3 - x_4) \cos(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) + U_{12}x_1) - p_{66}x_6 x_1 - \\ & - 1/T_{d02} \times a_7(x_3 - x_4) \cos(x_1 - x_2 - \alpha_{12})) + 1/T_{d02} \times a_7(x_3 - x_4) \cos(x_1 - x_2 - \alpha_{12})x_3 - \\ & - 1/T_{d02} \times a_7(x_3 - x_4) \cos(x_1 - x_2 - \alpha_{12})x_4 + 1/T_{d02} \times a_7 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12})w_0 / T_{j1} \times \\ & \times (x_7 - a_1 x_5^2 - a_2 x_5 x_6 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) - a_3 x_3 + x_9) - 1/T_{d02} a_7 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) \times \\ & \times w_0 / T_{j2} (x_8 - a_4 x_6^2 - a_2 x_5 x_6 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) - a_5 x_4 + x_{11}) - (-1/T_{d02} - p_{66}) / T_{d02} \times \\ & \times (-x_6 - a_7(x_3 - x_4) \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) + U_{12}))]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{dU_{21}}{dt} = & [T_{c1}(g_{77}(1/T_{c1} \times (-x_7 - a_8 x_3 + U_{21}) - p_{77}x_7 + (1/T_{c1} \times (-x_7 - a_8 x_3 + U_{21}) - \\ & - p_{77}x_7)x_1) + 1/T_{c1} \times a_8 w_0 / T_{j1} (x_7 - a_1 x_5^2 - a_2 x_5 x_6 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) - a_3 x_3 + x_9) - \\ & - (-1/T_{c1} - p_{77}) / T_{c1} (-x_7 - a_8 x_3 + U_{21}))]; \end{aligned}$$

$$\frac{dU_{22}}{dt} = [T_{c2}(g_{88}(1/T_{c2}(-x_8 - a_9x_4 + U_{22}) - p_{88}x_8 + (1/T_{c2} \times (-x_8 - a_9x_4 + U_{22}) - p_{88}x_8)x_1) + 1/T_{c2}a_9w_0 / T_{j2}(x_8 - a_4x_6^2 - a_2x_5x_6 \sin(x_1 - x_2 - \alpha_{12}) - a_5x_4 + x_{11}) - (-1/T_{c2} - p_{88})/T_{c2}(-x_8 - a_9x_4 + U_{22}))];$$

Результаты моделирования (переходные процессы переменных состояния первого и второго турбогенератора) при начальных условиях по состоянию:

$$\delta_{1_0} = 1.56; \delta_{2_0} = 1.1; s_{1_0} = -0.1; s_{2_0} = -0.1; E_{1_0} = 1; E_{2_0} = 2;$$

$$P_{1_0} = 0.5; P_{2_0} = 0.5; \xi_{1_0} = 0.01; \xi_{2_0} = 0.01;$$

и коэффициентах надстройки регулятора $p_{11} = -0.1; p_{ij} = p_{11}; g_{11} = -5; g_{ij} = g_{11};$

представлены на рис. 1-6.

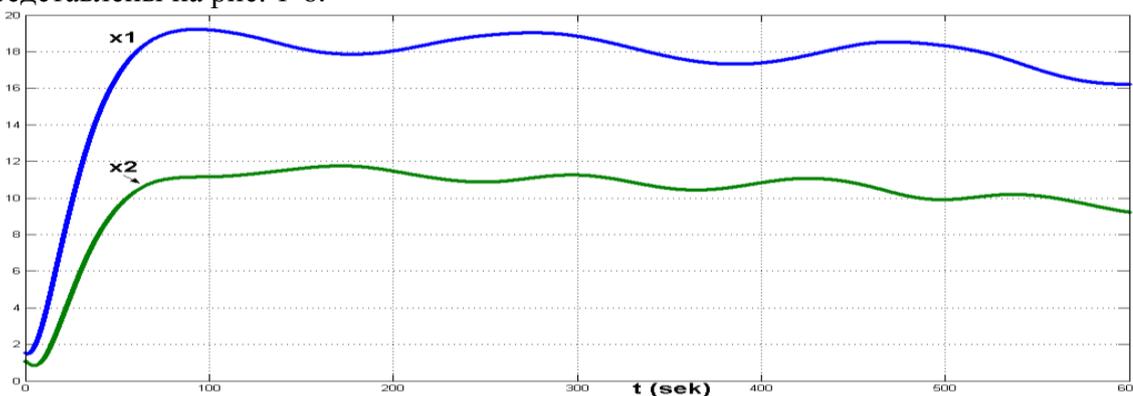


Рис. 1. Углы между ЭДС генераторов и напряжением сети δ_1, δ_2

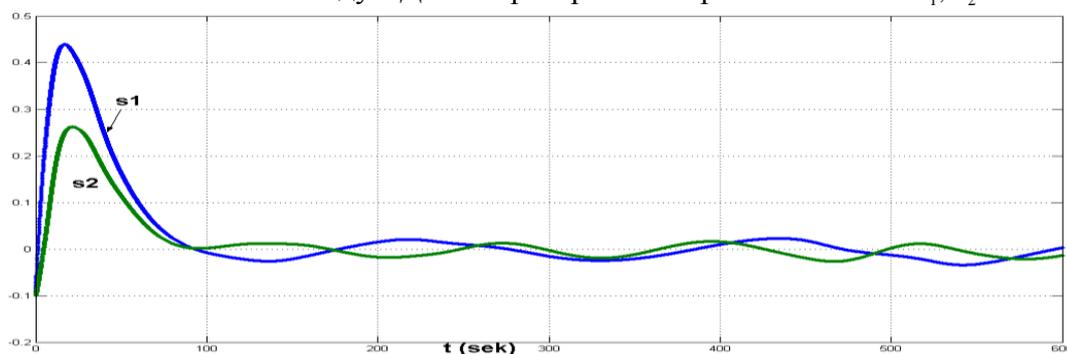


Рис. 2. Скольжения s_1, s_2

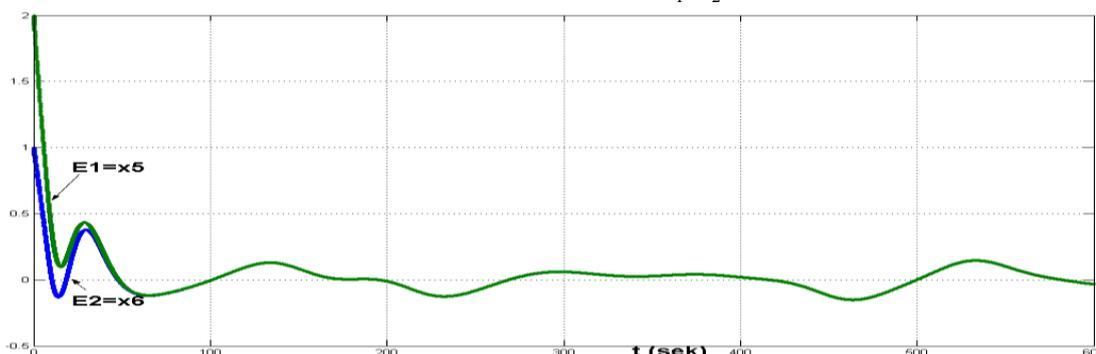
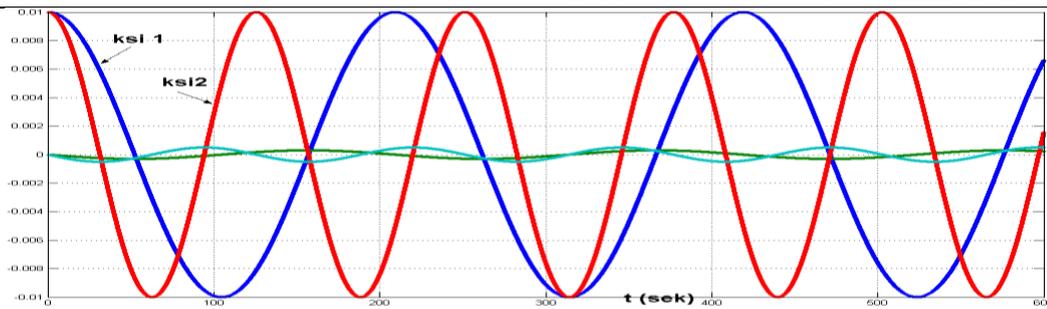
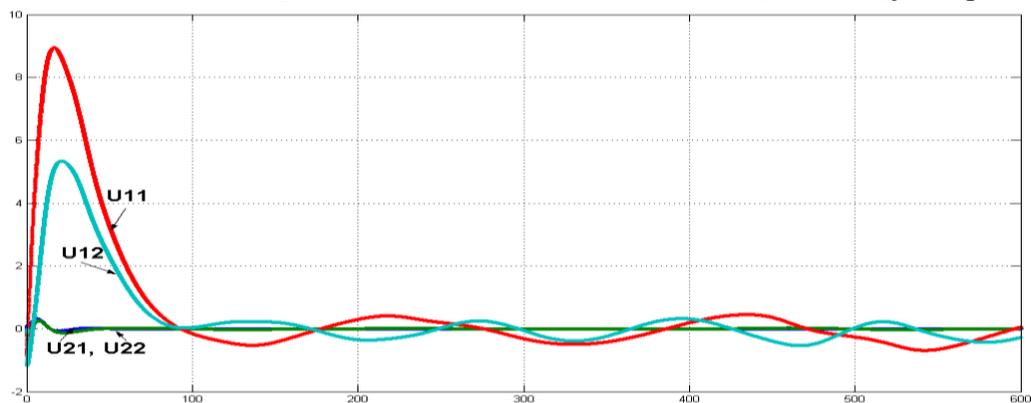


Рис. 3. Синхронные ЭДС СГ по поперечной оси E_1, E_2

Рис. 4. Внешние гармонические низкочастотные возмущения $\xi_1(t)$, $\xi_2(t)$ Рис. 5. Управляющие воздействия $U_{11}, U_{12}, U_{21}, U_{22}$

Моделирования САУ проводилось при значениях параметров турбогенераторов приведенных в [2-4].

Вывод. Анализы результатов моделирования показывают, что САУ является устойчивой, обеспечивается согласования частот (скольжений) турбин и стабилизацию ЭДС генераторов. Синтезированная САУ компенсирует низкочастотное гармоническое возмущение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андерсон Н.Л., Фуад А. Управление электрическими системами и устойчивостью. М., Энергия, 1978 г.
2. Колесников А.А. Синергетические методы управления системами: Энергетические системы/ - Едиториал, 2005.
3. Джолдошов Б.О., Темиркулова Н.Т. Синтез динамического регулятора для турбогенератора// Матер. межд. конф « Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений/ - Бишкек, КРСУ, 2013, - С. 40 -49.
4. Управления технологическими системами с учетом инженерных показателей качества // Джолдошов Б.О. / дисс. на соискание уч. степени д.т.н., -Бишкек, 2012.
5. Оморов Т.Т., Джолдошев Б.О. К оцениванию параметров в линейных многомерных системах с интервальной неопределенностью // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики» АН РУз. – Ташкент, № 3, 2010. – С. 29-34.
6. Джолдошев Б.О., Оморов Т.Т., Джунушалиев У.Б. Динамическое проектирование управляющего устройства для нестационарной робастной системы // Межд. научно-практический семинар «Наука и технологии индустриально-инновац. развития Казахстана», 24 - 26 июня 2010 г., Астана. – С. 112 – 119.
7. Оморов Т.Т., Джолдошев Б.О. Синтез робастного регулятора для линейных систем управления // Матер. III межд. конф. «Асимптотические, топологические и

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ

УДК 621.3

**О ЕДИНОЙ ОСНОВЕ ТЕОРИЙ ГЕНЕРАЦИИ И ПЕРЕДАЧИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Рахимов Калый Рахимович. , к.т.н., профессор, КГТУ им И. Раззакова, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Т. Айтматова 66. ORCID ID: 0000-0001-7775-8045

Аннотация. Предлагаются некоторые соображения по теории генерации и передачи электрической энергии. Есть возражения по некоторым пунктам существующих теорий, соответственно есть некоторые предложения по уточнению этих пунктов.

Ключевые слова: электрическое поле, синхронная машина, возбуждение, реактивная мощность, передача электроэнергии, теория генерации.

**ON A UNIFIED BASIS OF THEORIES OF GENERATION AND TRANSMISSION
OF ELECTRICAL ENERGY**

Rakhimov Kaly Rakhimovich PhD professor KSTU. I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek c. Ch.Aitmatov av. 66. ORCID ID: 0000-0001-7775-8045

Annotation.The purpose of the article is to give some ideas on the theory of generation and transmission of electrical energy. There are objections to some points of existing theories; accordingly, there are some suggestions on clarifying these points.

Key words: electric field, synchronous machine, excitation, reactive power, electric power transmission, generation theory.

Теория генерации активной энергии

В учебнике по электрическим машинам получение электрической энергии объясняется следующим образом. «Обмотка возбуждения на роторе создает магнитный поток возбуждения синхронной машины, который сцепляется с обмоткой статора и индуцирует в ней электродвижущую силу ЭДС» /1/. В /2/ говорится, что если внутри проводника напряженность электрического поля E отлична от нуля, то в проводнике возникнет электрический ток, т.е. движение зарядов. В другом учебнике по электротехническим материалам /3/ говорится «В теории электропроводности металлов механизм прохождения тока обусловлено движением свободных электронов под воздействием электрического поля».

В новой редакции учебника «Электрические машины /4/ говорится «Если ротор синхронной машины привести во вращение с некоторой частотой и возбудить его, то поток возбудителя Φ будет пересекать проводники обмотки статора и в последней будет индуцироваться ЭДС».

Таким образом, в теории электромагнитной индукции считается, что за счет ЭДС в проводнике образуется электрический ток. Такое объяснение не имеет физического смысла.

Имеется другое объяснение теории электромагнитной индукции. В контуре, пересекающем косвенное магнитное поле, под действием последнего связанные электроны становятся свободными, за счет их направленного движения появляется электрический ток и соответственно свое магнитное поле. Согласно такому толкованию первично образование

электрического тока, за счет чего образуется ЭДС и свое магнитное поле. Такое толкование хорошо согласуется с теорией электропроводности проводников.

Очень важно акцентировать внимание на то, что генерация электрической энергии – это есть создание направленного движения зарядов в проводнике – обмотке электрической машины за счет воздействия внешнего магнитного поля.

Механическая энергия, преобразованная в электрическую – есть активная энергия, которое передается по проводнику электронной проводимостью.

Теория генерации реактивной энергии.

Электрическая машина как генератор помимо активной мощности вырабатывает и реактивную мощность, которая наряду с активной мощностью передается вдоль проводов. Ее выработка зависит от тока возбуждения, т.е. от величины магнитной индукции создаваемой ротором. На ее выработку не расходуется механическая мощность. Ее величина определяется реактивным составляющим напряжения, создаваемым магнитным полем возбуждения. Часть этого реактивного напряжения компенсируется падением напряжения на индуктивном сопротивлении самого генератора. Напряжение на выводах генератора складывается из активной составляющей напряжения, пропорциональной активной мощности генератора и некомпенсированной части реактивного напряжения. При неизменной активной мощности генератора напряжение на выводах генератора регулируют изменением реактивной составляющей напряжения путем изменения тока возбуждения. В нормальном режиме напряжение на выводах генератора регулируется автоматически. При снижении напряжения на выводах генератора автоматически увеличивается реактивная составляющая, пропорционально увеличивается выработка реактивной составляющей мощности. Увеличение выработки реактивной мощности повышает напряжение. Таким образом, поддерживается на требуемом уровне напряжение на выводах генератора. Синхронные генераторы при малых токах возбуждения переходят в режим потребления реактивной мощности из системы.

Теория переноса электрической энергии вдоль проводов.

Как было выше сказано, активная мощность передается по проводнику электронами, а реактивная мощность электрическим полем зарядов. Согласно основному положению теории Максвелла, изменяющееся электрическое поле вызывает появление магнитного поля. Согласно второму основному положению теории Максвелла изменяющееся магнитное поле вызывает появление электрического поля. Полагается, что электрическое и магнитное поля, взаимно превращаясь и поддерживая друг друга, будут распространяться вдоль линии /5/. Однако электрическое и магнитное поля рассматриваются между двумя проводами. При таком рассмотрении принято, что ток постоянно замыкается по контуру между проводами токами смещения и токами проводимости по проводнику. Такое рассмотрение не является реальным. Токи проводимости по проводнику измеряются тысячами ампер, а токи смещения составляют микроамперы или миллиамперы.

Принято, что существуют два различных процесса передачи электроэнергии: с помощью токов проводимости и при помощи токов смещения (электромагнитных волн). Если быстрота изменения полей мала (малые частоты), то токами смещения можно пренебречь, основную роль играют токи проводимости. Частота 50 герц относится к малым. При такой частоте электрические явления существенно зависят от сопротивления линии и, следовательно, от материала проводов. Если же поля изменяются быстро (большие частоты), то основную роль играют токи смещения и электрические явления определяются электромагнитными волнами. При этом основные процессы происходят между проводами, в окружающей среде, и электрические явления практически не зависят от свойств материала проводов.

Генерация, трансформация и передача электрического тока имеют одинаковую физику процесса. В электрическом генераторе магнитное поле ротора пересекает обмотку статора, воздействуют на заряды (электроны) и приводят их в движение, появляется

электрический ток. В трансформаторе магнитное поле первичной обмотки приводит в движение заряды в проводнике вторичной обмотки, таким образом, происходит трансформация электрической энергии.

В линии электропередачи электрический ток создает вокруг провода магнитное поле, которое движет заряды в проводнике, которое в свою очередь создает магнитное поле, таким образом, процесс идет непрерывно.

Никакого постоянного превращения электрического поля в магнитный и обратного превращения магнитного поля в электрический не имеет места. Применение термина «передача электроэнергии электромагнитными волнами» спорно. По проводнику передается активная мощность под воздействием магнитного поля. Вместе с зарядами движется электрическое поле и им создается и передается реактивная мощность.

В курсах ТОЭ и электропередач вообще нет объяснения физики процесса передачи электроэнергии. Нужно включить в учебники отдельные разделы по теории передачи электрической энергии.

Мы считаем, что передача полной мощности происходит как за счет электронной электропроводности проводника, так и за счет электрического поля. Активная мощность передается по проводнику, а реактивная мощность передается электрическим полем.

Активный электрический ток имеет прямую связь с напряженностью электрического поля (В/м) законом Ома

$$j = \gamma E,$$

где j – плотность тока,

E - напряженность электрического поля (ЭДС),

γ - удельная электропроводность проводника.

Напряженность электрического поля E равно разнице потенциалов начала и конца обмотки отнесенной на длину проводника l

$$E = U/l$$

Согласно квантово – механической теории электропроводности металлов, найдены зависимость электропроводности от концентрации электронов, величины заряда, средней скорости упорядоченного движения зарядов. Плотность тока по этой теории

$$j = ne v,$$

где n – концентрация электронов,

e – заряд,

v - средняя скорость упорядоченного движения электронов, которая в свою очередь зависит от длины свободного пробега и массы электрона.

Электрическое и магнитное поля сдвинуты на 180 градусов. Они характеризуются емкостной и индуктивной реактивной мощностями. Они компенсируют друг друга. При их равенстве в электрической цепи не будет реактивной составляющей в полной мощности. При преобладании электрического поля емкостная реактивная мощность больше, чем индуктивная и реактивная составляющая напряжения повышается, и, наоборот, при преобладании магнитного поля индуктивная реактивная мощность больше, чем емкостная и реактивная составляющая напряжения снижается.

При передаче электрической энергии, активной мощности оказывает сопротивление активное сопротивление, емкостной реактивной мощности емкостное сопротивление, а индуктивной мощности индуктивное сопротивление.

Выводы:

1. Утверждается, что в теории генерации электрической энергии в генераторе первично образование электрического тока, а не напряжения.

2. Электрическое и магнитное поля не превращаются в друг друга. Есть свободный заряд – есть электрическое поле. Магнитное поле есть следствие электрического тока, есть электрический ток - есть магнитное поле.

3. Генерация электрического тока и ее передача имеют одинаковую теоретическую

основу. Генерация происходит за счет внешнего магнитного поля, а передача за счет своего магнитного поля.

4. Активная электроэнергия передается электронной проводимостью, а реактивная электроэнергия передается электрическим полем.

Список литературы

1. Вольдек А. И., Попов В. В. Электрические машины.»Питер», 2010.
2. Тамм И. Е. Основы теории электричества. М. Наука. 1989.
3. Демирчян К. С. и др. Теоретические основы электротехники. Т.1. «Питер». 2009.
4. Калашников С. Г. Электричество. М. Наука. 1985.
5. Веников В. А. и Рыжов Ю. П. Дальние электропередачи переменного и постоянного тока. М. Энергоатомиздат, 1985.
6. Рахимов К. Р. Линии электропередач Кыргызстана – особенности, методы расчета и управления. Бишкек, КГТУ, 2010.
7. Рахимов К.Р. О теориях генерации, передачи электроэнергии и реактивной мощности. Бишкек, 2014.
8. Рахимов К. Р. О расчете режимов линии электропередачи с учетом баланса реактивной мощности на них. /Известия КТУ. Том 6. Бишкек. 2006.
9. Рахимов К. Р. О наличии сдвига векторов между током и напряжением в цепи синусоидального тока. /Ж. «Инженер». Инженерная Академия Кыргызской Республики. Бишкек. № 1. 2010.
10. Рахимов К. Р. О методе расчета режимов линии по последовательной схеме замещения и по балансу реативных мощностей. Ж. «Инженер». Инженерная Академия Кыргызской Республики. Бишкек. № 1. 2010.

УДК 621.371.374:622.25

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ РАБОЧИХ ЧАСТОТ В ШАХТНОМ СТВОЛЕ

Шамсутдинов Марат Мубаракшаевич, д.т.н., проф. КРСУ им. Б. Ельцина, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек пр. Чуй б. e-mail: mar44330180@yandex.ru

Таштанбаева Венера Орозбековна, аспирант КГТУ им. И. Раззакова (+996)561498, 720044, г. Бишкек пр. Ч.Айтматова 66. e-mail: tashtanbaeva.venera@mail.ru

В данной работе изучается помехи (сварка, электромагнитные волны, шумы от вибрации и др.) в стволе шахты, которые могут влиять на работу системы сигнализации и связи и вызывать ложные срабатывания тормозной системы подъемной установки. Задачей исследования является выбор частот которые позволят контролировать натяжения головного каната и не влиять на работу системы сигнализации и связи.

Ключевые слова: шахтный ствол, подъемные установки, стальные канаты, напуск каната, контроль, датчик, безопасность.

A CHOICE AND GROUND OF WORKING FREQUENCIES ARE IN MINE BARREL

Shamsutdinov Marat Mubarakshaevich, PhD (Engineering), Professor KRSU named after B.Elsina, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek Chyi st.6 e-mail: mar44330180@yandex.ru

Tashtanbaeva Venera Orozbekovna, graduate student KSTU named after I.Razzakov. Kyrgyzstan, 720044, Bishkek city, Mira st. 66. e-mail: tashtanbaeva.venera@mail.ru

In hired is studied hindrances (welding, hertzian waves, noises from the vibration of and other) in a barrel mines that can influence to work of the system of signaling and connection and cause the false wearing-outs of the brake system of the lifting setting. A research task is a choice of frequencies that will allow controlling the pulls of headrope and not influencing to work of the system of signaling and connection.

Keywords: mine barrel, lifting options, steel ropes, fall-over of rope, control, sensor, safety.

Надежная работа аппаратуры индуктивной связи в стволе шахты во многом зависит от правильно выбранных рабочих частот. На петлевую антенну проложенную по стволу шахты будут воздействовать помехи от излучающих объектов как на дневной поверхности, так и в стволе шахты. Коммутация различных двигателей, контактов, электрической сварки на поверхности, а также воздействие электромагнитного поля, проложенных по стволу силовых кабелей, кабелей сигнализации и связи создают определенные помехи различной амплитуды, частоты, фазы и пр. поэтому выбору рабочих частот предшествует измерение уровня помех, наводимых в петлевой антенне в диапазоне частот индуктивной связи.

Измерение помех в стволе шахты. Техническая характеристика ствола:

1. Высота ствола $H = 390$ м.
2. Высота копра $H_k = 32$ м.
3. Ширина проложенной петли $B = 0,5$ м.
4. В стволе проложены силовые кабели и кабели сигнализации, причем одна из близких ветвей петли находится на расстоянии 3 м от них.

Петлевая антенна приемника (ПАП) была проложена по стволу шахты между двумя сосудами. Марка проложенного кабеля ТАШ 1x2 ГОСТ 12100-66, сечением медной жилы – 0,8 мм, радиальной толщиной изоляции 0,6-1 мм. На период экспериментов антенна выведена до района разгрузочных кривых копра.

Измерение помех производилось по методике, изложенной в [1]. Петлевая антенна на верхней приемной площадке копра подключалась через согласующее устройство к селективному измерителю уровня ИУУ5-300. Таким образом при измерении учитывалось как влияние объектов ствола шахты, так и металлической конструкции копра. При неработающей подъемной установки полученные данные приведены в таблице 1 и 2. Так как отсчет измеренных уровней помех производился по шкале прибора ИУУ5-300 в неперах (N_p), то для перевода их в абсолютные значения напряжений применялась таблица пересчета [2]. За условный нулевой уровень обычно принимается мощность $P=1$ мВт на сопротивлении $R=600$ Ом, чему соответствует напряжение $U_{\Pi}=0,775$ В и ток $I=1,29$ мА. Значит пересчет измеренных уровней в неперах в абсолютные значения напряжений помех может производиться также на основании формулы:

$$N_p = \ln \frac{U_{\Pi}}{U_0} = \ln \frac{U_{\Pi}}{0,775} \quad (1)$$

Или после преобразования (1) по формуле:

$$U_{\Pi} = 0,775 e^{N_p} \quad (2)$$

где, N_p – значение непер по прибору ИУУ5-300; U_{Π} – абсолютное значение напряжения помех наводимых в петлевой антенне.

На основании полученных данных (табл 1 и 2) построены графики $U_{\Pi}=F(f)$, где U_{Π} – напряжение помех; f - частота ИУУ5-300.

Высота металлической конструкции копра составляет $H_k = 32$ м. поэтому значительное влияние на работу аппаратуры индуктивной связи могут оказать атмосферные, промышленные, а также помехи от удаленных радиостанций.

На расстоянии 5 м ниже устья ствола шахты, каждая из ветвей петлевой антенны была выведена экранированным проводом марки БПВЛЭ -2.5. Уровень помех регистрировался в течении смены при неработающей подъемной установки. Импульсные помехи, возникающие

во время работы подъема фиксировались по осциллографу С-1-54. Полученные при этом значения уровней после пересчета приведены в табл. 3 и 4 и построены графики зависимости $U_{\Pi}=F(f)$.

Эксперименты по определению уровней помех проводились дважды и регистрировались по ИУУ5-300 и интервалом отсчета 5 кГц.

Анализ полученных результатов. Результаты измерения напряжений помех в диапазоне частот $f=5\div 300$ кГц, позволяют определить участки с наибольшими и наименьшими абсолютными уровнями помех, как при работающей подъемной установке, так и неработающей. (табл. 1,2,3,4,5).

При работающей подъемной установке построены зависимости $U_{\Pi}=F(f)$, приведенные на рис. 1, 2 из которых следует:

- участок $f= 5\div 80$ кГц с уровнем радиопомех в пределах $U_{\Pi}= 0.095\div 0.112$ мВ;
- участок $f= 80\div 160$ кГц где радиопомехи практически отсутствовали;
- на участке $f= 165$ кГц имеет место постоянная помеха с уровнем $U_{\Pi}= 0.095\div 0.112$ мВ;
- на участке $f= 175\div 190$ кГц помехи отсутствуют;
- участок $f= 197\div 230$ кГц характеризуется наличием импульсных помех с уровнем $U_{\Pi}= 0.035\div 0.095$ мВ;

Измеренные помехи только в стволе шахты без учета копра показаны на рис. 3, 4 при этом подъемная машина не работала. Общий уровень помех в основном не изменился и составил:

- на участке $f= 50\div 65$ кГц, $U_{\Pi}= 0.035\div 0.095$ мВ;
- участок $f= 70\div 160$ кГц помехи практически отсутствуют;
- на участке $f= 162$ кГц присутствует помеха от работающей удаленной радиостанции (сигнал прослушивался на телефоны на выходе ИУ5-300) с уровнем $U_{\Pi}= 0.112$ мВ. При включенной шахтной сигнализации на экране С-1-54 отчетливо просматривается синусоидальная помеха частотой $f= 50$ Гц и амплитудой около 2мВ (рис. 3). Помеха исчезает при отключении сигнализации.
- на участке $f= 175\div 190$ кГц помехи отсутствуют;
- участок $f= 195\div 230$ кГц характеризуется нестабильным появлением импульсных помех с уровнем $U_{\Pi}= 0.035\div 0.095$ мВ.

В период разгона и торможения подъемной машины (табл. 5, рис. 5) происходит коммутация контакторов силовой сети. Уровень импульсных помех при этом увеличивается и достигает величины $U_{\Pi}= 0.15$ мВ.

Выбор несущей частоты. Анализ полученных результатов измерения помех, позволил определить диапазоны частот с минимальными уровнями. Это диапазоны частот $f= 100\div 150$ кГц и $f= 175\div 190$ кГц.

Для диапазона частот индуктивной связи принимаем полосу $f= 100\div 150$ кГц, как не входящую в радиовещательный длинноволновый диапазон.

Согласно рекомендациям [3] при индуктивной связи (малогабаритный передатчик – петлевая антенна – стационарный приемник) рабочие частоты для разрабатываемой аппаратуры выбираем равными 148.4 кГц и 132.8 кГц для первого и второго канала соответственно.

Вывод. Для оценки натяжения каната через измерения частоты необходимо учесть исследования проведенного в стволе шахты.

Результаты измерения уровня помех в стволе шахты показывают что наиболее эффективными частотами для оценки натяжения каната шахтной подъемной установки необходимо применять диапазон частот $f=20\div 40$ кГц, а для радиосвязи в стволе шахты применимы частоты $f=100\div 150$ кГц.

Таблица 1

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----|----|-------|----|-------|----|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|
| f (кГ/ц) | 15 | 20 | 26.2 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 51 | 55 | 58 | 60 | 61 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 |
| P (НП) | -∞ | -∞ | -10 | -∞ | -10 | -∞ | -∞ | -∞ | -9 | -8.8 | -9 | -10 | -9 | -9 | -∞ | -10 | -10 | -10 |
| U (мВ) | 0 | 0 | 0.035 | 0 | 0.035 | 0 | 0 | 0 | 0.095 | 0.112 | 0.095 | 0.035 | 0.095 | 0.095 | 0 | 0.035 | 0.035 | 0.035 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|
| 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 163 | 165 | 170 | 175 | 180 |
| -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -10 | -9 | -10 | -∞ | -∞ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.035 | 0.095 | 0.035 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|
| 185 | 190 | 197 | 200 | 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | 230 | 235 | 240 | 245 | 250 | 255 | 260 | 265 | 270 | 290 | 300 |
| -∞ | -∞ | -9 | -10 | -10 | -10 | -9 | -10 | -10 | -10 | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -10 | -9.7 | -10 | -∞ |
| 0 | 0 | 0.095 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.095 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.035 | 0.047 | 0.035 | 0 |

Таблица 2

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----|----|-------|----|-------|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|----|----|----|
| f (кГ/ц) | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 51 | 55 | 58 | 60 | 61 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 |
| P (НП) | -∞ | -∞ | -10 | -∞ | -10 | -∞ | -∞ | -10 | -9 | -8.8 | -9 | -10 | -8.8 | -10 | -∞ | -10 | -∞ | -∞ | -∞ |
| U (мВ) | 0 | 0 | 0.035 | 0 | 0.035 | 0 | 0 | 0.035 | 0.095 | 0.117 | 0.095 | 0.035 | 0.117 | 0.035 | 0 | 0.035 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|
| 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 163 | 165 | 167 | 170 | 175 | 180 |
| -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -10 | -9 | -10 | -∞ | -∞ | -∞ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.035 | 0.095 | 0.035 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-----|
| 185 | 190 | 195 | 200 | 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | 230 | 235 | 240 | 245 | 250 | 255 | 260 | 265 | 270 | 275 | 280 | 300 |
| -∞ | -10 | -9 | -10 | -10 | -10 | -9 | -10 | -10 | -10 | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -∞ | -10 | -9.7 | -9 | -10 | -∞ |
| 0 | 0.035 | 0.095 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.095 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.035 | 0.047 | 0.035 | 0.035 | 0 |

Таблица 3

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|----|----|----|----|----|----|----|
| f (кГ/ц) | 25 | 30 | 35 | 38 | 40 | 45 | 50 | 54 | 55 | 60 | 62 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 |
| P (НП) | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -9.6 | -9.7 | -9 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ |
| U (мВ) | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.068 | 0.08 | 0.095 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 167 | 170 | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 200 |
| ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | -9.3 | -9 | -9 | -9.3 | -9.2 | -9.6 | 8.4 | ∞ | ∞ | ∞ |

Известия КГТУ им. И Раззакова 46/2018

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,071 | 0,095 | 0,095 | 0,071 | 0,075 | 0,068 | 0,024 | 0 | 0 | 0 |
| 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | 230 | 235 | 240 | 245 | 250 | 255 | 260 | 265 | 270 | 275 | 280 | 285 | 290 | 295 | 300 | 300 |
| ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | 10.56 | -10.9 | -8.4 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.01 | 0.018 | 0.024 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 |

Таблица 4

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| f (кГц) | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 105 | 105 |
| P (НП) | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | -10 | -9 | -9 | -10 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ |
| U (мВ) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.035 | 0.095 | 0.095 | 0.035 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 170 | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 200 | 205 | 205 |
| ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | -10 | -10 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | -10 | -9 | -10 | -10 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.035 | 0.035 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.035 | 0.095 | 0.035 | 0.035 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 210 | 215 | 220 | 225 | 230 | 235 | 240 | 245 | 250 | 255 | 260 | 265 | 270 | 275 | 280 | 285 | 290 | 295 | 300 | 300 | 300 |
| -10 | -10 | -10 | ∞ | -10 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ |
| 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0 | 0.035 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 5

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| f (кГц) | 20 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 62 | 65 | 68 | 70 | 72 | 75 | 78 | 79 | 80 | 82 | 82 | 90 |
| P (НП) | -7.5 | -8 | -8 | -8 | -8.5 | -9 | -8.5 | -10 | -8.8 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | -9 | -8.8 | 9.3 | 9.3 | -10 |
| U _{ред} (мВ) | 0.0428 | 0.0259 | 0.0259 | 0.0259 | 0.0157 | 0.095 | 0.058 | 0.035 | 0.117 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.095 | 0.117 | 0.071 | 0.071 | 0.035 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 100 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 170 | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 200 | 200 | 200 |
| -10 | -10 | -10 | -10 | -10 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | -10 | -8.8 | -10 | -10 | -10 | -10 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ |
| 0.03 | 0.03 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.035 | 0.117 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

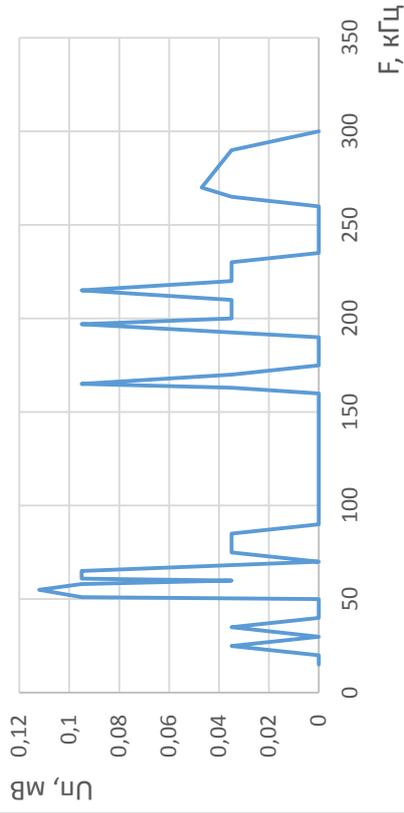


Рис.1 Уровень напряжения помех по данным табл. 1

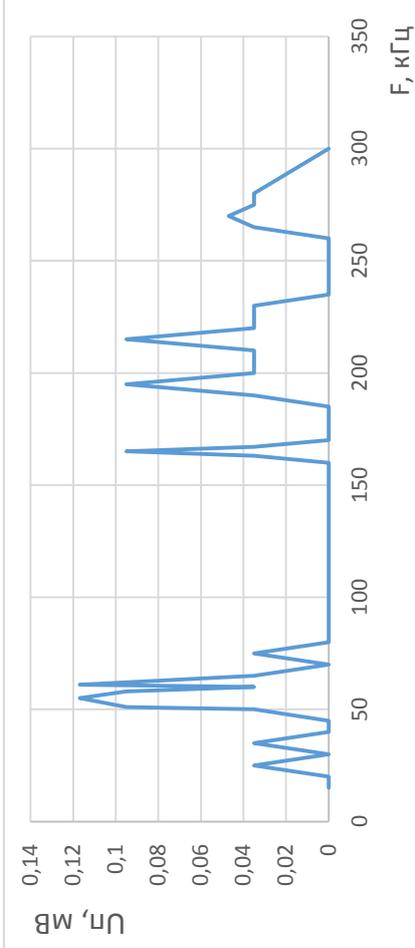


Рис.2 Уровень напряжения помех по данным табл. 2

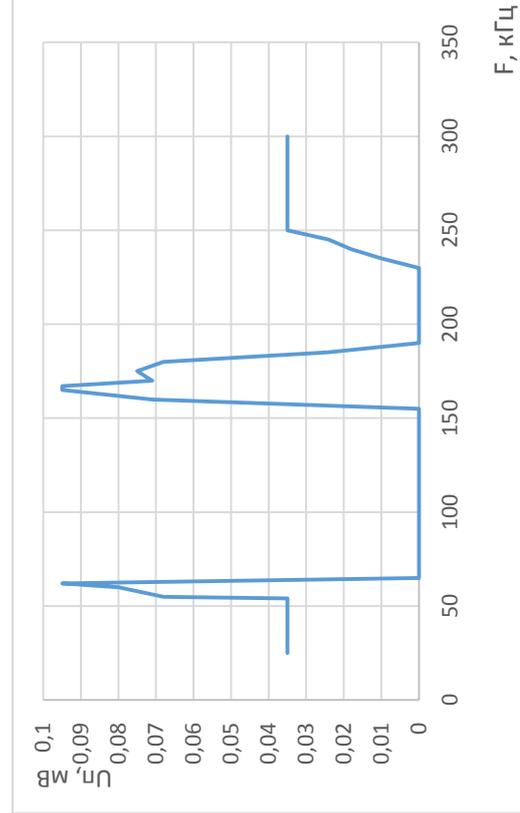


Рис.3 Уровень напряжения помех по данным табл. 3

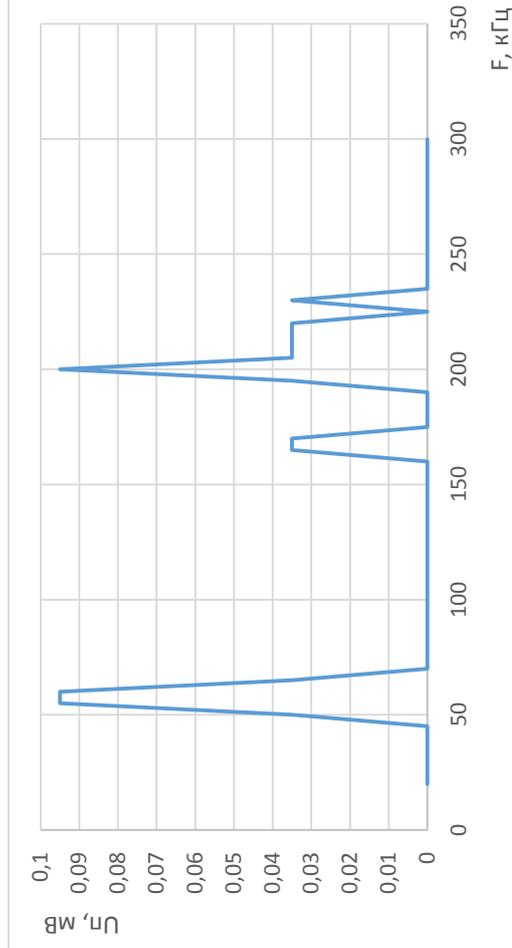


Рис.4 Уровень напряжения помех по данным табл. 4

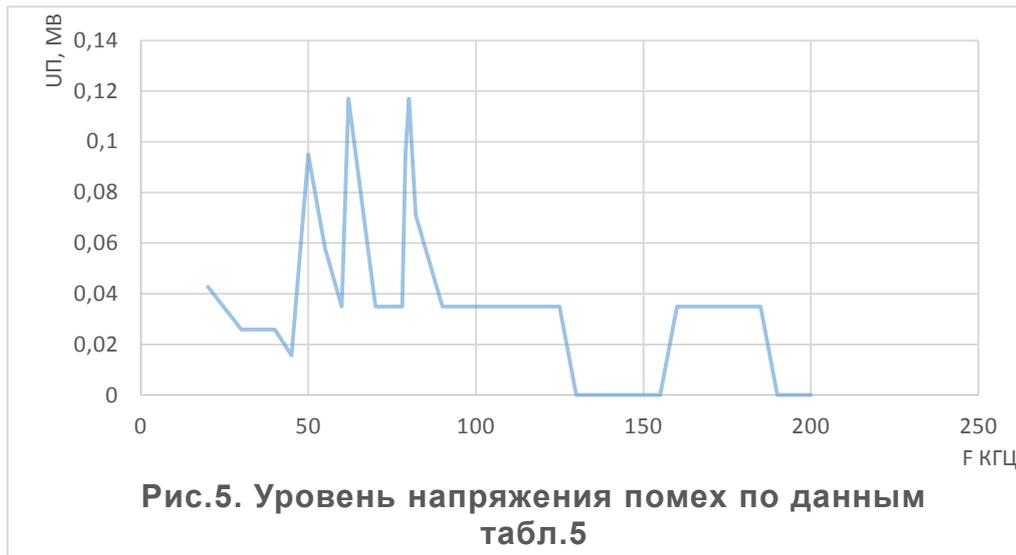


Рис.5. Уровень напряжения помех по данным табл.5

Литература

1. Модернизация шахМесто для уравниения.тной стволовой сигнализации и контроля напуска каната(отчет НИР). Тема 11/76. Инв. №618836. ФПИ. Латыпов И.Н., Фрунзе 1977г.
2. Инструктивный материал и пересчетные таблицы для перевода величины, выраженных в неперах, в дицибеллы. Связь. 1971
3. Шварц.Б.А. Двухстороняя беспроводная индуктивная связь внутри предприятия. М. Связь. 1971.
4. разработка и исследование устройства защиты шахтного подъема от напуска каната в ствол. (отчет НИР) УДК 621.86.078. № гос.регистрации 77053800. ФПИ. Латыпов И.Н., Фрунзе 1978г.

УДК 621.395.6:502.174.3

ЗАРЯДКА МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Уманова Нургиз Давлетбековна, старший преподаватель КГТУ им.И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66. e-mail: umanova.nurgiz@mail.ru

Махмутов Аманкул Махмутович, старший преподаватель КГТУ им.И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66. e-mail: aman.mahmutov@yandex.ru

Аннотация. С развитием технологий в 21м веке и усовершенствованием мобильных телефонов, мы используем с каждым разом все больше электричества для их применения. Сотовый телефон - это тот единственный гаджет, без которого не проживет ни один современный человек. К сожалению, при эффективном использовании телефона, его заряда не хватает до конца дня, да и не только телефоны – планшеты, фотоаппараты, ноутбуки, GPS-навигаторы – все требуют питания время от времени. Зарядное устройство на солнечных батареях – это универсальное изобретение человечества и палочка-выручалочка для многих случаев.

Такое устройство незаменимо в таких ситуациях: когда человек находится в отпуске, горах, путешествиях. Всем известно, что не всегда люди отдыхают в отелях или квартирах со всеми удобствами. При желании отдохнуть дикарями, слиться с природой и при этом иметь связь с цивилизацией – это мечта каждого человека. Как правило поезда, автомобили,

автобусы предполагают длительные рейсы нахождения человека в пути. Вместо экономии заряда батареи можно весь путь наслаждаться играми, чтением, делать фотографии для работы и учебы. Вместо сидения в душной комнате возле розетки можно зарядки устройств выполнить в парке или просто на лавочке около дома. Польза для здоровья и настроения.

Также важным оно является для тех, у кого иногда отсутствует возможность доступа к электричеству и не всегда есть возможность зарядить его, так как нет ближайшей розетки. Во избежание этой ситуации, уже существует «PowerBand», но и он сталкивается с этой проблемой. Использование солнечных батарей дает нам больше возможностей избежать такую ситуацию и открывает новые перспективы. Предлагаемые солнечные батареи просты в сборке и обслуживании, по сравнению с другими устройствами достаточно имеют дешевую стоимость.

Ключевые слова: солнечная энергия, солнечная батарея, мобильный телефон, солнечная панель, фотоэлектрический преобразователь.

CHARGING OF MOBILE PHONES WITH THE HELP OF SOLAR BATTERIES

Umanova Nurgiz Davletbekovna, Senior lecturer, KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, 66, Ch. Aitmatov ave., e-mail: umanova.nurgiz@mail.ru.

Mahmutov Amankul Mahmutovich, Senior lecturer, KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, 66, Ch. Aitmatov ave., e-mail: aman.mahmutov@yandex.ru.

Annotation. With the development of technology in the 21st century and the improvement of mobile phones, we are using more and more electricity each time to use of them. A cell phone is the only the gadget without which no modern person will live. Unfortunately, with effective use of the phone, its charge is not enough until the end of the day. Moreover, not only phones - tablets, cameras, laptops, GPS-navigators – all these gadgets require charging time to time. A solar-powered charger is a universal invention of humanity and is a wand for many cases.

Such a device is indispensable in such situations: when a person is on vacation, mountains, travel. Everyone knows that people do not always rest in hotels or apartments with all amenities. To have a rest savage, merge with nature and at the same time to have a connection with civilization - this is the dream of every person. As a rule, trains, cars, buses suppose long trips of a person on the way. Instead of saving battery power, you can enjoy games, reading, taking photos for work and study all the way. Instead of sitting in a stuffy room near the outlet, you can charge the devices in the park or just on the bench near the house. Benefit for health and mood.

It is also important for those who sometimes do not have access to electricity and it is not always possible to charge it, since there is no nearest outlet. To avoid this situation, there already exists a "PowerBand", but it also faces this problem. The use of solar batteries gives us more opportunities to avoid such situations and opens new prospects. The proposed solar batteries are easy to assemble and maintain, in comparison with other devices, they have a sufficient cost.

Keywords: solar energy, solar battery, mobile phone, solar panel, photoelectric converter.

Солнечная батарея — объединение фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) — полупроводниковых устройств, прямо преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток, в отличие от солнечных коллекторов, производящих нагрев материала-теплоносителя.

Различные устройства, позволяющие преобразовывать солнечное излучение в тепловую и электрическую энергию, являются объектом исследования гелиоэнергетики (от Гелиос греч. Ἥλιος, Helios — Солнце). Производство фотоэлектрических элементов и

солнечных коллекторов развивается в разных направлениях. Солнечные батареи бывают различного размера: от встраиваемых в микрокалькуляторы до занимающих крыши автомобилей и зданий.

Существуют множество уже готовых солнечных зарядок, производство которых в основном Китай, которые не сильно отличаются качеством: то тока вдвое меньше выдает, то вообще перестает функционировать через неделю, но при этом стоят они довольно дорого.

Нашей работой хотелось показать, что существует альтернатива, т.е. возможность сделать зарядное устройство из солнечной панели своими руками недорого и надежно. Требуется: солнечная панель, USB преобразователь, провода, светодиоды, USB провод.

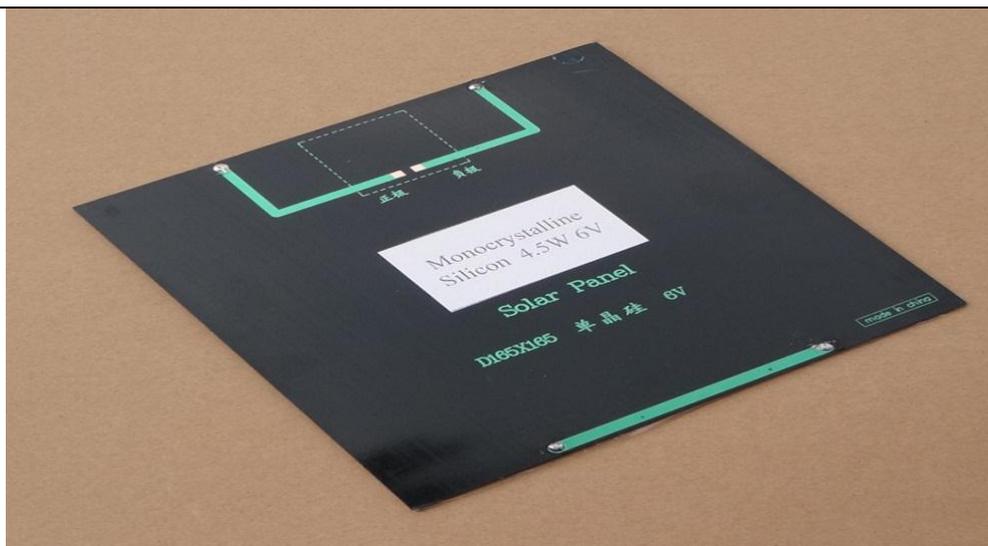
Уникальность данного универсального аккумулятора состоит в том, что он солнечный, а значит, подзаряжается от солнечных лучей. Больше не нужно волноваться, что ваш мобильный телефон, планшет или видеочамера разрядятся в неподходящий момент не имея под рукой внешний аккумулятор, Вы можете забыть об этом раз и навсегда! Подходит для зарядки iPhone, iPad, Android-смартфонов, GPS устройств, фото-/видеокамер и других гаджетов.

Имеет водонепроницаемый ударопрочный корпус с защитой от пыли, благодаря чему, данное устройство отлично подходит туристам, путешественникам, любителям походов, рыболовам и всем, кто часто отдыхает на природе.

Солнечное зарядное устройство — портативное внешнее универсальное зарядное устройство для подзарядки мобильных устройств в любое время и в любом месте. Уникальность данного универсального аккумулятора состоит в том, что аккумулятор солнечный, а значит подзаряжается от солнечных лучей. Больше не нужно волноваться, что ваш мобильный телефон, планшет или видеочамера разрядятся в неподходящий момент — имея под рукой внешний аккумулятор, Вы можете забыть об этом раз и навсегда! Подходит для зарядки iPhone, iPad, Android-смартфонов, GPS устройств, фото и видео камер и других гаджетов. Имеет водонепроницаемый ударопрочный корпус с защитой от воды и пыли, благодаря чему, данное устройство отлично подходит туристам, путешественникам, любителям походов, рыболовам и всем, кто часто отдыхает на природе.



Сначала нужно изучить свойства солнечной панели, т. к. они бывают разного вида. В нашем случае мы использовали солнечную панель Solar 13, для получения больше тока можно взять еще одну панель.



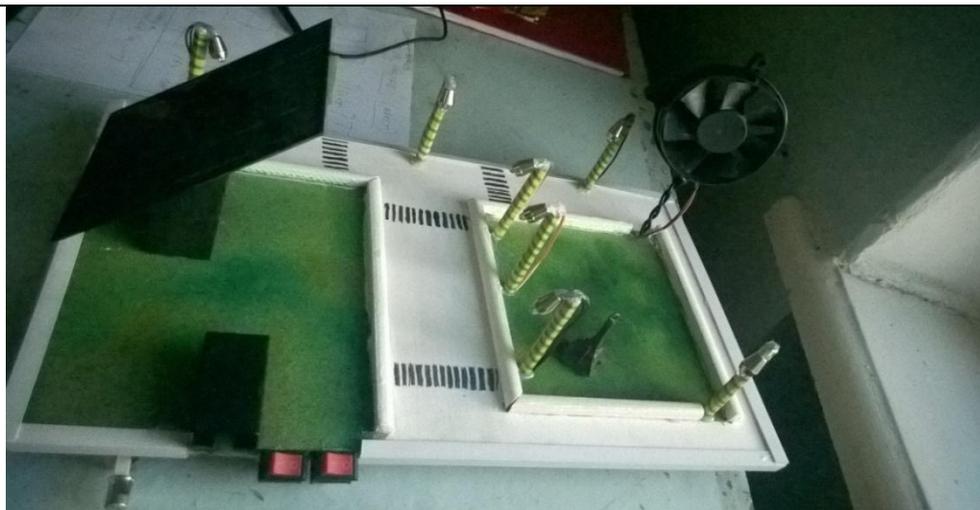
С помощью пайки соединяем проводами солнечную панель и USB преобразователь. Чтобы проверить наличие тока можем просто подсоединить светодиод, если он не загорелся, значит при соединении была совершена ошибка.



Подсоединяем через USB провод сотовый телефон, ставим солнечную панель на хорошо освещенное солнцем место и наблюдаем за процессом.



Кроме зарядного устройства и светодиодов, мы подключили вентилятор. Вентилятор на 12 Вольт заработал без заклинок, что доказывало хорошую подачу тока.



Вывод: Таким образом, мы экспериментально получили ток с помощью солнечной батареи. При прямом попадании солнечного света, светодиод, подключённый к панели, горел намного ярче, чем при непрямом освещении. Из этого следует, что при прямом контакте с солнцем панель вырабатывает больше тока. Вы можете заряжать телефон находясь на природе, за городом, в движении и т.д. Этот способ не только удобный, но и экологичный.

Список литературы

1. Альтернативные источники энергии и энергосбережение, Германович В., Турилин А. Санкт-Петербург: Наука и техника, 2014.
2. Альтернативная энергетика без тайн, Стэн Гибилиско. Перевод с английского. – Москва: Эксмо-Пресс, 2010.
3. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции, Кашкаров А.П. Москва: ДМК Пресс, 2011.
4. Перспективы возобновляемой энергетика, Дизендорф А.В., Усков А.Е., Научный журнал КубГАУ, №114(10), 2015 г.
5. Перспективы развития возобновляемой энергетика, Стребков Д.С., журнал: Труды международной научно-технической конференции энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве, 2012 г.
6. Солнечная энергетика. Методы расчетов, В.И.Виссарионов, Г.В.Дерюгина, В.А.Кузнецова, Н.К.Малинин. Москва: «Солнечная энергетика» МЭИ, 2008.
7. Солнечная энергия – энергия будущего, Павлов Н., Электроника: наука, технология бизнес, №1(123), 2013г.
8. Сооружение солнечных коллекторов для горячей воды (Практическое руководство), Регина Дрексель, Ростов Гамисония. Перевод с немецкого. 2010.
9. <http://nauchniestati.ru/blog/kak-napisat-nauchnyu-statyu>.
10. <https://ru.wikipedia.org>.

Bibliography

1. Alternative energy sources and energy saving, V. Germanovich, A. Turilin St. Petersburg: Science and technology, 2014.
2. Alternative energy no secrets, Stan, Gibilisco. English translation. - Moscow: Eksmo-Press, 2010.
3. Wind generators, solar panels and other useful structures, A. p. Kashkarov Moscow: DМК Press, 2011.

4. Prospects for renewable energy, Dizendorf AV, Uskov AE, Scientific Journal of KubSU, No. 114 (10), 2015.

5. Prospects for the development of renewable energy, Strebkov DS, Journal: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference Energy Supply and Energy Saving in Agriculture, 2012.

6. Solar energy. Methods of calculations, V. I. Vissarionov, G. V. Deryugin, V. A. Kuznetsova, N. K. Malinin. Moscow: "Solar energy" Moscow power engineering Institute, 2008.

7. Solar energy - the energy of the future, Pavlov N., Electronics: science, technology business, №1 (123), 2013г.

8. Construction of solar collectors for hot water (Practical guide), Drexel Region, the growth of gamison. translation from German. 2010.

9. <http://nauchniestati.ru/blog/kak-napisat-nauchnyu-statyu>.

10. <https://ru.wikipedia.org>.

УДК 537.527

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИНАМИКИ И КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ОТКРЫТОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГЕ ВО ВНЕШНЕМ АКСИАЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Урусова Индира Руслановна, к.ф.-м.н., и.о.доцента КГЮА, Кыргызстан, 720001, г.Бишкек, пр. Чуй 180А. Тел: 0700 54-02-02, e-mail: moon4ik_29@mail.ru, ORCID ID 0000-0003-2898-1069

Аннотация. В рамках нестационарной трехмерной модели проведено моделирование открытой электрической дуги, которая горит во внешнем аксиальном однородном магнитном поле. Предложен модифицированный «схемный» аналог флуктуаций для температуры электронов. «Схемный» аналог позволяет численно реализовать винтовую пространственную форму открытой электрической дуги постоянного тока, горящей во внешнем аксиальном магнитном поле. По результатам расчетов установлено, что столб открытой электрической дуги принимает винтовую пространственную форму и совершает вращение вокруг продольной оси. Направление вращения плазмы вблизи катода и анода является противоположным друг другу.

В поперечных сечениях дуги скорость вращения плазмы неодинаковая, а величина отклонения одного и того же участка дуги от центральной оси изменяется во времени.

Если направление внешнего аксиального магнитного поля совпадает с аксиальным направлением течения электрического тока, тогда пространственная ориентация винтовой дуги как целого является правовинтовой. Правовинтовая структура дуги формируется направлением вращения потоков плазмы.

Винтовая форма открытой дуги не является постоянной и изменяется во времени. По-видимому, открытая дуга во внешнем аксиальном магнитном поле не может сохранять стабильную и неизменную винтовую форму.

Ключевые слова: открытая электрическая дуга, внешнее аксиальное магнитное поле, численное моделирование, винтовая форма столба дуги.

PECULIARITIES OF HYDRODYNAMICS AND CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN OPEN ELECTRIC ARC IN EXTERNAL AXIAL MAGNETIC FIELD

Urusova Indira Ruslanovna, PhD (Physics), Associate Professor of KSLA, Kyrgyzstan, 720001, c.Bishkek, Chui Avenue 180A. Phone: 0700 54-02-02, e-mail: moon4ik_29@mail.ru, ORCID ID 0000-0003-2898-1069

Abstract. In the framework of a nonstationary three-dimensional model, an open electric arc is simulated, which burns in an external axial magnetic field. A modified "schematic" analog of the fluctuations for the electron temperature is proposed. The "schematic" analog allows numerically to realize the helical spatial form of an open electric arc of a direct current burning in an external axial magnetic field. According to the results of calculations it is established that the column of the open electric arc assumes a helical spatial form and rotates about the longitudinal axis. The direction of rotation of the plasma near the cathode and the anode is opposite to each other.

In the cross sections of the arc, the rotation speed of the plasma is not the same, and the magnitude of the deviation of the same section of the arc from the central axis changes with time.

If the direction of the external axial magnetic field coincides with the axial direction of the current flow, then the spatial orientation of the helical arc as a whole is right-handed. The right-handed structure of the arc is formed by the direction of rotation of the plasma streams.

The helical shape of the open arc is not constant and varies with time. Apparently, an open arc in an external axial magnetic field can not maintain a stable and unchanged helical shape.

Keywords: open electric arc, external axial magnetic field, numerical modeling, helical shape of arc.

Введение. Электродуговой разряд во внешнем аксиальном магнитном поле находит широкое применение в различных областях науки и техники [14, 10, 7] и вызывает научный и практический интерес [5, 12, 6, 2, 1]. Известно, что протяженная электрическая дуга длиной в несколько сантиметров и более может отклоняться от цилиндрической симметрии и принимать винтовую форму [8, 9, 4].

В работах [3, 13] выполнен численный расчет характеристик электрической дуги постоянного тока, горящей в цилиндрическом канале в однородном внешнем аксиальном магнитном поле.

Целью настоящей работы является численное моделирование открытой электрической дуги постоянного тока, горящей во внешнем аксиальном магнитном поле.

Постановка задачи и математическая модель. Рассчитывается открытая электрическая дуга постоянного тока I длиной L в аргоне атмосферного давления в однородном внешнем аксиальном магнитном поле H_x^{Ext} (рис.1). Катодом и анодом являются цилиндрические графитовые стержни одинаковым радиусом $r_c = r_a$.

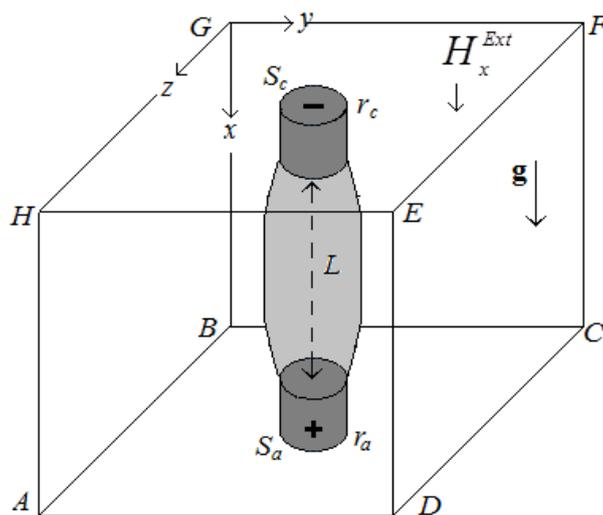


Рис.1. Схема расчетной области в виде прямоугольного параллелепипеда $ABCDEFGH$ в декартовых координатах x, y, z для открытой электрической дуги с цилиндрическим катодом (-) и анодом (+). Пунктирная линия - - - центральная ось дуги.

Нестационарную трехмерную систему уравнений электрической дуги в приближении модели ЧЛТР плазмы запишем в виде [3, 13]:

уравнение непрерывности газа тяжелых частиц

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{V}) = 0, \quad (1)$$

уравнение непрерывности газа электронов

$$\frac{\partial N_e}{\partial t} + \text{div}(N_e \mathbf{V}_e) = R_e, \quad (2)$$

уравнение сохранения энергии газа электронов

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{3}{2} k_B T_e N_e \right) + \text{div} \left(\frac{5}{2} k_B T_e N_e \mathbf{V}_e \right) = \text{div}(\lambda_e \text{grad} T_e) + \mathbf{j}^2 / \sigma - \psi - B(T_e - T) - U_i R_e, \quad (3)$$

уравнение сохранения энергии газа тяжелых частиц:

$$\frac{\partial}{\partial t} \frac{3}{2} k_B T (N_i + N_a) + \text{div} \left[\frac{5}{2} k_B T (N_i + N_a) \mathbf{V} \right] = \text{div}(\lambda \text{grad} T) + B(T_e - T), \quad (4)$$

уравнение баланса импульса газа вдоль осей координат x, y, z :

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{V} u) = \text{div}(\mu \text{grad} u) - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu_0 (\mathbf{j} \times \mathbf{H})_x + s_x + (\rho - \rho_\infty) \mathbf{g}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{V} v) = \text{div}(\mu \text{grad} v) - \frac{\partial P}{\partial y} + \mu_0 (\mathbf{j} \times \mathbf{H})_y + s_y, \quad (6)$$

$$\frac{\partial \rho w}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{V} w) = \text{div}(\mu \text{grad} w) - \frac{\partial P}{\partial z} + \mu_0 (\mathbf{j} \times \mathbf{H})_z + s_z, \quad (7)$$

уравнения Максвелла:

$$\text{rot} \mathbf{E} = 0, \quad \text{rot} \mathbf{H} = \mathbf{j}, \quad \text{div} \mathbf{H} = 0, \quad (8)$$

закон Ома в обобщенной форме

$$\mu_0 (\mathbf{V}_e \times \mathbf{H}) + \mathbf{E} = \mathbf{j} / \sigma + (\mu_0 (\mathbf{j} \times \mathbf{H}) - \text{grad} P_e) / q_e N_e, \quad (9)$$

закон Дальтона

$$P / k_B T = N_i + N_a + N_e T_e / T. \quad (10)$$

Принято, что электродуговая плазма является однократно ионизованной, квазинейтральной, течение ламинарное, дозвуковое, излучение объемное; вязкой диссипацией энергии пренебрегается, приэлектродные процессы не рассматриваются. При записи уравнений использованы общепринятые обозначения [3, 13].

Коэффициенты переноса и теплофизические свойства неравновесной аргоновой плазмы рассчитываются в соответствии с методикой [15].

Электромагнитная часть задачи решается в переменных $\varphi - \mathbf{A}$, где φ – скалярный потенциал электрического поля $\mathbf{E} = -\text{grad} \varphi$, \mathbf{A} – векторный потенциал магнитного поля, связанный с \mathbf{H} соотношением $\text{rot} \mathbf{A} = \mathbf{H}$.

Метод численного решения уравнений. Следуя методике [11] система уравнений (1–10) после несложных преобразований записывается в виде обобщенного уравнения, дифференциальная форма записи которого имеет следующий вид:

$$\frac{\partial \alpha \Phi}{\partial t} + \frac{\partial \beta r u \Phi}{\partial x} + \frac{\partial \beta r v \Phi}{\partial y} + \frac{\partial \beta r w \Phi}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\gamma \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right) + \delta \quad (11)$$

где Φ – одна из неизвестных: $N_e, T_e, T, u, v, w, \varphi, A_x, A_y, A_z$. Значения коэффициентов $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ зависят от смысла переменной Φ .

Численное решение обобщенного дифференциального уравнения (11) проводится методом конечных разностей, конечно-разностная аппроксимация осуществляется методом контрольного объема по неявной разностной схеме, динамические переменные «скорость–давление» рассчитываются в рамках алгоритма SIMPLE'R [11]. Граничные и

начальные условия для решения уравнений детально изложены в [3, 13].

В настоящей работе для расчета открытой электрической дуги во внешнем аксиальном магнитном поле используется модифицированный «схемный» аналог флуктуаций для температуры электронов [13]. Для каждой узловой точки и окружающих ее четырех соседних точках в плоскости $y-z$ «схемный» аналог флуктуаций температуры электронов дуговой плазмы определяется следующими условиями:

$$\begin{cases} \text{если } T_e < T_\sigma & \text{тогда } T_e = T_e^{\min} \\ \text{если } T_e \geq T_\sigma & \text{тогда } T_e = T_e \end{cases} \quad (15)$$

В настоящей работе используются значения $T_\sigma = 3,5$ кК и $T_e^{\min} = 3$ кК.

Обсуждение результатов расчета. Рассчитывается открытая электрическая дуга силой тока $I = 40$ А и длиной $L = 30$ мм, горящая в однородном внешнем аксиальном магнитном поле величиной $H_x^{Ext} = 10$ кА/м (см. рис.1). Рассматриваются графитовые электроды с торцевой токоведущей поверхностью одинакового радиуса $r_c = r_a = 1$ мм.

Расчеты проводятся на прямоугольной сетке с постоянным и одинаковым шагом во всех направлениях $\Delta = \Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.5$ мм, значение временного шага равно $\tau = 10^{-4}$ с.

Вначале до выхода характеристик дуги на стационарный режим, расчет проводится без внешнего аксиального магнитного поля, т.е. $H_x^{Ext} = 0$. На рис.2а показана картина течения плазмы в вертикальной плоскости $x-z$ к моменту времени $t = 35$ мс, когда уже достигнут стационарный режим горения дуги. На рис.2б. приведено расчетное распределение пространственной формы столба дуги.

Поясним, что для графического изображения расчетных характеристик используется пакет Wolfram Mathematica. Отсчет в направлении оси x ведется от поверхности катода (-), отсчет в направлениях осей y, z ведется от центральной оси (см. рис.1).

На рис.2б и последующих рисунках форма столба дуги является 3D-поверхностью, ограниченной значением температуры $T = 3$ кК. Направление обзора 3D-столба дуги выбрано перпендикулярным плоскости $x-z$. Из рисунка видно, что столб дуги является осесимметричным, и имеет плазменный диск в среднем сечении при $x \approx 15$ мм.

В дальнейшем, начиная с момента времени $t = 35$ мс принято, что дуга горит в однородном внешнем аксиальном магнитном поле величиной $H_x^{Ext} = 10$ кА/м. На рис.3 показана эволюция пространственной формы столба дуги на интервале времени $\Delta t = 35.5 \div 37$ мс. Видно, что столб дуги деформируется и за относительно короткий промежуток времени $\Delta t \approx 2$ мс принимает четко выраженную винтовую форму. При этом участки дуги, прилегающие к электродам на расстоянии около 5 мм, деформируются весьма незначительно. Этот результат согласуется с экспериментом [9], что в продольном магнитном поле сам столб дуги является неустойчивым.

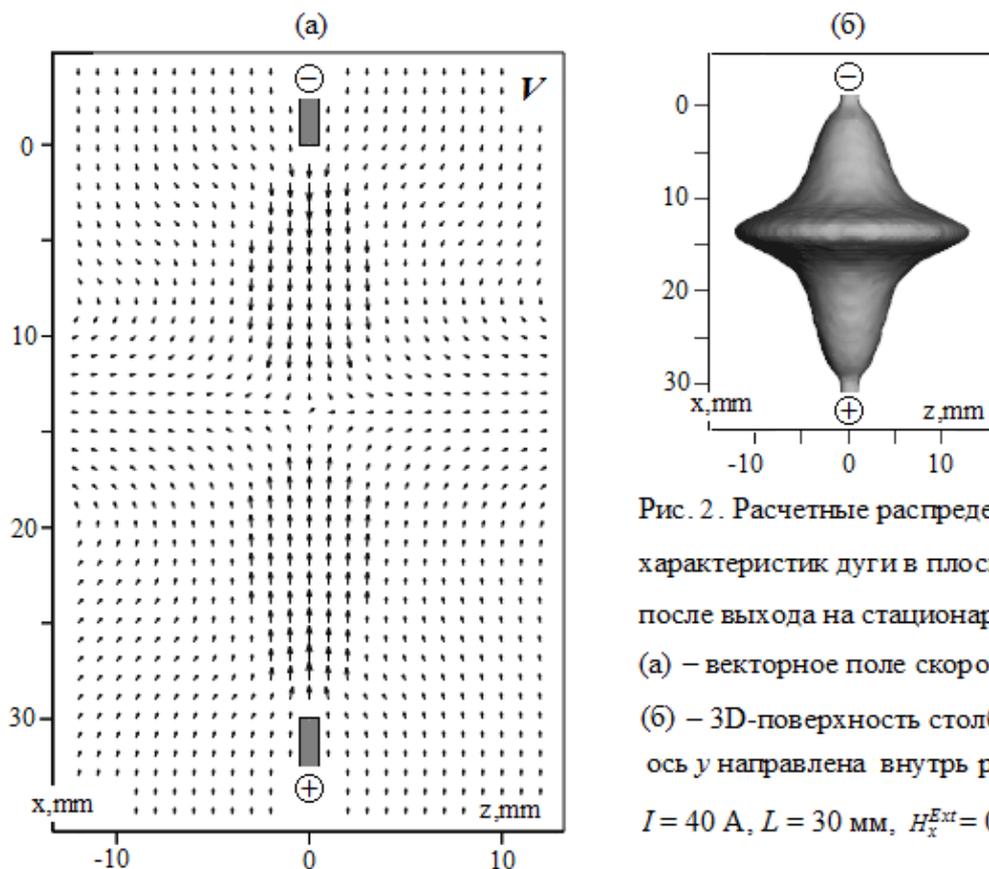


Рис. 2. Расчетные распределения характеристик дуги в плоскости $x-z$ после выхода на стационарный режим: (а) – векторное поле скорости V , (б) – 3D-поверхность столба дуги, ось y направлена внутрь рисунка. $I = 40 \text{ А}$, $L = 30 \text{ мм}$, $H_x^{Ext} = 0$.

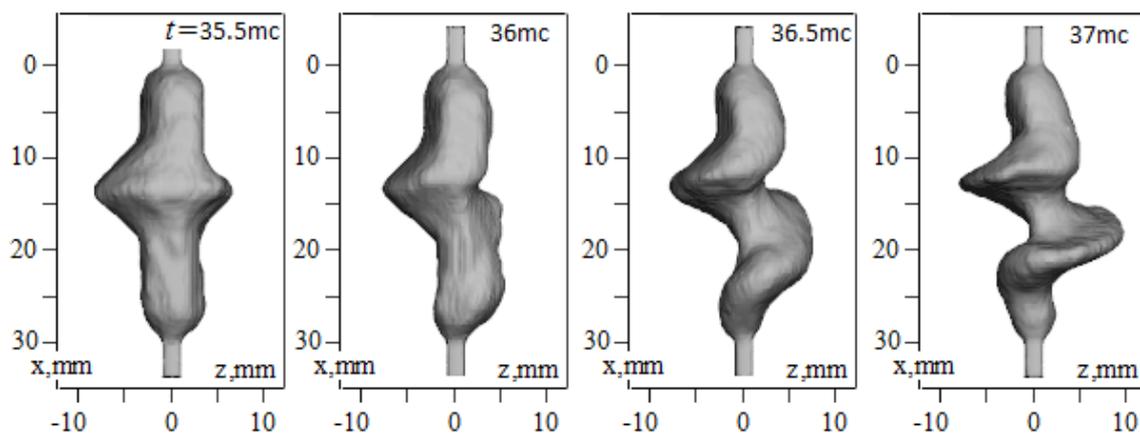


Рис. 3. Изменение формы столба дуги на интервале времени $\Delta t = 35.5 \div 37 \text{ мс}$. $I = 40 \text{ А}$, $L = 30 \text{ мм}$, $H_x^{Ext} = 10 \text{ кА/м}$.

Анализ результатов показывает, что винтовая форма дуги формируется особенностями конвективного переноса тепла потоками плазмы. Векторное поле скорости V плазмы в вертикальном сечении $x-z$, а также вблизи катода и анода в поперечном сечении $y-z$ показано на рис.4. Видно, что наряду с аксиальным потоком плазмы (рис.4а) имеет место вращательное движение плазмы вокруг продольной оси дуги (рис.4б,в). При этом само вращение плазмы в поперечных сечениях дуги не является осесимметричным. Вращательное движение происходит в результате воздействия силы Ампера $F_A \sim (\mathbf{j} \times \mathbf{H})$ на токопроводящую плазму. Линейная скорость вращательного движения соизмерима со скоростью аксиального потока и достигает около 35 м/с. Отсутствие осевой симметрии гидродинамического течения плазмы обусловлено воздействием «схемного» аналога флуктуаций (15), который генерирует случайным образом асимметрию распределения температуры электронов и

других характеристик дуги. При этом в различных поперечных сечениях дуги скорости вращения плазмы отличаются друг от друга. В результате воздействия этих факторов возникает не осесимметричная деформация столба дуги, и дуга принимает винтовую форму.

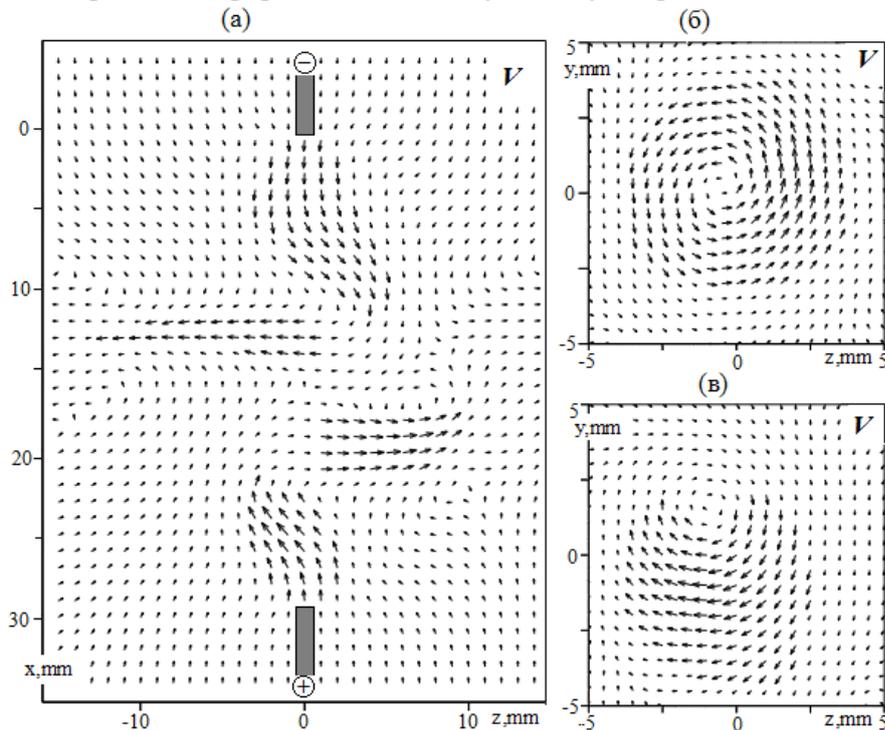


Рис.4. Центральные фрагменты векторного поля скорости V газа: (а) – в вертикальном сечении x - z . (б) – в поперечном сечении y - z на расстоянии 5 мм от катода (-), (в) – в поперечном сечении y - z на расстоянии 5 мм от анода (+) (ось x направлена внутрь рисунка). $t = 37$ мс.

Если направление внешнего аксиального магнитного поля совпадает с аксиальным направлением течения электрического тока, тогда пространственная ориентация винтовой дуги как целого (см. рис.3) является правовинтовой (по часовой стрелке). Правовинтовая структура дуги формируется направлением вращения потоков плазмы.

В области катода столб дуги вниз по потоку несколько расширяется (см. рис.2). В этом случае радиальная компонента плотности электрического тока j направлена от центральной оси дуги к периферии (рис.5а). Напомним, что в математической модели за направление электрического тока принято направление движения электронов от катода (-) к аноду (+).

Взаимодействие радиальной компоненты плотности тока с внешним аксиальным магнитным полем порождает силу Ампера F_A , направленную в поперечном сечении y - z по касательной к столбу дуги против часовой стрелки (рис.5б) (правило левой руки). В результате аксиальный поток дуговой плазмы совершает вращательное движение против часовой стрелки (см. рис.4б). Такой характер течения плазмы вблизи катода и направление теплопереноса обуславливает правовинтовую ориентацию дуги.

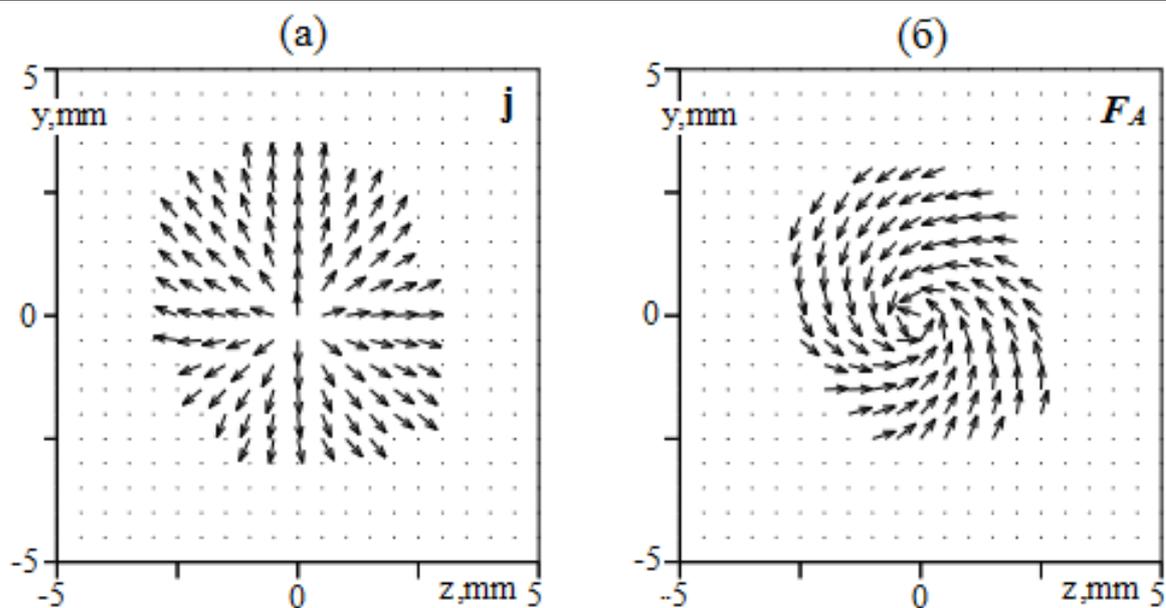


Рис.5. Векторные поля: (а) – плотности электрического тока \mathbf{j} , (б) – силы Ампера F_A в поперечном сечении y - z на расстоянии 5 мм от катода. (ось x направлена внутрь рисунка). $t = 37$ мс.

По мере приближения к аноду столб дуги и радиальная компонента плотности электрического тока направлена от периферии к центральной оси дуги. Воздействие силы Ампера приводит дуговую плазму во вращательное движение по часовой стрелке (см. рис.4в). Подобный характер течения и направление теплопереноса вблизи анода формирует правовинтовую ориентацию дуги.

Анализ результатов показывает, что вращение плазмы вблизи электродов (см. рис.4б,в) сопровождается конвективным теплопереносом и обуславливает вращение теплового поля дуги. На рис.6. показано распределение температуры T плазмы в различные моменты времени t в различных поперечных сечениях дуги. Видно, что вращательное движение дуговой плазмы обладает рядом особенностей. Во-первых, направление вращения плазмы вблизи электродов является противоположным друг другу. Вращение теплового поля дуги на расстояниях 5 мм и 10 мм от катода происходит против часовой стрелки (см. рис.6а,б). Однако вблизи анода наблюдается противоположное направление вращения – по часовой стрелке (см. рис.6в,г). Такое направление теплопереноса вблизи электродов обусловлено характером течения плазмы (см. рис.4б,в) в результате силы Ампера.

Вторая особенность состоит в том, что в поперечных сечениях дуги скорость вращения плазмы неодинаковая. Например, на интервале времени $\Delta t = 58 \div 60$ мс на расстоянии 5 мм от катода (см. рис.6а) тепловое поле дуги совершает примерно один оборот. Однако, на расстоянии 10 мм от катода (см. рис.6б) период обращения уже несколько меньше. Примерно такая же ситуация с различной скоростью вращения наблюдается на участке дуги со стороны анода (см. рис.6в,г).

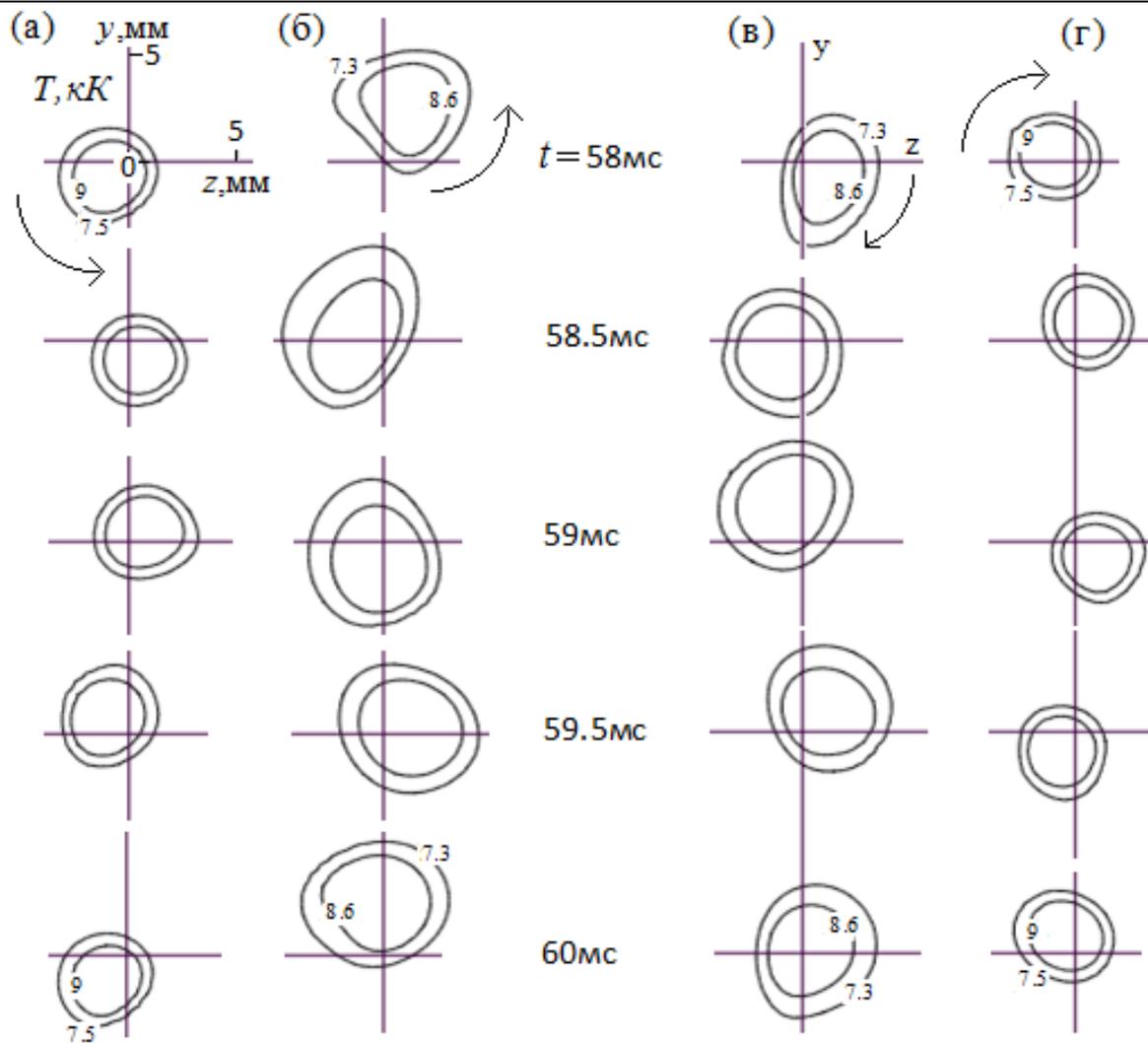


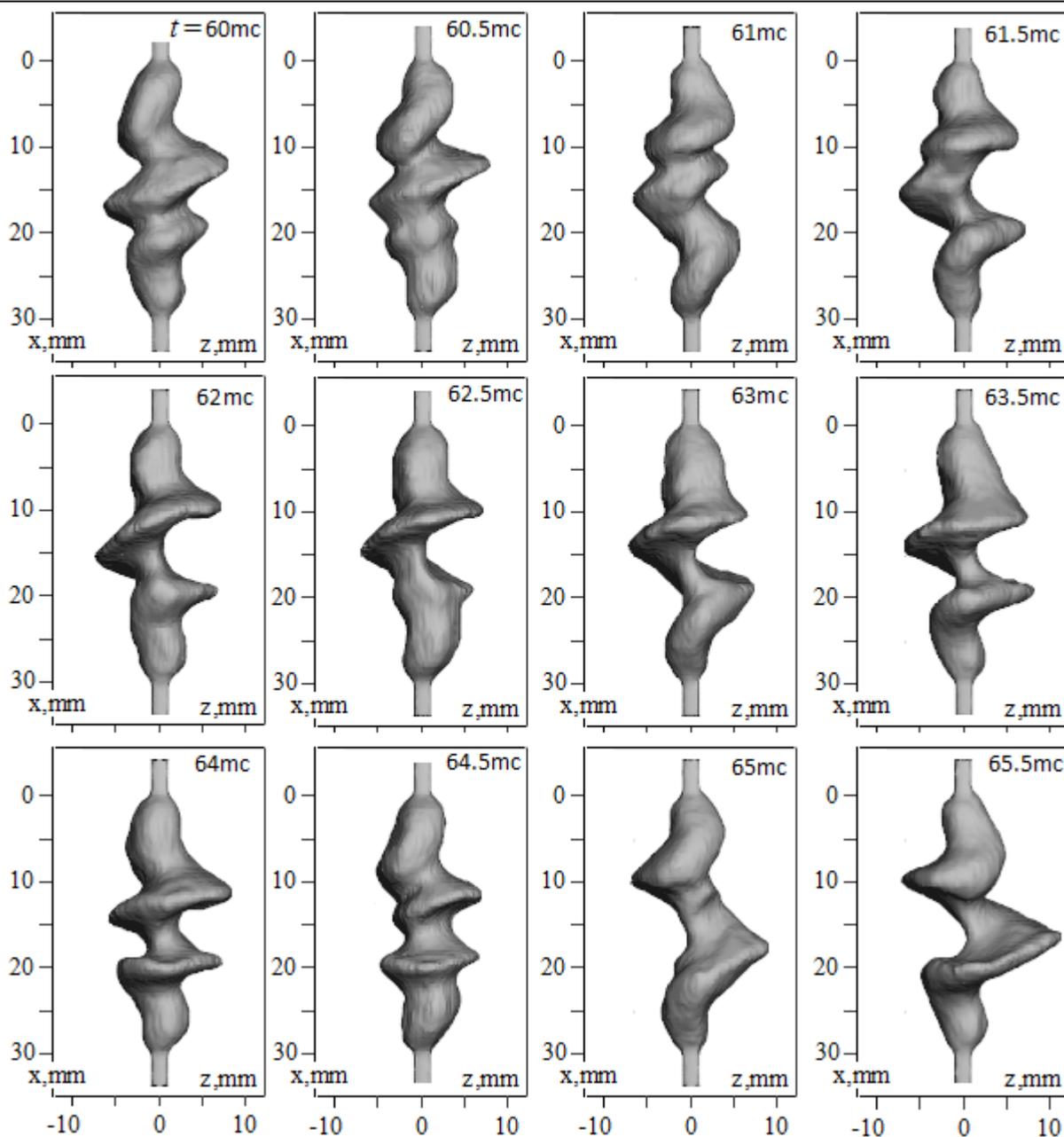
Рис.6. Распределение температуры T дуги в различные моменты времени t в различных поперечных сечениях y - z : столбец (а) – 5мм от катода, (б) – 10мм от катода, (в) – 10мм от анода, (г) – 5мм от анода. Стрелками указано направление вращения.

Третья особенность вращательного движения плазмы состоит в том, что величина отклонения одного и того же участка дуги от центральной оси неодинаковая во времени.

Перечисленные факторы приводят к тому, что винтовая форма дуги как целого не является постоянной и изменяется во времени (рис.7). При этом какая-либо явная закономерность изменения винтовой формы дуги не прослеживается.

Отметим, что по результатам расчета [3] винтовая дуга в канале занимает фиксированное положение и не вращается.

Можно предположить, что для открытой электрической дуги, горящей во внешнем аксиальном магнитном поле, стабильная винтовая форма на практике не реализуется.

Рис.7. Эволюция формы столба дуги на интервале времени $\Delta t = 60 \div 65.5$ мс.

Заключение. Выполнено численное моделирование открытой электрической дуги постоянного тока, горящей во внешнем аксиальном магнитном поле.

По результатам расчетов установлено, что столб открытой электрической дуги принимает винтовую пространственную форму и совершает вращение вокруг продольной оси. Направление вращения плазмы вблизи катода и анода является противоположным друг другу.

В поперечных сечениях дуги скорость вращения плазмы неодинаковая, а величина отклонения одного и того же участка дуги от центральной оси изменяется во времени.

Винтовая форма открытой дуги не является постоянной и изменяется во времени. По-видимому, открытая дуга во внешнем аксиальном магнитном поле не может сохранять стабильную и неизменную винтовую форму.

Список литературы

1. H.G. Hulsmann and J. Mentel, The helical magnetic instability of arcs in an axial magnetic field treated by a linear time dependent perturbation theory, Phys. Fluids 39 (7), 1987. P.2274-2279.
2. M. Baeva and D. Uhrlandt, Non-equilibrium simulation of the spatial and temporal behavior of a magnetically rotating arc in argon, Plasma Sources Sci. Technol., 2011, Vol. 20, No. 3, P. 035008-1–035008-10.
3. R. M. Urusov and I. R. Urusova Numerical simulation of a helical shape electric arc in the external axial magnetic field // Physics of Plasmas 23, 103502 (2016); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4964281>
4. Артемов В.И., Левитан Ю.С., Синкевич О.А. Неустойчивости и турбулентность в низкотемпературной плазме. М: Московский энергетический институт. 1994. 402 с.
5. Асиновский Э.И., Кузьмин А.К., Пахомов Е.П. Измерение геометрических параметров винтовой дуги // ТВТ. 1980. Т. 18. № 1. С. 9.
6. Ганефельд Р.В. О винтовой неустойчивости дугового разряда в литиевой плазме // ТВТ, 2000. Т. 38. № 3. С. 507.
7. Лебедев А.Д., Урюков Б.А., Энгельшт В.С. и др. Низкотемпературная плазма. Т. 7. Сильноточный дуговой разряд в магнитном поле. Новосибирск: Наука, 1992. 267 с.
8. Меккер Г. Причины движения и смещения дуги // ТИИЭР. – 1971.– Т. 59, № 4. – С. 4–14.
9. Ментель Ю. Магнитная неустойчивость электрической дуги // Теория электрической дуги в условиях теплообмена. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1977. – С. 182–204.
10. Новиков О.Я. Устойчивость электрической дуги. Л.: Энергия, 1978. 160 с.
11. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. 146 с.
12. Синкевич О.А. Нелинейная теория винтовой неустойчивости электрической дуги во внешнем магнитном поле // ДАН. 1985. Т. 280. № 1. С. 99.
13. Урусов Р.М., Урусова И.Р. Численное моделирование винтовой формы электрической дуги во внешнем аксиальном магнитном поле // Теплофизика высоких температур, 2017, том 55, № 5, с. 661-668.
14. Финкельнбург В., Меккер Г. Электрические дуги и термическая плазма. М.: Иностранная литература, 1961. 370 с.
15. Энгельшт В.С., Гурович В.Ц., Десятков Г.А. и др. Низкотемпературная плазма. Т. 1. Теория столба электрической дуги. Новосиб.: Наука, 1990. 374 с.

УДК 621.3.017.1(575.22)

**АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ОАО
«ОШЭЛЕКТРО»**

Шведов Галактион Владимирович, к.т.н., доцент, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия, 111250, г.Москва, ул. Красноказарменная 17. Тел: +7(905)-597-00-03, e-mail: shvedovgv@mpei.ru, код: orcid.org/0000-0002-2308-672X

Маматеминов Талантбек Белекович, магистр, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия, 111250, г.Москва, ул. Красноказарменная 17. Тел: +(996)708-101-044, e-mail: 545692k_u@mail.ru, код: orcid.org/0000-0003-3114-8860

Аннотация. В данной статье на примере пяти фидеров, отходящих от одного центра питания, описывается моделирование, расчет и анализ технических потерь электроэнергии в сельских распределительных электрических сетях 6-10 кВ с.Отуздыр Карасуйкого района Ошской области Кыргызстана. На основе анализа разрабатываются мероприятия по снижению потерь электроэнергии.

Ключевые слова: потери электроэнергии, энергоэффективность, метод средних нагрузок, мероприятия по снижению потерь, трансформаторы из аморфной стали.

ANALYSIS OF LOSS OF ELECTRICITY IN ELECTRIC NETWORKS OJSC "OSHELECTRO"

Shvedov Galaktion Vladimirovich, Ph.D., Associate Professor, National Research University "MPEI", Russia, 111250, Moscow, ul. Krasnokozarnennaya 17. Phone: +7 (905) -597-00-03, e-mail: shvedovgv@mpei.ru, code: orcid.org/0000-0002-2308-672X

Mamateminov Talantbek Belekovich, Ph.D. student, R National Research University "MPEI", Russia, 111250, Moscow, ul. Krasnokozarnennaya 17. Phone: +7 (985) -783-48-36, e-mail: 545692k_u@mail.ru, code: ORCID /0000-0003-3114-8860

Annotation. In this article, on the example of five feeders outgoing from one centre of power, describes the modeling, calculation and analysis of technical energy losses in rural distribution networks of 6-10 kV S. Otuzadyr Karasunogoh district of Osh region of Kyrgyzstan. On the basis of the analysis, measures to reduce energy losses are developed.

Key words: energy losses, energy efficiency, medium load method, loss reduction measure, amorphous steel transformers.

Введение. Фактическая величина потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях Республики Кыргызстан в настоящее время существенно превышает максимально допустимые значения, не смотря на то, что в период с 2005 г. по 2015 г. в ОАО «Северэлектро», «Жалалабатэлектро», «Ошэлектро», «Востокэлектро» потери электроэнергии снизились с 34% до 15% [1]. Это связано с изношенностью электрических сетей; неоптимальными режимами работы; недостаточной компенсацией реактивной мощности; высокой неравномерностью графиков электрических нагрузок; неэффективностью систем учета электроэнергии; отсутствием нормативно-правовых актов и программ по снижению потерь электроэнергии.

Однако в Республике Кыргызстан не структурируют потери электроэнергии по классам напряжения, определяя фактические потери электроэнергии в электрических сетях 0,4–35 кВ в целом. Это делает невозможным полноценный анализ потерь электроэнергии.

Целью данной работы является расчет и анализ технических потерь электроэнергии в сельских распределительных электрических сетях 10 кВ ОАО «ОшЭлектро» и разработка мероприятий по их снижению.

В качестве объекта исследования были выбраны пять фидеров 10 кВ, которые отходят от подстанции 35/10 кВ Отуздыр (5 фидеров) РЭС Карасуу ОАО «ОшЭлектро». Суммарная протяженность линии электропередачи составила 31,23 км, причем все линии электропередачи выполнены в воздушном исполнении, суммарная мощность трансформаторов составила 13594 кВА, в том числе на балансе сетевой организации 8702 кВА [9].

Метод расчета потерь электроэнергии. Моделирование, расчет и анализ потерь электроэнергии выполнялся в программе РАП-10-ст. Программа РАП-10-ст предназначена для расчета и анализа потерь электроэнергии и режимов напряжения в разомкнутых

электрических сетях напряжением 6-20 и 0,4 кВ [2].

Учитывая имеющийся объем информации для расчета потерь электроэнергии в электрических сетях РЭС «Карасуу» ОАО «ОшЭлектро», наиболее приемлемым методом расчета потерь электроэнергии является метод средних нагрузок [3].

Согласно данному методу по известному отпуску электроэнергии вычисляют среднюю нагрузку в узлах сети:

$$P_{cp} = \frac{W}{T} \quad (1)$$

где W - переданная энергия за расчетный интервал времени T .

В результате расчета установившегося режима работы сети определяют потери активной мощности в сети при средних за расчетный интервал нагрузках узлов:

$$\Delta P_{cp} = \frac{P_{cp}^2}{U^2 \cdot (\cos \varphi_{cp})^2} R$$

где U - номинальное напряжение электрической сети; $\cos \varphi$ - коэффициент мощности сети; R - активное сопротивление сети.

Выражение для расчета потерь электроэнергии методом средних нагрузок за расчетный интервал T запишется как [3]

$$\Delta W_n = k_l k_k \Delta P_{cp} T k_\phi^2 \quad (3)$$

где k_ϕ^2 - коэффициент формы графика нагрузки за расчетный период; k_l – коэффициент, учитывающий влияние потерь в арматуре ВЛ (поддерживающие зажимы, гасители вибрации, дистанционные распорки) и принимаемый равным 1,02 для линий напряжением 110 кВ и выше и равным 1,0 для линий более низких напряжений; k_k – коэффициент, учитывающий различие конфигураций графиков активной и реактивной нагрузки различных ветвей сети и принимается равным 0,99.

Как правило, расчетный интервал принимают равным одному месяцу, а потери электроэнергии за год рассчитывают как сумма 12 значений, вычисленных для каждого месяца в году.

Коэффициент формы графика нагрузки за расчетный интервал равный одному месяцу определяется через значения коэффициента формы суточного графика $k_{\phi.c}^2$ и коэффициента формы месячного графика $k_{\phi.м}^2$:

$$k_\phi^2 = k_{\phi.c}^2 \cdot k_{\phi.м}^2 \quad (4).$$

В свою очередь:

$$k_{\phi.c}^2 = \sum_i \frac{P_i^2 \cdot \Delta t_i}{P_{cp}^2 \cdot T} \quad (5);$$

$$k_{\phi.м}^2 = \frac{(D_p + k_w D_{np}) D_M}{(D_p + k_w D_{np})^2} \quad (6),$$

где D_{np} , D_p - число рабочих и нерабочих дней в месяце; k_w - отношение значений энергии, потребляемой в средний нерабочий и средний рабочий дни.

Исходные данные для расчета потерь электроэнергии. На начальном этапе исследования для расчета и анализа потерь электроэнергии были известны следующие исходные данные: схемы электрических сетей фидеров 10 кВ; ежемесячный отпуск электроэнергии на головных участках фидеров; суточные графики за режимные дни, измеренные на головных участках фидеров; технические параметры трансформаторов и линий электропередачи (протяженность, сечение и марка проводов линий электропередачи; марка и мощность трансформаторов и т.д.).

Для применения метода средних нагрузок в программном комплексе РАП-10ст отсутствовали такие исходные данные как относительное потребление в выходные дни (зная которое можно будет определить коэффициент формы графика за расчетный период) и коэффициент мощности ($\cos\varphi$). Для определения недостающих исходных данных были проведены измерения режимных параметров: тока, напряжения и потребляемой электроэнергии в будни и в выходные дни.

На рис. 1. в качестве примера представлена схема одного из исследуемых фидеров. В таблице 1 приведен помесичный отпуск электроэнергии на головных участках рассматриваемых фидеров.

Таблица 1. Отпуск электроэнергии, кВт*ч

| Месяц | Фидер | | | | |
|----------|----------|-----------|---------|----------|----------|
| | Телочник | Птиц.фабр | Рабкооп | Фрукт.хр | Свин.фер |
| январь | 677400 | 230400 | 369400 | 391200 | 424400 |
| февраль | 626700 | 219600 | 338400 | 364900 | 371600 |
| март | 621600 | 231800 | 311000 | 335300 | 346800 |
| апрель | 418200 | 142200 | 201000 | 202700 | 226400 |
| май | 276600 | 92200 | 140000 | 138000 | 164400 |
| июнь | 258600 | 84000 | 130600 | 130700 | 150400 |
| июль | 263400 | 65000 | 128800 | 126700 | 153400 |
| август | 269400 | 86400 | 129800 | 126100 | 160000 |
| сентябрь | 282300 | 93880 | 132060 | 127030 | 162300 |
| октябрь | 458000 | 163680 | 218420 | 203650 | 264220 |
| ноябрь | 557730 | 197800 | 291700 | 262450 | 333180 |
| декабрь | 594600 | 247080 | 407280 | 405890 | 422440 |
| 2017 год | 5304530 | 1854040 | 2798460 | 2814620 | 3179540 |

Для использования метода средних нагрузок необходимо было вычислить следующие коэффициенты (интегрирующие множители):

1. Относительное потребление выходного дня. На основе проведенных измерений потребляемой энергии на вводе в трансформаторы получено, что среднее значение относительного потребления выходного дня составило:

$$k_w = 0,89.$$

2. Коэффициент формы графика нагрузки. Коэффициент формы графика состоит из коэффициента формы суточного графика $k_{\varphi,c}^2$ и коэффициента формы месячного графика $k_{\varphi,m}^2$. Коэффициент формы суточного графика нагрузки был рассчитан для каждого фидера за два режимные дни, 20.12.2017г и 21.06.2017г. А коэффициент формы месячного графика соответственно был рассчитан за каждый месяц.

В качестве примера покажем расчет коэффициента формы графика нагрузки на головном участке фидера 10 кВ «Телочник» за зимний режимный день 20.12.2017 г..

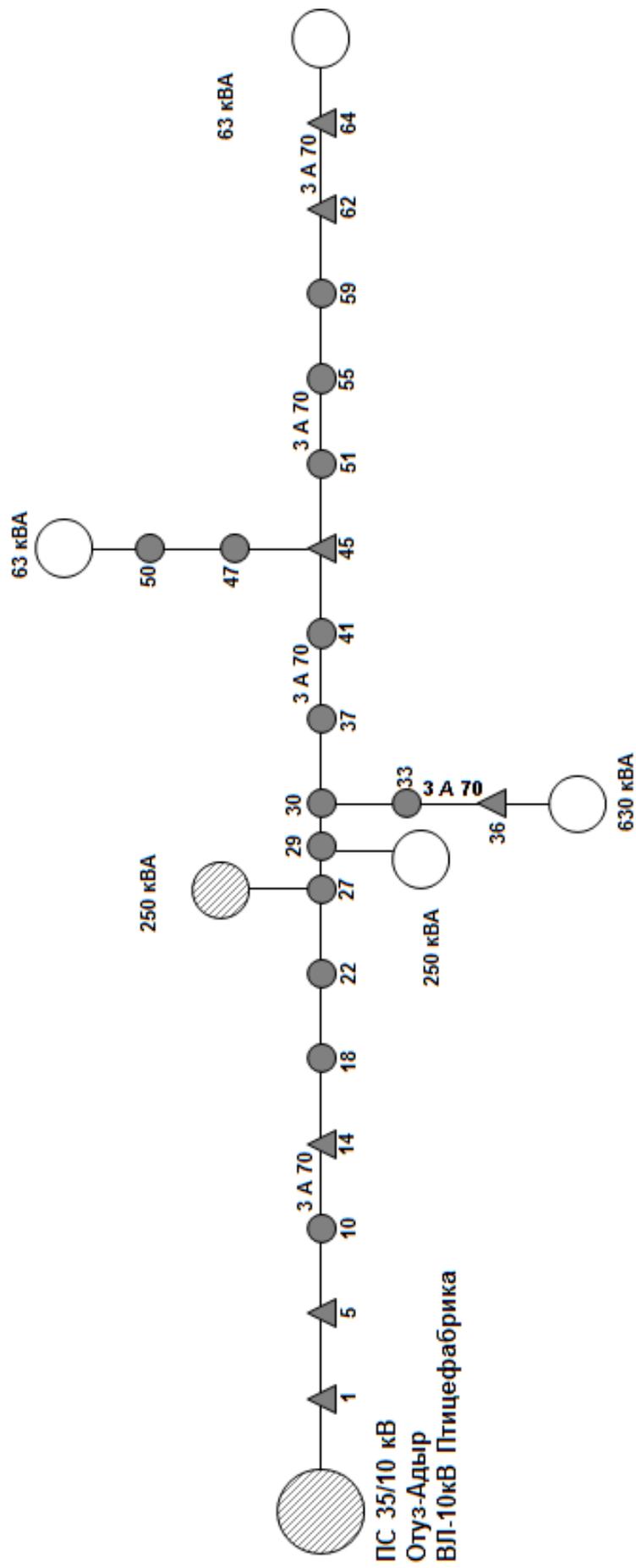


Рис 1. Схема электрической сети фидера 10 кВ «Птицефабрика»

На основе параметров суточного графика (на рис. 2 в качестве примера приведен суточный график фидера «Телочник» за режимный день 20.12.2017 г.) вычисляется коэффициент формы суточного графика по формуле (5):

$$k_{\phi.c}^2 = \sum_i \frac{P_i^2 \cdot \Delta t_i}{P_{cp}^2 \cdot T} = \frac{4785,642 \cdot 10^3}{441,75^2 \cdot 24} = 1,021$$

Значения $k_{\phi.c}^2$ для всех рассматриваемых фидеров за два режимных дня в году сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Значения $k_{\phi.c}^2$ за режимные дни

| Режимный день | Фидер | | | | |
|---------------|----------|-----------|---------|----------|----------|
| | Телочник | Птиц.фабр | Рабкооп | Фрукт.хр | Свин.фер |
| 20.12.2017 | 1,021 | 1,023 | 1,028 | 1,024 | 1,032 |
| 21.06.2017 | 1,175 | 1,076 | 1,111 | 1,091 | 1,125 |



Рис. 2. Суточный график за режимный день 20.12.2017 фидера «Телочник»

Коэффициент формы месячного графика для декабря месяца по формуле (6):

$$k_{\phi.m}^2 = \frac{(D_p + k_w D_{np}) D_M}{(D_p + k_w D_{np})^2} = \frac{(21 + 0,89^2 \cdot 10) \cdot 31}{(21 + 0,89 \cdot 10)^2} = 1,002.$$

Результаты расчетов для других месяцев сведены в таблицу 3.

Таблица 3. Значения $k_{\phi.m}^2$

| Параметр | Месяц | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | январь | февр | март | апр | май | июнь | июль | авг | сент | окт | нояб | дек |
| D_M | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| D_H | 9 | 8 | 8 | 10 | 8 | 8 | 10 | 8 | 9 | 9 | 8 | 10 |
| D_p | 22 | 20 | 23 | 20 | 23 | 22 | 21 | 23 | 21 | 22 | 22 | 21 |
| $k_{\phi.m}^2$ | 1,003 | 1,003 | 1,002 | 1,003 | 1,002 | 1,003 | 1,003 | 1,002 | 1,003 | 1,003 | 1,003 | 1,003 |

Коэффициент формы графика нагрузки за декабрь месяц по формуле (4):

$$k_{\phi}^2 = k_{\phi,c}^2 \cdot k_{\phi,m}^2 = 1,021 \cdot 1,002 = 1,025.$$

Результаты расчета коэффициента формы за месяц сведены в таблицу 4.

Таблица 4. Значения k_{ϕ}^2

| Фидер | Месяц | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|----------|---------|--------|---------|
| | январь | февраль | март | апрель | май | июнь | июль | август | сентябрь | октябрь | ноябрь | декабрь |
| Телочн | 1,024 | 1,024 | 1,024 | 1,178 | 1,178 | 1,178 | 1,178 | 1,178 | 1,178 | 1,024 | 1,024 | 1,024 |
| Птиц.фа | 1,026 | 1,026 | 1,026 | 1,079 | 1,079 | 1,079 | 1,079 | 1,079 | 1,079 | 1,026 | 1,026 | 1,026 |
| Рабкооп | 1,031 | 1,031 | 1,031 | 1,114 | 1,114 | 1,114 | 1,114 | 1,114 | 1,114 | 1,031 | 1,031 | 1,031 |
| Фрукт.х | 1,027 | 1,027 | 1,027 | 1,094 | 1,094 | 1,094 | 1,094 | 1,094 | 1,094 | 1,027 | 1,027 | 1,027 |
| Свин.ф | 1,035 | 1,035 | 1,035 | 1,128 | 1,128 | 1,128 | 1,128 | 1,128 | 1,128 | 1,035 | 1,035 | 1,035 |

3. Коэффициент мощности ($\cos\phi$). В связи с отсутствием данных о $\cos\phi$ в рассматриваемых электрических сетях, для вычисления $\cos\phi$ были измерены на стороне низшего напряжения подстанции 110/35/10 «Отузадыр»:

- потребленная электроэнергия $W = 7400$ кВт·ч за интервал времени $T = 4$ часа;
- ток, среднее значение которого составило 117 А;
- напряжение, среднее значение которого составило 9,95 кВ.

Тогда:

$$\cos\phi = \frac{P_{cp}}{S_{cp}} = \frac{W/T}{\sqrt{3} \cdot U_{cp} \cdot I_{cp}} = \frac{7400/4}{\sqrt{3} \cdot 9,95 \cdot 117} = 0,91$$

Результаты расчета потерь электроэнергии. В таблице 5 приведены результаты расчетов потерь электроэнергии методом средних нагрузок в программе РАП-10-ст при использовании точного (напрямую рассчитанного по графику нагрузки) значения k_{ϕ}^2 . Как видно из таблицы 5, годовые технические потери электроэнергии в рассматриваемых электрических сетях составили 374,260 тыс кВт·ч или 2,35% от отпуска электроэнергии.

Условно-постоянные потери (потери, не зависящие от величины передаваемой мощности (нагрузки)) в структуре технических потерь составляют 62%, нагрузочные потери (потери, зависящие от величины передаваемой мощности (нагрузки)) – 38% (табл. 5, рис. 3). При этом основную долю потерь в трансформаторах составляют потери холостого хода – 90%, а нагрузочные потери – всего 10%[5].

Таблица 5. Технические потери в рассматриваемых фидерах за 2017 год

| Расчетный период: год 2017 г. | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------|----------------------------|---------------|----------------|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------|
| РЭС | Отпуск ээ, тыс.кВтч | Потери электроэн, тыс.кВтч | | | | Потери электроэнергии, % | | | Превышение экономич. нормы | |
| | | нагрузочные | | х. хода | | Нагру- зочные | холос- того хода | сум- мар- ные | по потерям, % | |
| | | в фидеры 6-20 кВ | в линиях | в тр-рах | в тр-рах | | | | нагру- зочным | холостого хода |
| Телочник | 5304,530 | 71,748 | 6,400 | 53,310 | 131,458 | 1,47 | 1,00 | 2,48 | | 150,00 |
| Свиноферма | 3179,540 | 21,072 | 4,040 | 86,270 | 111,382 | 0,79 | 2,71 | 3,50 | | 530,00 |
| Рабкооп | 2798,460 | 13,182 | 8,603 | 46,893 | 68,678 | 0,78 | 1,68 | 2,45 | | 300,00 |
| Фруктохранилище | 2814,620 | 9,332 | 5,862 | 36,724 | 51,918 | 0,54 | 1,30 | 1,84 | | 300,00 |
| Птицефабрика | 1854,040 | 2,913 | 1,098 | 6,813 | 10,824 | 0,22 | 0,37 | 0,58 | | |
| Всего по 10 кВ | 15951,190 | 118,247 | 26,003 | 230,010 | 374,260 | 0,90 | 1,44 | 2,35 | | |

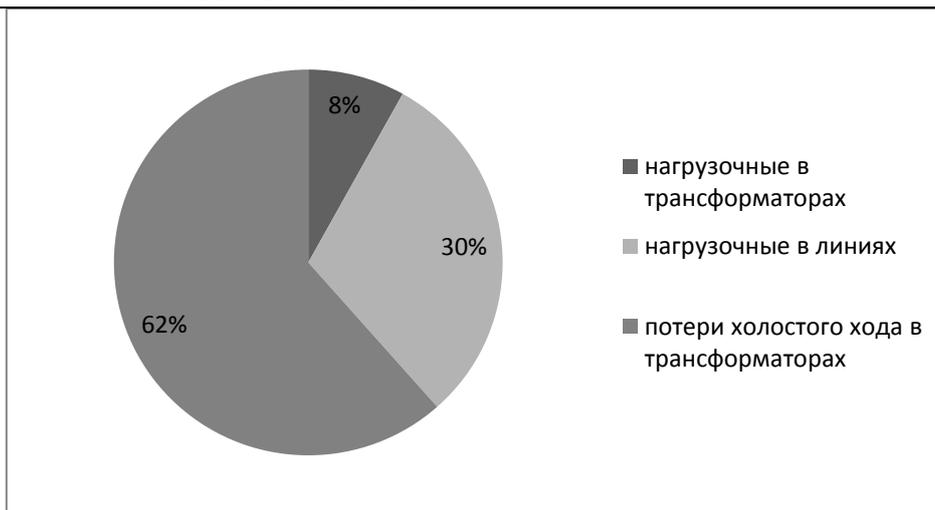


Рис 3. Структура технических потерь

Как следует из табл. 5 практически во всех фидерах потери холостого хода трансформаторов завышены в 1,5–5,3 раза, т.е. большинство трансформаторов в среднем за год существенно недогружены. Для выявления причин высокого уровня потерь холостого хода на рис. 4 показано изменение технических потерь электроэнергии в разрезе 2017 г. На рис. 5 приведено соотношение нагрузочных и условно-постоянных потерь электроэнергии по месяцам за 2017 г.

Как видно на вышеприведенных таблицах и рисунках, потери электроэнергии за исключение потерь холостого хода в трансформаторах в принципе лежат в пределах допустимых значений.

На рис. 4 и рис. 5 очень хорошо видно как уровень загрузки трансформаторов в летний период стремительно снижается что приведет к увеличению потерь холостого хода. Максимальная энергоэффективность трансформаторов при такой нагрузке может быть обеспечена только в случае значительного снижения потерь холостого хода.

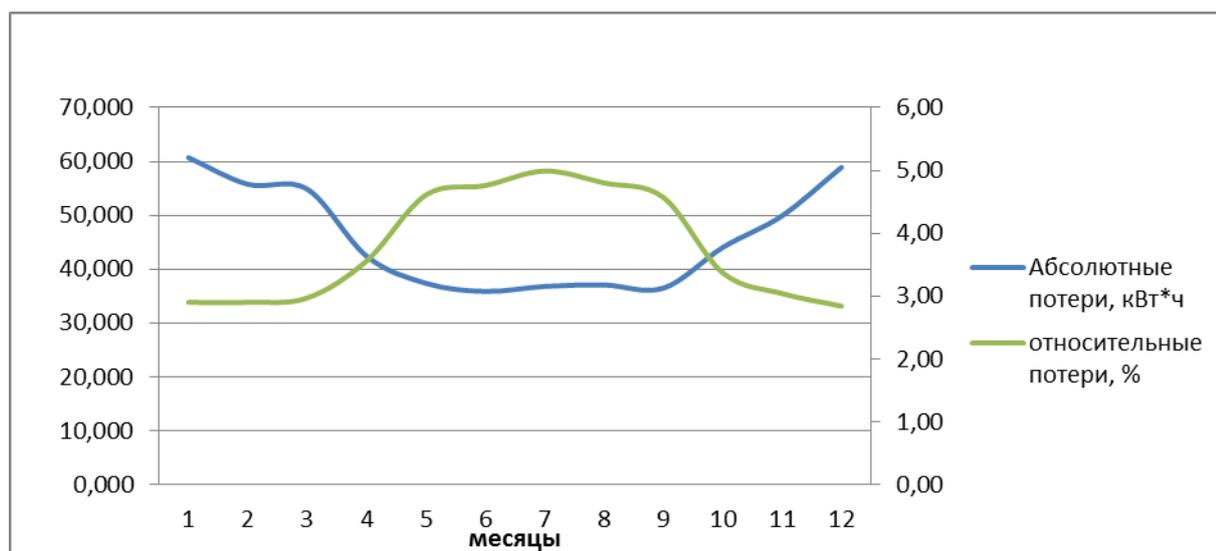


Рис. 4. Динамика потерь электроэнергии в исследуемых электрических сетях



Рис. 5. Соотношение потерь холостого хода и нагрузочных потерь электроэнергии в исследуемых электрических сетях по месяцам за 2017 г.

Из рис. 4 и 5 очень хорошо видно как уровень загрузки трансформаторов в летний период стремительно снижается, что приводит к существенному увеличению потерь холостого хода.

Анализ структуры нагрузки рассматриваемых фидеров показал, что 90 % потребителей составляет бытовая нагрузка (население). Это объясняет относительную равномерность электропотребления в течение недели (относительное потребление в выходные дни по отношению к рабочим дням по результатам измерений составляет 0,89) и большую неравномерность в годовом разрезе (как следует из рис. 4 и 5 электропотребление в летний период снижается, в зимней увеличивается) из-за большого влияния температуры окружающей среды и продолжительности светового дня на электропотребление в домохозяйствах [4].

Мероприятия по снижению потерь электроэнергии.

Повышение энергоэффективности сетевой компании при такой низкой загрузке трансформаторов может быть обеспечена только в случае значительного снижения потерь холостого хода. Поэтому можно предложить следующие мероприятия по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях ОАО ОшЭлектро:

- ✓ перемещение трансформаторов с одних подстанций на другие с целью нормализации их загрузки;
- ✓ установка трансформаторов из аморфной стали с пониженным уровнем потерь холостого хода при построении новых распределительных электрических сетей или при замене изношенных трансформаторов.

На сегодняшний день применение аморфных материалов для изготовления магнитопроводов — наиболее перспективное направление энергосбережения применительно к распределительным трансформаторам.

Практически все электромагнитные, механические и потребительские свойства аморфной стали превосходят аналогичные для традиционной анизотропной электротехнической стали [6]. Соответственно стоимость распределительных трансформаторов с магнитопроводами из аморфной стали примерно на 20-30% выше стоимости трансформаторов с традиционной электротехнической стали.

В таблице 6 приведены сравнительные данные по потерям, а на рис. 6 зависимости энергоэффективности от загрузки ($k_{загр}$) масляных и сухих трансформаторов 1000 кВА (50 Гц) фирмы Hitachi с магнитопроводами из обычной трансформаторной стали (SiT) и аморфной (АМТ). Энергоэффективность ($K_{эфф}$) трансформаторов с магнитопроводами из аморфной стали существенно выше, чем у трансформаторов традиционного исполнения в зоне малых нагрузок.

Таблица 6. Сравнительные данные по потерям

| Тип трансформатора | Масляные | | Сухие | |
|--|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | SiT (обычная сталь) | АМТ (аморфная сталь) | SiT (обычная сталь) | АМТ (аморфная сталь) |
| Потери х.х. $\Delta P_{х.х.}$, Вт | 1212 | 315 | 1640 | 460 |
| Потери к.з. $\Delta P_{к.з.}$, Вт | 10 800 | 10 600 | 7880 | 8970 |
| Суммарные потери $\Delta P_{тр}$ при 100% загрузке, Вт | 12012 | 10 945 | 9520 | 9430 |
| Суммарные потери $\Delta P_{тр}$ при 50% загрузке, Вт | 3912 | 2965 | 3610 | 2702 |
| Суммарные потери $\Delta P_{тр}$ при 30% загрузке, Вт | 2184 | 1269 | 2349,2 | 1267,3 |

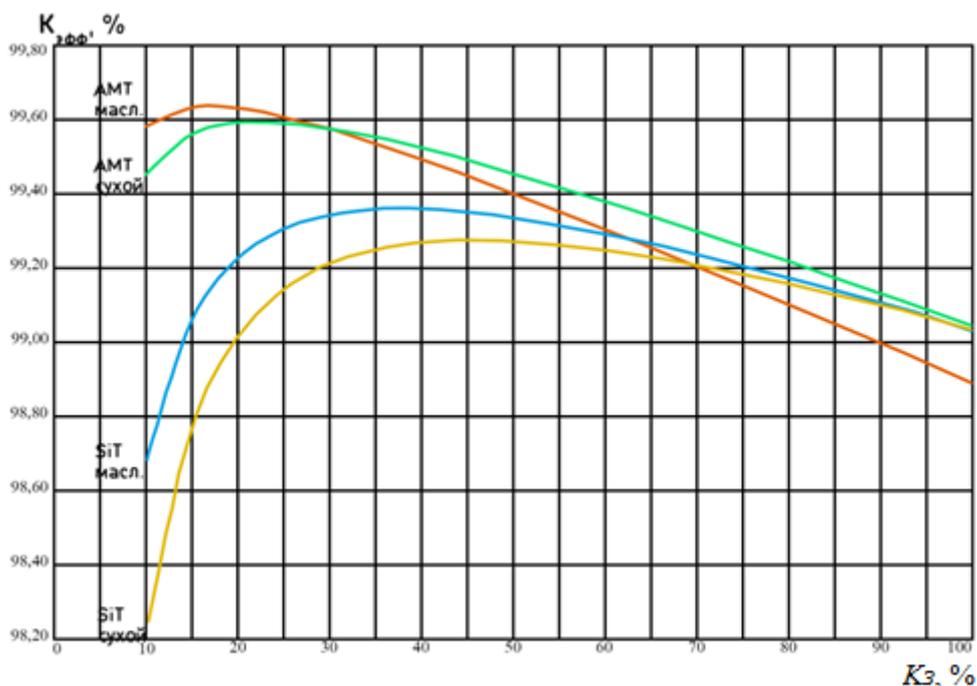


Рис. 6 Зависимости энергоэффективности от нагрузки для масляных и сухих трансформаторов 1000 кВА (50 Гц) фирмы Hitachi с магнитопроводами из обычной трансформаторной (SiT) и аморфной (АМТ) стали

Таким образом, при большей на 20–30% стоимости трансформаторы с АМТ обеспечивают существенное снижение потерь холостого хода.

Оценим эффективность дополнительных капиталовложений в трансформаторы из аморфной стали. Стоимость потерь электроэнергии учитывая тарифы на бытовых и не бытовых потребителей примем равной 2,16 сома за кВт*ч [9]. Стоимость трансформаторов на российском рынке переводилась в национальную валюту.

Стоимость потерь электроэнергии за год в традиционных трансформаторах и трансформаторах из аморфной стали в зависимости от коэффициента загрузки приведена в табл. 7.

Для трансформаторов из обычной электростали ТМ 1000/10 при коэффициенте загрузки 0.5 (табл. 8) стоимость годовых потерь составляет 73 794,24 СОМ при розничной цене трансформатора — 390750 СОМ, т.е. стоимость годовых потерь составляет 18% от цены трансформатора и превзойдет ее менее чем за 6,6 года эксплуатации. За 30 лет стоимость потерь превосходит данную цену трансформатора в 6 раз. Разница стоимости годовых потерь трансформаторов ТМ 1000/10 и ТМГАМ 1000/10 составляет 17691 СОМ, если умножим эту разность на 30 лет то получим 530750 СОМ. Т.е используя трансформаторов из аморфной стали можем сэкономит столько денег.

Таблица 7.

| тип трансформатора | $K_{загр}$ | стоимость трансформатора, сом | стоимость годовых потерь, сом | стоимость потерь за срок службы 30 лет, сом | сумма стоимости трансформатора и стоимости потерь за срок службы, сом |
|--------------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|---|---|
| ТМ 1000/10 | 0,5 | 390750 | 73 794,24 | 2213827,2 | 2 604 577 |
| ТМГАМ 1000/10 | 0,5 | 420460 | 56 102,54 | 1683076,32 | 2 103 536 |
| ТМ 1000/10 | 0,3 | 390750 | 41 097,72 | 1232931,45 | 1 623 681 |
| ТМГАМ 1000/10 | 0,3 | 420460 | 24 011,51 | 720345,312 | 1 140 805 |

Простой срок окупаемости трансформаторов из аморфной стали по отношению к традиционным трансформаторам составит:

– при коэффициенте загрузке 0,5: $T_{ок} = \frac{420460 - 390750}{73794,24 - 56102,54} = 1,6 лет$

– при коэффициенте загрузке 0,3: $T_{ок} = \frac{420460 - 390750}{41097,72 - 24011,51} = 1,7 лет.$

За нормативный срок службы трансформаторов 30 лет экономический эффект от использования трансформаторов из аморфной стали составит (табл. 7):

– при коэффициенте загрузке 0,5: $2604577 - 2103536 = 501041 сом;$

– при коэффициенте загрузке 0,3: $1623681 - 1140805 = 482876 сом.$

Выводы:

Исходя из результатов экономических расчетов можно сделать вывод о том, что применение трансформаторов из аморфной стали является экономически целесообразным вариантом для снижения потерь электроэнергии и повышения энергоэффективности электрических сетей ОАО «ОшЭлектро».

Список литературы:

1. Касимова В.М., Архангельская А.В., Куржумбаева Р.Б. Научные основы концепции государственной энергетической политики и стратегии развития топливно-энергетического комплекса Кыргызской Республики до 2030 года. - Бишкек, 2017. – 106 с.
2. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. - М.: ЭНАС, 2009.
3. Шведов Г.В., Сипачева О.В., Савченко О.В. Потери электроэнергии при ее транспорте по электрическим сетям: расчет, анализ, нормирование и снижение: учебное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 424 с.
4. Шведов Г.В. Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети: учебное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 268 с.
5. Журнал: ЭНЕРГЕТИКА. Амурский государственный университет. 2013. А.Е. РЫБАК, И.Н. МИХАЛЬЧЕНКО «Структурный анализ потерь электроэнергии в

распределительных сетях на примере филиала ОАО «ДРСК» «Амурские Электрические сети»

6. Журнал: ЭНЕРГИЯ ЕДИНОЙ СЕТИ. Выпуск: №5 (34). В.Н. Ивакин «Нормирование энергоэффективности распределительных трансформаторов»

7. Статья: Т.П.Павленко, профессор, д.т.н. «Определение возможности применения аморфной стали в магнитных системах электрических аппаратов». http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPIPress/6684/1/2013_Pavlenko_Definition_of_possibility.pdf

8. Официальный сайт Распределительной электрической компании ОАО «ОшЭлектро». Источник: <http://oshelectro.kg>

9. Информационный сайт knews.kg. Статья «Стоимость электроэнергии в КР». <http://knews.kg/2018/02/02/skolko-stoit-1-kvt-ch-elektroenergii-v-kyrgyzstane-i-stranah-mira-infografika-2/>

УДК 62-592.117: 621.313.13

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ТОРМОЗНОЕ УСТРОЙСТВО С ПОВЫШЕННЫМ ТОРМОЗНЫМ МОМЕНТОМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Бочкарев Игорь Викторович, д.т.н., профессор, кафедра «Электромеханика» КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр.Манаса 66. Тел. 0555 09-07-51, e-mail: elmech@mail.ru, orcid.org/0000-0002-9873-9203.

Галбаев Жалалидин Токтобаевич, д.т.н., профессор, кафедра «Электромеханика» КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр.Манаса 66. Тел. 0772-501-896, e-mail: jalal1603@mail.ru, ORCID ORD 0000-0002-9460-2242.

Аннотация. Приведены результаты разработки электромеханических тормозных устройств с механическим усилителем тормозного момента в виде пружинно-кулачковой муфты, который за счет эффекта самоусиления позволяет увеличить тормозной момент без увеличения усилия тормозной пружины и, соответственно, без увеличения габаритных размеров растормаживающего электромагнита. Получены аналитические выражения, позволяющие выбирать основные параметры механического усилителя при проектировании тормоза.

Ключевые слова: электромеханическое тормозное устройство, фрикционный узел, растормаживающий электромагнит, механический усилитель момента, пружинно-кулачковая муфта, тормозной момент, уравнение движения ротора электродвигателя.

ELECTROMECHANICAL BRAKE DEVICE WITH HIGH BRAKE MOMENT FOR ELECTRIC MOTORS

Bochkarev Igor Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department "Electromechanics" KSTU. I. Razakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek city, Manasa avenue 66. Tel. 0555 09-07-51, e-mail: elmech@mail.ru, orcid.org/0000-0002-9873-9203.

Galbaev Jalalidin Toktobaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Electromechanics, KSTU. I. Razakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek city, Manasa avenue 66. Tel. 0772-501-896, e-mail: jalal1603@mail.ru, ORCID ORD 0000-0002-9460-2242.

Abstract. The results of the development of electromechanical braking devices with a mechanical brake torque enhancer in the form of a spring-clutch coupling are presented. Due to the

self-amplification effect, it is possible to increase the braking torque without increasing the brake spring force and, correspondingly, without increasing the size of the disinhibiting electromagnet. Analytical expressions are obtained that allow choosing the main parameters of a mechanical amplifier when designing a brake.

Key words: electromechanical braking device, friction unit, disinhibiting electromagnet, mechanical moment amplifier, spring-clutch coupling, braking torque, motor motor rotor motion equation.

Введение. Повышение технического уровня технологического оборудования, в первую очередь, связано с совершенствованием характеристик и расширением функциональных возможностей их электропривода. Проведенный анализ показал, что по условиям эксплуатации различного автоматизированного оборудования все шире требуются электроприводы, которые должны осуществлять быстрое принудительное торможение и последующую фиксацию или позиционирование различных подвижных органов в разомкнутых и замкнутых системах регулирования. К электродвигателям таких приводов предъявляются жесткие требования к времени пуска и останова. Поэтому для обеспечения требуемых параметров быстродействия, а также для повышения безопасности работы в таких приводах необходимо применение специальных тормозных устройств, которые при отключении электродвигателя от сети обеспечивают быстрый останов ротора и связанных с ним движущихся частей оборудования. При отключении питания электродвигателя даже при отсутствии специальных тормозных устройств возникает процесс самоторможения и движение прекращается под действием момента M_c сил сопротивления. Но за счет того, что применяемые на практике механизмы передачи движения обычно не самотормозящиеся и значения M_c невелики, то время самоторможения оказывается большим и заметно влияет на производительность труда. Кроме того, используя свободное самоторможение невозможно обеспечить точное приведение рабочих органов в заданное положение и таким образом, высокую точность выполнения заданных технологических операций. Следовательно, для повышения производительности за счет уменьшения длительности вспомогательных действий, выполняемых оборудованием (взаимные подводы и отводы инструментов и заготовки, остановка и фиксация в точке позиционирования различных рабочих органов и кинематических звеньев и т.п.), а также для повышения точности обработки, электроприводы должны иметь специальные тормозные устройства для принудительного ускоренного торможения. Кроме того, для повышения качества позиционирования необходимо иметь большую и стабильную величину тормозного усилия F_m как на период торможения, так и после отключения напряжения питания.

Таким образом, от параметров и характеристик тормозных устройств в значительной степени зависят обеспечение технологических режимов работы оборудования, изготовление продукции с допустимыми геометрическими погрешностями, производительность обработки, а также надежность и безопасность эксплуатации оборудования.

Цели и методы. Одна из основных проблем при разработке электромеханических тормозных устройств (ЭМТУ) для электродвигателей, применяемых в позиционных автоматических электроприводах для станков и промышленных роботов, состоит в необходимости получения значительных тормозных моментов при ограничении массогабаритных показателей тормоза. Как показали проведенные исследования, одновременное выполнение этих взаимоисключающих требований может быть обеспечено путем использования механического усилителя тормозного момента, который за счет эффекта самоусиления при торможении [1] позволяет увеличить тормозной момент без увеличения усилия тормозной пружины и, соответственно, без увеличения габаритных размеров растормаживающего электромагнита. Поэтому была поставлена и решена задача создания перспективной конструкции электромеханического тормоза с механическим

усилителем тормозного момента в виде пружинно-кулачковой муфты и разработки аналитических выражений, позволяющих выбирать основные параметры этой муфты при проектировании тормоза. Результаты этой работы приведены в данной статье.

Результаты исследования. Конструкция ЭМТУ с механическим усилителем тормозного момента изображена на рис. 1 [2, 3].

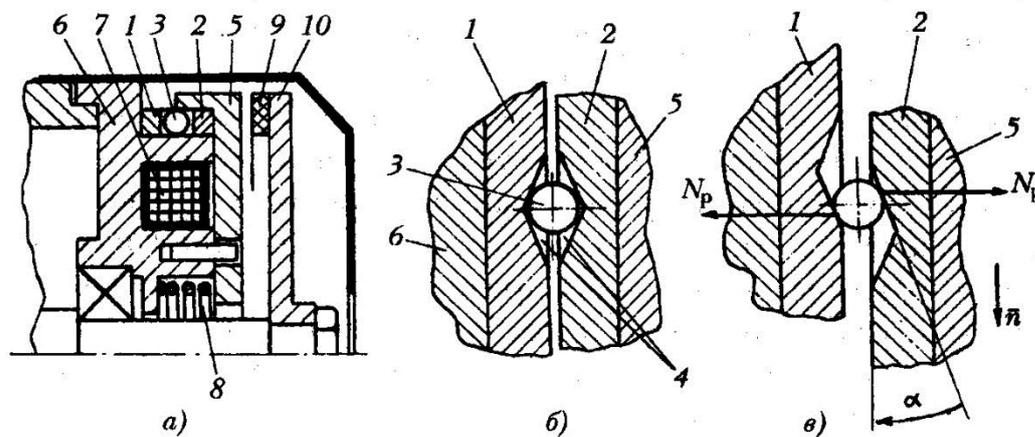


Рис. 1. Тормозное устройство с механическим усилителем тормозного момента:
а – общий вид; б – положение деталей усилителя при разомкнутом тормозе;
в – силы, действующие при торможении

Механический усилитель выполнен в виде системы из двух отжимных шайб 1 и 2 и шариков 3, размещенных в клиновидных канавках 4, выполненных на смежных поверхностях шайб. При разомкнутом ЭМТУ (рис. 1,а) на якорь 5 действует только тяговое усилие растормаживающего электромагнита, за счет чего шайбы 1 и 2 занимают такое положение, при котором шарик 3 не препятствует притягиванию якоря 5 к магнитопроводу 6 (рис. 1,б). При отключении обмотки 7 пружины 8 прижимают якорь 5 к фрикционным накладкам 9 тормозного диска 10. Якорь при этом под воздействием диска 10 совершает угловое перемещение в пределах ограниченного угла поворота относительно направляющих штифтов (направление перемещения n показано на рис.1,в стрелкой). За счет этого шайба 2 поворачивается относительно шайбы 1 и шарики 3 раздвигают шайбы 1 и 2. Это приводит к появлению распорной силы N_p , которая совместно с усилием пружин 8 прижимает якорь к тормозному диску, обеспечивая увеличение тормозного момента. Для исключения заклинивания шариков угол α выполняют равным $30 \div 35^\circ$ [1].

Для обеспечения механического усиления тормозного момента однодискового ЭМТУ с двумя парами поверхностей трения, тормозной диск, согласно [4], может быть выполнен из двух частей. На их смежных поверхностях выполнены конические выемки, где помещаются шарики, действие которых при угловом перемещении одной из частей аналогично описанному выше.

Общим недостатком данных конструкций является то, что вся кинетическая энергия подвижных частей электропривода, которые должны быть остановлены тормозом, рассеивается в фрикционном узле, что вызывает его повышенный нагрев и износ.

Для ликвидации указанного недостатка была разработана конструкция тормоза, представленная на рис. 2. В этой конструкции дополнительное тормозное усилие действует со стороны тормозного диска. Ведущая полумуфта 1 жестко закреплена на валу 2, а ведомая полумуфта 3, жестко соединенная с тормозным диском-вентилятором 4, установлена на валу с возможностью осевого перемещения.

В режиме торможения, когда электромагнит отключается от источника питания и

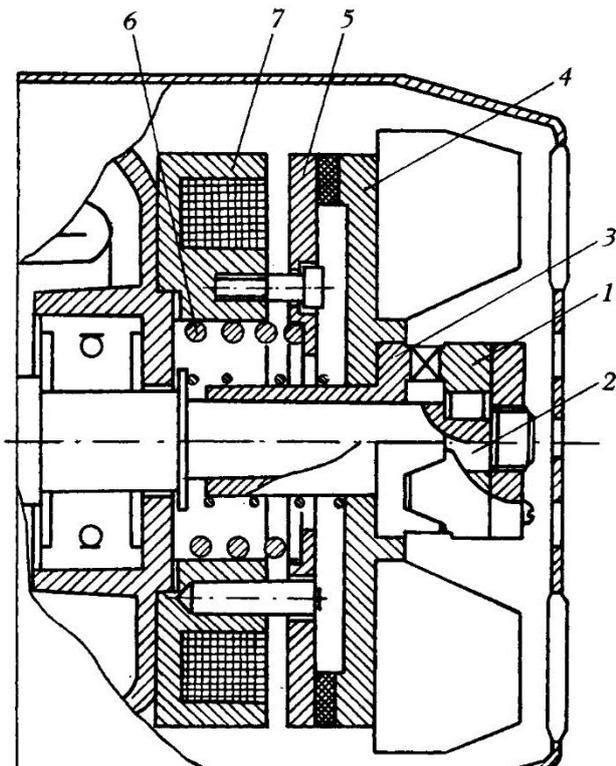


Рис. 2. Тормозное устройство с механическим усилителем тормозного момента в виде пружинно-кулачковой

якорь 5 прижимается пружиной 6 к тормозному диску 4, на ведомой полумуфте 3 появляется тормозной момент, и она вместе с тормозным диском 4 перемещается к магнитопроводу 7, сжимая при этом пружину 6. Это повышает эффективность торможения. Причем часть кинетической энергии вращающегося вала превращается в потенциальную энергию сжатой пружины 6, которая после остановки вала используется для возврата якоря и ведомой полумуфты в исходное состояние.

Полумуфты 1 и 3 образуют пружинно-кулачковую муфту. При этом вал 2 электродвигателя является ведущим, а полумуфту 3 с закрепленным на ней диск-вентилятором 4 следует рассматривать как ведомый вал. Работа тормоза основана на том, что ведомая полумуфта, стремясь выйти из зацепления с ведущей, начинает перемещаться в осевом направлении лишь после того, как осевая составляющая окружного усилия станет больше противодействующей силы пружины $P_{пр}$. Это возможно в том случае, когда момент M , нагружающий ведомый вал, превысит

некоторое критическое значение $M_{кр}$

$$M > M_{кр} \tag{1}$$

В этом выражении величина $M_{кр}$ рассчитывается по формуле [5]

$$M_{кр} = \frac{P_{пр} \cdot r_c}{tg \alpha (\alpha - \rho) - k_e \frac{r_c}{r_e}}, \tag{2}$$

где r_c – средний радиус зацепления кулачков муфты; ρ - угол трения в кулачках; k_B – коэффициент трения между валом и ведомой полумуфтой; r_e - радиус вала; α – угол зацепления кулачков муфты.

Рассмотрим работу тормоза в различных режимах.

Растормаживание электродвигателя. После включения электродвигателя вал 2 вместе с ведущей полумуфтой 1 начинает поворачиваться. При этом ведомая полумуфта 3, тормозной диск 4 и якорь 5 растормаживающего электромагнита в силу неравенства (1) станут перемещаться вдоль вала в сторону, противоположную действию пружины 6, до тех пор, пока торец ведомой полумуфты 3 не достигнет упора, выполненного на валу. При этом муфта не выходит из зацепления, а якорь за счет сообщенной ему кинетической энергии проходит рабочий воздушный зазор (0,2÷0,3 мм) и, достигнув магнитопровода 7, удерживается возле него тяговым усилием растормаживающего электромагнита. Вал 2 вместе с ведущей 1 и ведомой 3 полумуфтами начинает свободно вращаться, тормозной диск-вентилятор 4 с ведомой полумуфтой под действием пружины сцепления возвращается в исходное положение. Это становится возможным в связи с тем, что полумуфты оказываются нагруженными моментами вентилятора, значительно меньшим, чем момент $M_{кр}$.

При растормаживании в зависимости от соотношения конструктивных параметров муфты возможны несколько различных режимов работы:

1. При перемещении ведомой полумуфты вдоль вала проскальзывание в паре трения между якорем 5 и диском 4 отсутствует, если

$$M < M_T, \quad (3)$$

где M_T – тормозной момент:

$$M_T = P_{np} \cdot k_T \cdot r_T, \quad (4)$$

где k_T – коэффициент трения в паре трения между якорем 5 и диском 4; r_T – средний радиус действия силы трения.

В этом случае ведомый вал будет нагружен моментом

$$M = M_\partial - M_c, \quad (5)$$

где M_∂ – момент двигателя; M_c – момент сил сопротивления, действующих на вал электродвигателя со стороны приводного механизма.

Из (1), (3) и (5) условие работоспособности тормоза определяется как

$$M_\kappa < M_\partial - M_c < M_T. \quad (6)$$

Из (6) следует, что тормоз должен иметь $M_T > M_\kappa$. Тогда, принимая во внимание (2) и (4), получим

$$\operatorname{tg} \alpha (\alpha - \rho) > r_c / (k_T \cdot r_T) + k_e \cdot r_c / r_d \quad (7)$$

Зависимость (7) позволяет выбрать основные конструктивные параметры муфты на стадии проектирования тормоза.

2. При несоблюдении условия (7), если момент двигателя увеличится до величины $M_\partial > M_T + M_c$, в паре трения между якорем 5 и диском 4 начинается проскальзывание и ведомый вал нагружается моментом

$$M = M_T + J_\partial \frac{d\omega}{dt}, \quad (8)$$

где J_∂ – момент инерции диска-вентилятора 4 с полумуфтой 3; ω – угловая частота вращения; t – время.

Исходя из закона сохранения энергии, уравнение движения ротора электродвигателя в данном случае запишется в следующем виде:

$$M_\partial - M_c = M_T + (J_\partial + J_p) \frac{d\omega}{dt}, \quad (9)$$

где J_p – суммарный момент инерции ротора, вращающихся частей тормоза и приводного механизма, приведенные к оси машины.

Тогда из (9) с учетом (1) и (8) получим

$$\frac{M_\kappa - M_T}{J_\partial} < \frac{d\omega}{dt} < \frac{M_\partial - M_c - M_\kappa}{J_p}, \quad (10)$$

Из выражения (10) следует, что растормаживание возможно, если

$$M_\partial - M_c > M_\kappa \left(1 + \frac{J_p}{J_\partial}\right) - M_T \frac{J_p}{J_\partial}. \quad (11)$$

Таким образом, видно, что если условие (7) не соблюдается, то растормаживание возможно только для ограниченного ряда нагрузок электродвигателя и обязательно сопровождается проскальзыванием в паре трения «якорь 5 - диск 4», что определяет повышенный износ фрикционной накладки по сравнению с первым режимом работы, при котором выполняется условие (6).

Торможение электродвигателя. При выключении электродвигателя обмотка растормаживающего электромагнита также отключается от источника питания. Тяговое усилие электромагнита уменьшается до нуля и усилием тормозной пружины 6 якорь 5

прижимается к фрикционной накладке тормозного диска 4. Ведомая полумуфта 3 нагружается моментом M_T и в силу (1) и (7) начинает перемещаться вместе с якорем вдоль вала, сжимая при этом пружину б и увеличивая тем самым момент M_T . Кинетическая энергия вала и вращающихся масс приводного механизма частично выделяется в виде тепла в паре трения «якорь 5 - диск 4» и частично переходит в потенциальную энергию сжатия пружины б.

Следует отметить, что механический усилитель тормозного момента автоматически увеличивает тормозной момент заторможенного вала при возрастании на нем статической нагрузки (например, в режиме удержания увеличивающегося груза в подъемных устройствах). Это обеспечивается за счет того, что ведомая полумуфта 3 при увеличении нагрузки на валу перемещается вдоль оси к магнитопроводу электромагнита и сжимает тормозную пружину б, увеличивая тем самым тормозной момент.

Выводы. Описанное тормозное устройство отличается от известных следующими свойствами:

1. Величина тормозного момента M_T может быть увеличена без увеличения усилия тормозных пружин за счет введения механического усилителя тормозного момента в виде пружинно-кулачковой муфты.

2. Используя простую и надежную однодисковую конструкцию тормозного фрикционного узла можно добиться увеличения тормозного момента M_T до весьма больших значений, например, превышающих величину пускового момента электродвигателя, без применения конусного фрикционного узла или многодисковой конструкции [6], которые существенно усложняют конструкцию, технологию изготовления и условия эксплуатации тормоза.

3. Массогабаритные показатели, потребляемая мощность и стоимость уменьшаются, поскольку растормаживающий электромагнит должен обеспечить тяговое усилие, необходимое только для удержания якоря в притянутом к магнитопроводу положении, а его перевод в это положение обеспечивается в основном кулачковой муфтой.

4. Повышается быстрдействие перевода тормоза как в режим растормаживания вала электродвигателя, так и в режим его торможения. Быстрдействие при включении двигателя достигается передачей механического усилия, действующего на вал при пуске, непосредственно на якорь растормаживающего электромагнита и быстрым уменьшением тем самым воздушного зазора между якорем и магнитопроводом. Быстрдействие тормоза при выключении электродвигателя обеспечивается увеличением усилия тормозной пружины, дополнительно сжимаемой кулачковой муфтой.

5. Уменьшается износ тормозной накладки, поскольку часть кинетической энергии при торможении преобразуется в потенциальную энергию сжатой пружины, которая после остановки вала используется для возврата элементов тормоза в исходное состояние.

6. Тормозной момент автоматически увеличивается при увеличении статической нагрузки на валу электродвигателя.

7. Варьируя углом зацепления α , можно без изменения габаритных размеров растормаживающего электромагнита и фрикционного узла изменять величину составляющей момента электродвигателя, сжимающей тормозную пружину, и, тем самым, регулировать величину тормозного момента на валу электродвигателя.

8. Полученные аналитические зависимости позволяют выбрать основные конструктивные параметры муфты на стадии проектирования тормоза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тормозные устройства: Справочник. М. П. Александров, А. Г. Лысяков, В. Н. Федосеев, М. В. Новожилов / Под общ. ред. М. П. Александрова. — М.: Машиностроение. 1985.

2. А.с. 413586 СССР. Электродвигатель со встроенным в корпус тормозным устройством /Ю. П. Шевель, Э. М. Гусельников. В. И. Агалаков // Открытия. Изобретения. 1974. №4.

3. Тармаев В.Б., Гусельников Э.М. Исследование динамики тормозного электродвигателя с механическим усилителем // Изв. ТПИ, 1974. Т.200.

4. Пат. 4280073 США. Electromagnetically released spring applied friction brake with torque booster / L. Donald Miller. Facet Enterprises Inc/ // 21.07.81.

5. Иванов Е.А. Муфты приводов. – М.: Машгиз. 1959.

6. Бочкарев И.В. Быстродействующие электромеханические тормозные устройства для электродвигателей. – М.: Энергоатомиздат. 2001.

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА И МАТЕМАТИКА

УДК 517.9

**ВОЛЬТЕРРАНЫН ҮЧҮНЧҮ ТҮРДӨГҮ ТЕНДЕМЕСИ КЕЛИП ЧЫГУУЧУ
ЛОКАЛДУУ ЭМЕС ТЕСКЕРИ МАСЕЛЕСИНИН ЧЫГАРЫЛЫШЫ**

Джумагулов Кубат Рысбекович – Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университетинин математикалык талдоо кафедрасынын аспиранты, бизнес жана коммуникация кафедрасынын ага окутуучусу, Бишкек шаары, Фрунзе көчөсү, 547, e-mail: kubat_djumagulov@inbox.ru, моб. тел.: (0555)990796.

Аннотация: Бул иште чектелбеген бөлүмдө экинчи тартиптеги дифференциалдык теңдеме түрүндө берилген локалдуу эмес интегралдан көз каранды тескери маселеси каралат. Белгилүү шарттарда берилген теңдеме Вольтерранын үчүнчү түрдөгү интегралдык теңдемесине айланат. Чыгып келүүчү маселенин чыгарылышы интегралдык кайтаруу жана регуляризация ыкмалары аркылуу далилденет. Интегралдан көз каранды тескери маселесинин чыгарылышынын алгоритми түзүлгөн. Чектелбеген бөлүмдө берилген тескери маселеси жардамчы функциясынын жаныртылган ыкмасы аркылуу Вольтерранын экинчи түрдөгү интегралдык теңдемесине айланат дагы, андан кийин Вольтерранын үчүнчү түрдөгү интегралдык теңдемеси келип чыгат. Экинчи түрдөгү Вольтерранын интегралдык теңдемесинин чыгарылышы Банахтын принциби аркылуу келип чыгат, ал эми үчүнчү түрдөгү Вольтерранын интегралдык теңдемесинин жетиштүү чыгарылышы системалык регуляризация ыкмасы менен алынат. Бул ыкманын негизинде теңдемелердин системасына кичине параметрлерди киргизүү жана алар менен иштөө орун алат. Тескери маселелерди изилдөөдө чыгып келүүчү теңдеме классикалык эмес Вольтерранын үчүнчү түрдөгү интегралдык теңдемеси болгону анык жана алардын көпчүлүгү бүгүнкү күндө каралган эмес. Мындай тескери маселелери өз калыбына келтирүү процесстеринде кезигет. Ошондуктан тескери маселелери бул тармакта иштеген окумуштууларга бир гана теориялык эмес, натыйжалык дагы кызыкчылыгын түзөт.

Урунттуу сөздөр: локалдуу эмес тескери маселе; классикалык эмес теңдеме; регуляризация; келип чыгуучу теңдеме; чектелбеген бөлүм.

**РЕШЕНИЕ ОБРАТНО-НЕЛОКАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ, СВОДЯЩЕЙСЯ К
ИНТЕГРАЛЬНОМУ УРАВНЕНИЮ ВОЛЬТЕРРА ТРЕТЬЕГО РОДА**

Джумагулов Кубат Рысбекович – аспирант кафедры математического анализа, старший преподаватель кафедры бизнеса и коммуникаций, г. Бишкек, Кыргызский национальный университет им. Ж.Баласагына, ул. Фрунзе, 547, e-mail: kubat_djumagulov@inbox.ru, моб. тел.: (0555)990796.

Аннотация: В данной работе исследуется обратная-нелокальная задача с интегральной зависимостью в неограниченной области, заданной в виде дифференциального уравнения в частных производных второго порядка. Данное уравнение, в определенных случаях сводится к уравнению Вольтерра третьего рода. Разрешимость вырожденного уравнения доказана с помощью методов регуляризации и интегральных преобразований. Построен алгоритм решения обратной задачи с интегральной зависимостью, где исходная задача в неограниченной области с помощью модификации метода вспомогательной функции редуцируется в интегральное уравнение типа Вольтерра второго рода, а затем в

интегральное уравнение типа Вольтерра третьего рода. Разрешимость уравнения типа Вольтера второго рода легко доказывается при выполнении принципа Банаха, а достаточная разрешимость уравнения типа Вольтерра третьего рода получено с помощью методов системной регуляризации, где имеет место введение возмущенной малыми параметрами системы уравнений. Обратные задачи, где вырожденное уравнение является неклассическим уравнением Вольтерра третьего рода, на сегодняшний день мало изучены. Такие обратные задачи встречаются при исследовании процессов восстановления, поэтому изучение подобных задач представляет не только теоретический, но и практический интерес ученых, занимающихся в этой области.

Ключевые слова: обратно-нелокальная задача; неклассическое уравнение; регуляризация; вырожденное уравнение; неограниченная область.

SOLUTION OF A NONLOCAL INVERSE PROBLEM REDUCIBLE TO THE INTEGRAL EQUATION OF A VOLTERRA TYPE OF THE THIRD KIND

Dzhumagulov Kubat Ryspekovich, post-graduate student of Kyrgyz national university named after J. Balasagyn, Kyrgyzstan, Bishkek, st. Frunze 547, e-mail: kubat_djumagulov@inbox.ru, phone: (0555)990796.

Abstract: In this paper we consider the formulation of inverse nonlocal problem with integral dependence in an unbounded domain, represented as a nonclassical partial differential equation. This equation, under certain conditions reduces to integral equations of Volterra type of the third kind. The solvability of the degenerate equation is proved by means of regularization methods and integral transformations. An algorithm of solving the inverse problem with integral dependence where the initial task in an unlimited area using a modification of the method is called in the helper function is reduced in Volterra type integral equation of the second kind, and then Volterra type integral equation of the third kind. Solvability of equations of the second kind of Voltaire type easily proved when executing the principle of Banach and adequate solvability of the equation of Volterra type third kind obtained using methods of regularization of the system, where the introduction of the perturbed small parameter is the system of equations. Inverse problems where degenerate equation is non-classical equation of Volterra of the third kind, so far little explored. Such inverse problems found in the study of the processes of recovery, so the study of such problems is not only theoretical, but also practical interest of scientists working in this field.

Keywords: Inverse nonlocal problem; nonclassical equation; regularization; degenerate equation; unbounded domain.

Введение

На сегодняшний день без преувеличения можно назвать высокоактуальной область исследований теории интегральных уравнений, в частности интегральные уравнения типа Вольтерра первого и третьего родов [3,5], к которым, зачастую, сводятся многие задачи обратного характера [4,6,7,8]. Теория обратных задач является относительно молодой областью исследований высшей математики, актуальность которой обусловлена не только новыми теоретическими выводами, но и закрепляется важными физическими приложениями [1,2,5]. В настоящее время учеными исследован широкий спектр задач теории обратного характера [1,2,4,7], но масштабы потенциальных новшеств и достижений в этой области настолько велики, что невооруженным глазом, можно констатировать высокую важность физического и математического приложения данной теории к другим наукам.

Ниже в работе представлена обратно-нелокальная задача, вырождающаяся в уравнение Вольтерра третьего рода, достаточные условия разрешения которого, будут

показаны с помощью методов интегральных преобразований и регуляризации [5,7].

I. Рассмотрим задачу вида

$$\begin{cases} U_{tt} + \lambda(x)U_{tx} = (Az)(t) + f(t, x, U(t, x)), \\ (Az)(t) \equiv \int_0^t K_1(t, s)z(s)ds + \int_0^{N(t)} K_2(t, s)z(s)ds. \end{cases} \quad (1)$$

$$U^{(i)}|_{t=0} = \varphi_i(x), x \in R, (i = 0, 1) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^3 \alpha_i (U_i(t, x_i) + \lambda(x_i)U_x(t, x_i)) = g(t), t \in [0, T], \quad (3)$$

$$\beta = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \neq 0, \quad (4)$$

где $\alpha_i = const, f, K_i, N, \varphi_i, g, \lambda$ - известные данные, причем

$$f \in C^1(\bar{\Omega}), \quad \Omega = (0, T) \times R, \quad K_i(t, s) \in C^{0,1}(D_1), (i = 1, 2), \quad K_1(t, t) \geq \alpha > 0,$$

$K_2(t, N(t)) \equiv 0, \quad D_1 = \{(t, s) : 0 \leq s \leq t \leq T\}; \quad N(0) = 0, \quad 0 \leq N(t) \leq t \leq T, \quad g \in C^2[0, T];$ где искомыми функциями задачи являются

$$\Psi = (U, z) \in W_c(\bar{\Omega}) = \{(U, z) : U \in C^{2,1}(\bar{\Omega}), z \in C[0, T]\}, \quad \|\Psi\|_{W_c} = \|U\|_{C^{2,1}(\bar{\Omega})} + \|z\|_{C[0, T]}.$$

II. Из заданной задачи видно, что она носит параболический характер. Для изучения разрешимости исходной задачи необходимо ее трансформировать к интегральным уравнениям. Так как требуется восстановление неизвестных функций (U, z) , то должны получить систему уравнений содержащих эти функции. Отметим, что классические методы, такие как применение функции Римана, функции Грина и преобразования Фурье, к исходной задаче неприменимы. Поэтому воспользуемся модификацией метода вспомогательной функции, применение которой описано в [7], то есть, пусть новая функция имеет вид:

$$\begin{cases} U_t + \lambda(x)U_x = u(t, x), \forall (t, x) \in \bar{\Omega} \\ u|_{t=0} = \varphi_1(x) + \lambda(x)\varphi_0(x) \equiv \varphi_2(x), \forall x \in R. \end{cases} \quad (5)$$

выражая функцию U , в соответствии с (5), имеем

$$\begin{cases} U = \varphi_0 \left(x - \int_0^t \lambda(\rho(x, t, s')) ds' \right) + \int_0^t u \left(\tau, x - \int_\tau^t \lambda(\rho(x, t, s)) ds \right) d\tau \equiv (Bu)(t, x), \\ \rho(x, t, s')|_{s'=t} = x, \\ \rho_t + \lambda(x)\rho_x = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Замечание 1. Аналогичная обратная задача, в случае, когда $\lambda(x) \equiv \lambda_0 = const$, изучена в работе [6], поэтому в данной работе ведется обобщение результатов.

В самом деле, чтобы убедиться в правильности действий достаточно подвергнуть дифференцированию функцию U , то есть выражение (6) соответственно по переменным t и x ,

$$\begin{cases} U_t = \varphi_{0t} \cdot (-\lambda(x) - \int_0^t \lambda_\rho(\rho) \cdot \rho_t ds') + u(t, x) + \int_0^t \left[u_{t_1} \cdot (-\lambda(x) - \int_\tau^t \lambda_\rho(\rho) \rho_t ds) \right] d\tau, \\ U_x = \varphi_{0x} \cdot (1 - \int_0^t \lambda_\rho(\rho) \rho_x ds') + \int_0^t \left[u_{t_1} \cdot (1 - \int_\tau^t \lambda_\rho(\rho) \rho_x ds) \right] d\tau, \\ l = x - \int_0^t \lambda(\rho(x, t, s')) ds', l_1 = x - \int_\tau^t \lambda(\rho(x, t, s)) ds, \end{cases} \quad (7)$$

затем с помощью подстановки полученных значений U_t и U_x в (5) получим верное тождество. Принимая во внимание (5) и (6) из рассматриваемого уравнения (1) вытекает следующее

$$u_t(t, x) = (Az)(t) + f(t, x, (Bu)(t, x)). \quad (8)$$

Так как интегро-дифференциальное уравнение (8) с условием (5) является задачей Коши, то имеем

$$u(t, x) = \varphi_2(x) + \int_0^t [(Az)(\tau) + f(\tau, x, (Bu)(\tau, x))] d\tau \equiv (Qu)(t, x). \quad (9)$$

В данном уравнении (9) содержатся две неизвестные функции (u, z) . Для выяснения разрешимости полученного уравнения имеющихся условий недостаточно, поэтому учитывая условия задачи (3), (5) и уравнение (9), а также задавая условие $x = x_i$, имеем

$$g(t) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i u(t, x_i) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \left\{ \varphi_2(x_i) + \int_0^t (Az)(\tau) d\tau + \int_0^t f(\tau, x_i, (Bu)(\tau, x_i)) d\tau \right\}. \quad (10)$$

Вследствие условия заданного в (1), вытекает необходимость выразить

$$\int_0^t (Az)(\tau) d\tau \equiv Qz, \text{ то есть из (10) следует} \\ \int_0^t (Az)(\tau) d\tau = \beta^{-1} \left\{ g(t) - \sum_{i=1}^3 \alpha_i \left[\varphi_2(x_i) + \int_0^t f(\tau, x_i, (Bu)(\tau, x_i)) d\tau \right] \right\} \equiv (B_1 u)(t), \quad (11)$$

а это означает, что из уравнения (9) исключается $\tilde{Q}z$, то есть подставим (11) в уравнение (9) и получим

$$u(t, x) = \varphi_2(x) + \int_0^t f(\tau, x, (Bu)(\tau, x)) d\tau + B_1 u(t) \equiv (Hu)(t, x). \quad (12)$$

Уравнение (12) содержит только неизвестную функцию u , и по классификации интегральных уравнений является интегральным уравнением типа Вольтерра второго рода по переменной $t \in [0, T]$.

При выполнении условий

$$L_H < 1, \quad (13)$$

где L_H является коэффициентом Липшица оператора H [9],

$$H : S_r(u_0) \rightarrow S_r(u_0), S_r(u_0) = \{u \in C^1(\bar{\Omega}) : |u - u_0| \leq r = const, \forall (t, x) \in \bar{\Omega}\}, \quad (14)$$

очевидно, что уравнение (12) имеет одно и только одно решение в $C^1(\bar{\Omega})$.

Лемма 1. При выполнении условий (13) и (14), уравнение (12) разрешимо в $C^1(\bar{\Omega})$.

В самом деле, при выполнении условий (13) и (14), оператор H сжимающий и отображает область определения в себя, то есть выполняются условия принципа Банаха [9], поэтому уравнение (12) разрешимо в $C^1(\bar{\Omega})$. Отметим, что если $t \in [0, \infty)$, то относительно уравнения (12) не применима теория уравнений Вольтерра, следовательно, не нарушая

общности исследований интегральных уравнений второго рода, используем условия принципа Банаха [9]. Лемма 1 доказана.

III. Для нахождения функции $z(t)$ правую часть уравнения (11) обозначим через функцию $F(t)$, учитывая, что

$$F(0) = 0, F(t) \in C^2[0, T] \tag{15}$$

получим

$$\int_0^t (Az)(\tau) d\tau = F(t), \tag{16}$$

Далее дифференцируя (16) по переменной t , имеем $(Az)(t) = F'(t)$, пользуясь данным значением оператора Az из условия задачи (1), и вновь дифференцируя по t , получим следующее выражение

$$K_1(t, t)z(t) + \int_0^t K_{1t}(t, s)z(s)ds + \int_0^{N(t)} K_{2t}(t, s)z(s)ds = F''(t) \tag{17}$$

и интегрируя по частям (17), имеем

$$\begin{cases} p(t)\theta'(t) + K_0(t)\theta(t) = F_0(t) + (G\theta)(t) \\ \int_0^t z(s)ds = \theta(t), \\ \theta(0) = 0; z(t) = \theta'(t); |\theta'| = |z| \leq r, \forall t \in [0, T], \\ (G\theta)(t) \equiv \int_0^t K_{1ts}(t, s)\theta(s)ds + \int_0^{N(t)} K_{2ts}(t, s)\theta(s)ds, \\ p(t) \equiv K_1(t, t), F_0(t) \equiv F''(t); K_0(t) \equiv K_{1t}(t, t) \geq \alpha > 0. \end{cases} \tag{18}$$

Регуляризируем данную систему (18) в $C[0, T]$, введем возмущенную систему [7]:

$$\begin{cases} (\varepsilon + p(t))\theta_\varepsilon'(t) + K_0(t)\theta_\varepsilon(t) \equiv (G\theta_\varepsilon)(t) + F_0(t), \\ \delta z_\delta(t) + \int_0^t z_\delta(s)ds = \theta_\varepsilon(t) + \delta z(0), (\theta_\varepsilon(0) = 0), \end{cases} \tag{19}$$

где ε, δ - малые параметры. Тогда (19) преобразуется к виду

$$\begin{cases} \theta_\varepsilon(t) = \int_0^t W(t, s, \varepsilon) \frac{1}{\varepsilon + p(s)} \{G\theta_\varepsilon(s) + F_0(s)\} ds \equiv (P\theta)(t), \\ z_\delta(t) = -\frac{1}{\delta^2} \int_0^t W_0(t, s, \delta) \cdot [\theta_\varepsilon(s) - v_\varepsilon(t)] ds + \frac{1}{\delta} W_0(t, 0, \delta)\theta_\varepsilon(t) + W_0(t, 0, \delta)z(0), \end{cases} \tag{20}$$

где имеют место ограничения

$$\begin{cases} W \equiv e^{-\int_s^t \frac{K_0(\tau) d\tau}{\varepsilon + p(\tau)}}; |W(t, s, \varepsilon)| \leq e^{-\int_s^t \frac{\alpha d\tau}{\varepsilon + p(\tau)}}, \\ W_0 \equiv e^{-\frac{1}{\delta}(t-s)}, (s \leq t). \end{cases} \tag{21}$$

Проведем оценку первого уравнения системы (20)

$$\begin{cases}
 |\theta_\varepsilon(t)| \leq \int_0^t e^{-\int_s^t \frac{\alpha d\tau}{\varepsilon+p(\tau)}} \frac{1}{\varepsilon+p(s)} \left\{ M_0 + M_1 \int_0^s |\theta_\varepsilon(s')| ds' + M_2 \int_0^{N(t)} |\theta_\varepsilon(s')| ds' \right\} ds \leq \\
 \leq \frac{1}{\alpha} \int_0^t e^{-\int_s^t \frac{\alpha d\tau}{\varepsilon+p(\tau)}} d \left(-\int_s^t \frac{\alpha d\tau}{\varepsilon+p(\tau)} \right) \times \left\{ M_0 + (M_1 T + M_2 \|N(t)\|_C T) \|\theta_\varepsilon(t)\|_C \right\} = \\
 = \frac{1}{\alpha} \left(1 - e^{-\int_0^t \frac{\alpha d\tau}{\varepsilon+p(\tau)}} \right) \left\{ M_0 + d_0 \|\theta_\varepsilon(t)\|_C \right\} \leq \frac{1}{\alpha} M_0 + \frac{1}{\alpha} d_0 \|\theta_\varepsilon(t)\|_C, \tag{22} \\
 M_0 = \sup_{[0,T]} |F_0(t)|, M_1 = \sup_{D_1} |K_{1s}(t,s)|, M_2 = \sup_{D_1} |K_{2s}(t,s)|, \\
 d_0 = M_1 T + M_2 \|N(t)\|_C T, \gamma_0 = \frac{1}{\alpha} M_0,
 \end{cases}$$

и с учетом оценки (22), а также, полагая $\frac{1}{\alpha} d_0 = h < 1$, получим

$$\begin{cases}
 \|\theta_\varepsilon(t)\|_C \leq (1-h)^{-1} \gamma_0, \\
 \|z_\delta(t)\| \leq L_{\theta_\varepsilon} (1+e^{-1}) + |q_0| \leq 2L_{\theta_\varepsilon} + |q_0| \equiv N_0 = const, \tag{23}
 \end{cases}$$

отсюда видно, что система уравнений (20) разрешима, так как функции $\theta_\varepsilon(t)$ и $z_\delta(t)$ ограничены по норме в $C[0, T]$.

Лемма 2. При выполнении условий (23) существует единственное решение системы (20) в указанном классе функций, причем это решение сходится равномерно к решению системы (18) при $\varepsilon \rightarrow 0 (\delta \rightarrow 0)$.

Для доказательства выполним подстановку вида

$$\begin{cases}
 \theta_\varepsilon(t) = \theta(t) + \xi_\varepsilon(t), \\
 z_\delta(t) = z(t) + \eta_\delta(t), \forall t \in [0, T], \tag{24}
 \end{cases}$$

далее получим

$$\begin{cases}
 \xi_\varepsilon(t) = \int_0^t W(t,s,\varepsilon) \frac{1}{\varepsilon+p(s)} \left\{ (G[\theta + \xi_\varepsilon])(s) - (G\theta)(s) - \varepsilon \theta_s(s) \right\} ds \equiv (Q\xi_\varepsilon)(t), \\
 \eta_\delta(t) = -\frac{1}{\delta^2} \int_0^t W_0(t,s,\delta) \left\{ \theta_\varepsilon(s) - \theta(s) \right\} ds + \frac{1}{\delta} \left\{ \theta_\varepsilon(t) - \theta(t) \right\} + \Delta(\delta, z), \tag{25} \\
 \Delta(\delta, z) = -\frac{1}{\delta} \int_0^t W_0(t,s,\varepsilon) \left\{ z(t) - z(s) \right\} ds - W_0(t,0,\delta)(z(t) - z(0)).
 \end{cases}$$

Оценивая исходную систему (25), имеем

$$\begin{cases}
 \|\xi_\varepsilon(t)\| \leq \frac{1}{\alpha} (M_1 T + M_2 \|N_0(t)\|_C T) \|\xi_\varepsilon(t)\|_C + \frac{1}{\alpha} r_0 \varepsilon, \\
 \|\eta_\delta(t)\| \leq \frac{1}{\delta^2} \int_0^t e^{-\frac{1}{\delta}(t-s)} |\theta_\varepsilon(s) - \theta(s)| ds + \frac{1}{\delta} |\theta_\varepsilon(t) - \theta(t)| + |\Delta(\delta, z)|, (|z| \leq r, \forall t \in C[0, T]), \tag{26}
 \end{cases}$$

следовательно

$$\left\{ \begin{aligned} \|\xi_\varepsilon(t)\|_C &\leq (1-h)^{-1} \frac{1}{\alpha} r_0 \varepsilon = N_0 \varepsilon, (N_0 = \frac{1}{\alpha} r_0). \\ \|\eta_\varepsilon(t)\|_C &\leq 2N_0 \frac{1}{\delta} \varepsilon + \|\Delta(\delta, z)\|_C, \\ \|\Delta(\delta, z)\|_C &\leq L_z(1+e^{-1})\delta \leq 2L_z \delta, \left(0 < L_z, \frac{\varepsilon}{\delta} \xrightarrow{\delta \rightarrow 0(\varepsilon \rightarrow 0)} 0\right). \end{aligned} \right. \quad (27)$$

Учитывая условия (24) и (27), следует

$$\left\{ \begin{aligned} \|\theta_\varepsilon(t) - \theta(t)\|_C &\leq N_0 \varepsilon \xrightarrow{\varepsilon \rightarrow 0} 0, \\ \|z_\delta(t) - z(t)\|_C &\leq 2N_0 \frac{1}{\delta} \varepsilon + \|\Delta(\delta, z)\|_C \xrightarrow{\delta \rightarrow 0(\varepsilon \rightarrow 0)} 0, \end{aligned} \right. \quad (28)$$

то есть

$$\left\{ \begin{aligned} \xi_\varepsilon(t) &\xrightarrow{\varepsilon \rightarrow 0} 0, \forall t \in C[0, T], \\ \eta_\delta(t) &\xrightarrow{\delta \rightarrow 0} 0, \forall t \in C[0, T], \\ z_\delta(t) &\xrightarrow{\delta \rightarrow 0} 0, \forall t \in C[0, T], \end{aligned} \right. \quad (29)$$

а это означает

$$(\theta_\varepsilon(t); z_\delta(t)) \xrightarrow{\varepsilon \rightarrow 0(\delta \rightarrow 0)} (\theta(t); z(t)), \forall t \in [0, T], \quad (30)$$

что и требовалось доказать. Лемма 2 доказана.

Теорема 1. При выполнении условий лемм 1 и 2 обратнo-нелокальная задача (1)-(3) регуляризуема в $W_C(\bar{\Omega})$.

Заклoчение

В работе доказана достаточная разрешимость обратной задачи с интегральной зависимостью, которая с помощью модификации метода вспомогательной функции вырождается в интегральное уравнение Вольтерра третьего рода [8]. Для доказательства разрешимости исходной задачи в $W_C(\bar{\Omega})$ применены методы интегральных преобразований и методы регуляризации интегральных уравнений третьего рода.

Список литературы

1. Аниконов Д.С. К вопросу о единственности решения обратных задач для уравнений математической физики // Дифференциальные уравнения. – 1979. – Т. 15, №1 – С.3-9.
2. Бухгейм А.Л. Уравнение Вольтерра и обратные задачи.- Новосибирск: Наука, 1983. - 207 с.
3. Магницкий Н.А. Линейные интегральные уравнения Вольтерра первого и третьего рода // ЖВМ и МФ. – 1979. - Т.19, №4. – С.970-989.
4. Нахушев А.М. Обратные задачи для вырождающихся уравнений и интегральных уравнений Вольтерра третьего рода // Дифференциальные уравнения. – Т.10, №1, 1974. - С. 100-111.
5. Омуров Т.Д. Методы регуляризации интегральных уравнений Вольтерра первого и третьего рода.- Бишкек: Илим, 2003.- 162с.
6. Омуров Т.Д., Алыбаев А.М., Джумагулов К.Р. Обратнo-нелокальная задача в неограниченной области, где вырождается неклассическое интегральное уравнение Вольтерра третьего рода //Наука, техника и образование. - №1(31)., 2017. с.10-15
7. Омуров Т.Д., Рыспаев А.О., Омуров М.Т. Обратные задачи в приложениях математической физики. - КНУ им. Ж. Баласагына. – Б.: 2014. –192 с.

8. Омуров Т.Д., Джумагулов К.Р., Омуров М.Т. Регуляризация обратных задач, где вырождается уравнение Вольтерра первого рода с особым решением // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по матер. XLII междунар. науч.-практ. конф. №5(40).- Новосибирск: СибАК,2016.- с.98-110.

9. Треногин В.А. Функциональный анализ. – Москва: Наука, 1980. – 496 с.

УДК 517.949.6

СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОЛЕБАНИЙ СТРУНЫ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Кутунаев Ж.Н. Ошский технологический университет им.акад.М.М. Адышева, 723503, Кыргызская Республика, г.Ош, ул.Н.Исанова 81, Тел: (3222) 4-38-83 E-mail: zh.kutunaev@mail.ru,

Рахматали кызы Э. Ошский технологический университет им.акад.М.М. Адышева, 723503, Кыргызская Республика, г.Ош, ул.Н.Исанова 81, Тел: (3222) 4-38-83

Кубанычбек кызы Т. Ошский технологический университет им.акад.М.М. Адышева, 723503, Кыргызская Республика, г.Ош, ул.Н.Исанова 81, Тел: (3222) 4-38-83

Многие задачи математической физики приводят к дифференциальным уравнениям с частными производными. В настоящей статье рассмотрено одно из основных уравнений гиперболического типа, наиболее часто встречающегося 2-го порядка.

Ключевые слова: уравнение гиперболического типа, уравнение с частными производными, струна, крутильные колебания вала, колебания газа, поперечные колебания струны.

CREATION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE STRING OSCILLATIONS AND ITS USAGE

Kutunaev Zh.N. Osh technical university named after academic M.M.Adyshev, 723503, Kyrgyz Republic, Osh c., N.Isanov st.81, Number: (3222) 4-38-83 E-mail: zh.kutunaev@mail.ru,

Rahmatali kyzy A. Osh technical university named after academic M.M.Adyshev, 723503, Kyrgyz Republic, Osh c., N.Isanov st.81, Number: (3222) 4-38-83

Kubanychbek kyzy T. Osh technical university named after academic M.M.Adyshev, 723503, Kyrgyz Republic, Osh c., N.Isanov st.81, Number: (3222) 4-38-83

Many problems in mathematical physics lead to differential equations with particular derivatives. This article considers one of the main equations of hyperbolic type: the 4th and the most frequently coming across the second order.

Key words: hyperbolic equation, equations with particular derivatives, string, torsional oscillations of a shaft, gas oscillations, transverse oscillations of a string.

Введение. В статье рассмотрено простейшее уравнение гиперболического типа – волновое уравнение. К исследованию этого уравнения приводят рассмотрение процессов поперечных колебаний струны, продольных колебаний стержня, электрических колебаний в проводе, крутильных колебаний вала, колебаний газа и т. д.

В математической физике под струной понимают гибкую, упругую нить. Напряжения, возникающие в струне, в любой момент времени направлены по касательной к ее профилю. Пусть струна длины l в начальный момент направлена по отрезку оси Ox от 0 до l .

Предположим, что концы струны закреплены в точках $x = 0$ и $x = 1$. Если струну отклонить от ее первоначального положения, затем предоставить самой себе или, не отклоняя струны, придать в начальный момент ее точкам некоторую скорость, или отклонить струну и придать ее точкам некоторую скорость, то точки струны будут совершать движения – говорят, струна начнет колебаться. Задача заключается в определении формы струны в любой момент времени и определении закона движения каждой точки струны в зависимости от времени.

Будем рассматривать малые отклонения точек струны от начального положения. В силу этого можно предполагать, что движение точек струны происходит перпендикулярно оси Ox и в одной плоскости. При этом предположении процесс колебания струны описывается одной функцией $u(x, t)$, которая дает величину перемещения точки струны с абсциссой x в момент t .

Постановка задачи. Найти решение уравнения колебаний

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + a_2 \frac{\partial u}{\partial x} + a_3 \frac{\partial u}{\partial t} + a_4 u, \quad 0 < x < \infty, \quad t > 1, \quad (1)$$

удовлетворяющее граничному условию

$$u_{tt}(0, t) + u_t(0, t) + u_x(0, t) + u(0, t) = \sin \omega t + \cos \omega \quad (2)$$

и начальному условию

$$u(x, 0) = 0, \quad u_t(x, 0) = f(x) \quad (3)$$

где $a_i (i = \overline{1, 4})$ – постоянные коэффициенты, $f(x)$ – заданная функция.

В данной статье рассмотрим сумму двух бегущих волн вида

$$u(x, t) = e^{\psi_1(x) + \beta_1 t} f(\varphi(x) + t) + e^{\psi_2(x) + \beta_2 t} f(\varphi(x) - t) \quad (4)$$

где β_1, β_2 – произвольные постоянные, $\psi_1, \psi_2, f, \varphi$ – произвольные, дважды непрерывно дифференцируемые функции своих аргументов, $\varphi'(x) \neq 0$.

Пусть бегущая волна (4) есть общее решение некоторого уравнения гиперболического типа (1) и удовлетворяет граничному (2), начальному условию (3).

Дифференцируя функцию (4), получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} = & e^{\psi_1(x) + \beta_1 t} [\psi_1'(x) f(\varphi(x) + t) + \varphi'(x) f'(\varphi(x) + t)] \\ & + e^{\psi_2(x) + \beta_2 t} [\psi_2'(x) f(\varphi(x) - t) + \varphi'(x) f'(\varphi(x) - t)]. \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = & \psi_1''(x) e^{\psi_1(x) + \beta_1 t} [\psi_1'(x) f(\varphi(x) + t) + \varphi'(x) f'(\varphi(x) + t)] + \\ & e^{\psi_1(x) + \beta_1 t} [\psi_1''(x) f(\varphi(x) + t) + \psi_1'(x) \varphi'(x) f'(\varphi(x) + t) \varphi''(x) f'(\varphi(x) + t) + (\varphi'(x))^2 f''(\varphi(x) + t)] \\ & + \psi_2''(x) e^{\psi_2(x) + \beta_2 t} [\psi_2'(x) f(\varphi(x) - t) + \varphi'(x) f'(\varphi(x) - t)] \\ & + e^{\psi_2(x) + \beta_2 t} [\psi_2''(x) f(\varphi(x) - t) \\ & + \psi_2'(x) \varphi'(x) f'(\varphi(x) - t) + \varphi''(x) f'(\varphi(x) - t) + (\varphi'(x))^2 f''(\varphi(x) - t)] \end{aligned}$$

или, окончательно

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = & e^{\psi_1(x) + \beta_1 t} \left[\left((\psi_1'(x))^2 + \psi_1''(x) \right) f(\varphi(x) + t) \right. \\ & \left. + (2\psi_1'(x) \varphi'(x) + \varphi''(x)) f'(\varphi(x) + t) + (\varphi'(x))^2 f''(\varphi(x) + t) \right] \\ & + e^{\psi_2(x) + \beta_2 t} \left[\left((\psi_2'(x))^2 + \psi_2''(x) \right) f(\varphi(x) - t) \right. \\ & \left. + (2\psi_2'(x) \varphi'(x) + \varphi''(x)) f'(\varphi(x) - t) + (\varphi'(x))^2 f''(\varphi(x) - t) \right]. \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} = & e^{\psi_1(x) + \beta_1 t} (\beta_1 f(\varphi(x) + t) + f'(\varphi(x) + t)) \\ & + e^{\psi_2(x) + \beta_2 t} (\beta_2 f(\varphi(x) - t) - f'(\varphi(x) - t)). \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = & \beta_1 e^{\psi_1(x) + \beta_1 t} (\beta_1 f(\varphi(x) + t) + f'(\varphi(x) + t)) \\ & + e^{\psi_1(x) + \beta_1 t} (\beta_1 f'(\varphi(x) + t) + f''(\varphi(x) + t)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & +\beta_2 e^{\psi_2(x)+\beta_2 t}(\beta_2 f(\varphi(x)-t)-f'(\varphi(x)-t))+e^{\psi_2(x)+\beta_2 t}(-\beta_2 f'(\varphi(x)-t)+f''(\varphi(x)-t)) \\
 & = e^{\psi_1(x)+\beta_1 t}[\beta_1^2 f(\varphi(x)+t)+2\beta_1 f'(\varphi(x)+t)+f''(\varphi(x)+t)] \\
 & \quad +e^{\psi_2(x)+\beta_2 t}[\beta_2^2 f(\varphi(x)-t)-2\beta_2 f'(\varphi(x)-t)+f''(\varphi(x)-t)]. \tag{8}
 \end{aligned}$$

Подставляя (4) - (8) в (1), получим

$$\begin{aligned}
 & e^{\psi_1(x)+\beta_1 t}[\beta_1^2 f(\varphi(x)+t)+2\beta_1 f'(\varphi(x)+t)+f''(\varphi(x)+t)] \\
 & +e^{\psi_2(x)+\beta_2 t}[\beta_2^2 f(\varphi(x)-t)-2\beta_2 f'(\varphi(x)-t)+f''(\varphi(x)-t)] \\
 & = a_1 \left\{ e^{\psi_1(x)+\beta_1 t} \left[\left((\psi_1'(x))^2 + \psi_1''(x) \right) f(\varphi(x)+t) \right. \right. \\
 & \left. \left. + (2\psi_1'(x)\varphi'(x) + \varphi''(x))f'(\varphi(x)+t) + (\varphi'(x))^2 f''(\varphi(x)+t) \right] \right. \\
 & \quad \left. + e^{\psi_2(x)+\beta_2 t} \left[\left((\psi_2'(x))^2 + \psi_2''(x) \right) f(\varphi(x)-t) \right. \right. \\
 & \left. \left. + (2\psi_2'(x)\varphi'(x) + \varphi''(x))f'(\varphi(x)-t) + (\varphi'(x))^2 f''(\varphi(x)-t) \right] \right\} \\
 & + a_2 \left\{ e^{\psi_1(x)+\beta_1 t} [\psi_1'(x)f(\varphi(x)+t) + \varphi'(x)f'(\varphi(x)+t)] \right. \\
 & \quad \left. + e^{\psi_2(x)+\beta_2 t} [\psi_2'(x)f(\varphi(x)-t) + \varphi'(x)f'(\varphi(x)-t)] \right\} \\
 & + a_3 \left\{ e^{\psi_1(x)+\beta_1 t} (\beta_1 f(\varphi(x)+t) + f'(\varphi(x)+t)) \right. \\
 & \quad \left. + e^{\psi_2(x)+\beta_2 t} (\beta_2 f(\varphi(x)-t) - f'(\varphi(x)-t)) \right\} \\
 & + a_4 \left\{ e^{\psi_1(x)+\beta_1 t} f(\varphi(x)+t) + e^{\psi_2(x)+\beta_2 t} f(\varphi(x)-t) \right\}. \tag{9}
 \end{aligned}$$

Приравнявая коэффициенты при $f(\varphi(x)+t)$, $f'(\varphi(x)+t)$, $f''(\varphi(x)+t)$, $f(\varphi(x)-t)$, $f'(\varphi(x)-t)$, $f''(\varphi(x)-t)$ в левых и правых частях полученного равенства, имеем

$$\begin{cases}
 \beta_1^2 = a_1 \left((\psi_1'(x))^2 + \psi_1''(x) \right) + a_2 \psi_1'(x) + a_3 \beta_1 + a_4, \\
 2\beta_1 = a_1 (2\psi_1'(x)\varphi'(x) + \varphi''(x)) + a_2 \varphi'(x) + a_3, \\
 1 = a_1 (\varphi'(x))^2, \\
 \beta_2^2 = a_1 \left((\psi_2'(x))^2 + \psi_2''(x) \right) + a_2 \psi_2'(x) + a_3 \beta_2 + a_4, \\
 -2\beta_2 = a_1 (2\psi_2'(x)\varphi'(x) + \varphi''(x)) + a_2 \varphi'(x) - a_3, \\
 1 = a_1 (\varphi'(x))^2.
 \end{cases}$$

Из этой системы видно, что неизвестные a_1 , a_2 , a_3 , a_4 следует определить из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases}
 a_1 = \frac{1}{(\varphi'(x))^2}, \\
 2\beta_1 = \frac{1}{(\varphi'(x))^2} (2\psi_1'(x)\varphi'(x) + \varphi''(x)) + a_2 \varphi'(x) + a_3, \\
 -2\beta_2 = \frac{1}{(\varphi'(x))^2} (2\psi_2'(x)\varphi'(x) + \varphi''(x)) + a_2 \varphi'(x) - a_3, \\
 \beta_1^2 = \frac{1}{(\varphi'(x))^2} \left((\psi_1'(x))^2 + \psi_1''(x) \right) + a_2 \psi_1'(x) + a_3 \beta_1 + a_4, \\
 \beta_2^2 = \frac{1}{(\varphi'(x))^2} \left((\psi_2'(x))^2 + \psi_2''(x) \right) + a_2 \psi_2'(x) + a_3 \beta_2 + a_4.
 \end{cases} \tag{10}$$

Из первых трех уравнений системы (10) a_1 , a_2 , a_3 :

$$\begin{cases}
 a_1 = \frac{1}{(\varphi'(x))^2}, \\
 a_2 = \frac{\beta_1 - \beta_2}{\varphi'(x)} - \frac{\psi_1'(x) + \psi_2'(x)}{(\varphi'(x))^2} - \frac{\varphi''(x)}{(\varphi'(x))^3}, \\
 a_3 = \beta_1 + \beta_2 - \frac{1}{\varphi'(x)} (\psi_1'(x) - \psi_2'(x)).
 \end{cases} \tag{11}$$

Используя найденные значения a_1 , a_2 , a_3 из четвертого уравнения системы (10) найдем a_4 . Тогда, после некоторых вычислений, получим

$$a_4 = \frac{\beta_1^2 + \beta_2^2}{2} + \frac{1}{2((\varphi'(x))^2)} [(\psi_1'(x))^2 + \psi_1''(x) + (\psi_2'(x))^2 + \psi_2''(x)] - \frac{1}{2} \left[\frac{\beta_1 - \beta_2}{\varphi'(x)} - \frac{\psi_1'(x) + \psi_2'(x)}{((\varphi'(x))^2)} - \frac{\varphi''(x)}{((\varphi'(x))^3)} \right] (\psi_1'(x) + \psi_2'(x)) - \frac{1}{2} \left[\beta_1 + \beta_2 - \frac{1}{\varphi'(x)} (\psi_1'(x) + \psi_2'(x)) \right] (\beta_1 + \beta_2). \quad (12)$$

Определение a_4 из пятого уравнения из системы (10) также приводит к результату (12), поэтому система (10) совместна. Таким образом, доказана следующая теорема.

Теорема. Уравнение гиперболического типа

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{1}{(\varphi'(x))^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \left\{ \frac{\beta_1 - \beta_2}{\varphi'(x)} - \frac{\psi_1'(x) + \psi_2'(x)}{(\varphi'(x))^2} - \frac{\varphi''(x)}{(\varphi'(x))^3} \right\} \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + \left\{ \beta_1 + \beta_2 - \frac{1}{\varphi'(x)} (\psi_1'(x) - \psi_2'(x)) \right\} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \left\{ \frac{\beta_1^2 + \beta_2^2}{2} + \frac{1}{2((\varphi'(x))^2)} [(\psi_1'(x))^2 + \psi_1''(x) + (\psi_2'(x))^2 + \psi_2''(x)] - \frac{1}{2} \left[\frac{\beta_1 - \beta_2}{\varphi'(x)} - \frac{\psi_1'(x) + \psi_2'(x)}{((\varphi'(x))^2)} - \frac{\varphi''(x)}{((\varphi'(x))^3)} \right] (\psi_1'(x) + \psi_2'(x)) - \frac{1}{2} \left[\beta_1 + \beta_2 - \frac{1}{\varphi'(x)} (\psi_1'(x) + \psi_2'(x)) \right] (\beta_1 + \beta_2) \right\} \cdot u$$

допускает общее решение уравнения (1).

Вывод. Выбор величин β_1, β_2, C и функций $\psi_1, \psi_2, f, \varphi$ позволяет получить различные уравнения, часто встречающиеся в прикладных, технических и инженерных науках.

Аналогично можно доказать, что уравнение

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{1}{(\varphi'(x))^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \left\{ \frac{\beta_1 - \beta_2}{\varphi'(x)} - \frac{\psi_1'(x) + \psi_2'(x)}{(\varphi'(x))^2} - \frac{\varphi''(x)}{(\varphi'(x))^3} \right\} \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + \left\{ \beta_1 + \beta_2 - \frac{1}{\varphi'(x)} (\psi_1'(x) - \psi_2'(x)) \right\} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \left\{ \frac{\beta_1^2 + \beta_2^2}{2} + \frac{1}{2((\varphi'(x))^2)} [(\psi_1'(x))^2 + \psi_1''(x) + (\psi_2'(x))^2 + \psi_2''(x)] - \frac{1}{2} \left[\frac{\beta_1 - \beta_2}{\varphi'(x)} - \frac{\psi_1'(x) + \psi_2'(x)}{((\varphi'(x))^2)} - \frac{\varphi''(x)}{((\varphi'(x))^3)} \right] (\psi_1'(x) + \psi_2'(x)) - \frac{1}{2} \left[\beta_1 + \beta_2 - \frac{1}{\varphi'(x)} (\psi_1'(x) + \psi_2'(x)) \right] (\beta_1 + \beta_2) \right\} \cdot u$$

и допускает общее решение вида

$$u(x, t) = e^{\psi_1(x) + \beta_1 t} f(\varphi(x) + t) + e^{C\psi_2(x) + \beta_2 t} f(\varphi(x) - t).$$

где β_1, β_2, C – произвольные постоянные числа, $\psi_1, \psi_2, f, \varphi$ – произвольные, дважды непрерывно дифференцируемые функции своих аргументов, $\varphi'(x) \neq 0$.

Список использованной литературы

1. А.А. Самарский, А.П. Михайлов. Математическое моделирование. -М.: физматлит-2005, 313с.
2. Я.С. Бугров, С.М. Никольский. Дифференциальные уравнения. –Ростов-на-Дону 1991. 506с.
3. Я.Ацел, Ж.Домбр. Функциональные уравнения с несколькими переменными. – М.: физматлит-2003, 428с.
4. Р.Рафатов, А. Асанов. Дифференциалдыктендемелер. Бишкек-2007, 227 б.

5. В.С. Владимиров. Уравнения математической физики. –М.: физматлит -1991, 400с.
6. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики.-М.: Наука-1977, 736с.
7. Кутунаев Ж.Н..Решение модельных задач с помощью уравнения гиперболического типа с переменными коэффициентами. // Проблемы автоматики и управления №1 (32), Бишкек-2017, С.11-14.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИЛОВОГО ЦИЛИНДРА УНИВЕРСАЛЬНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТ СТАНКА

Муслимов А.П. доктор технических наук, профессор КГТУ им. И.Раззакова, г.Бишкек, Кыргызская Республика, 720044. пр.Ч.Айтматова 66.e-mail:

Гинятуллина А.М. аспирант КГТУ им. И.Раззакова, г.Бишкек, Кыргызская Республика, 720044. пр.Ч.Айтматова 66.e-mail: almirabari@gmail.com

Аннотация. В статье представлена разработка математической модели силового цилиндра универсальной автоматической системы управления режимами станка для исследование его динамики при черновой и чистовой обработках; рассматриваются вопросы обеспечения качества обрабатываемой поверхности при различных силовых параметрах резания, связанные с разработкой универсальной автоматической системы управления режимами работы станка для обеспечения стабильности и надежности работы системы.

Проведен анализ элементов автоматической системы управления с гидравлическим приводом и построены зависимости разгона силового гидроцилиндра при резкой, мгновенной подаче расхода рабочей жидкости в силовой цилиндр. Разработанная математическая модель силового цилиндра универсальной автоматической системы управления режимами станка позволяет произвести расчеты ее массо-геометрических и режимных параметров.

Ключевые слова: гидравлический привод станка, автоматическая система управления режимами работы станка, черновая и чистовая обработка поверхности детали, расход рабочей жидкости, скорость силового цилиндра, математическая модель силового цилиндра.

POWER CYLINDER FREQUENCY-RESPONSE ANALYSIS OF UNIVERSAL AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF TOOL USAGE PARAMETERS

Muslimov A.P. doctor of technical sciences, prof. KSTU named after I. Razzakov, 720044 Bischkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av.

Ginyatullina A.M. art. prep. KSTU named after I. Razzakov, 720044 Bischkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av. e-mail: almirabari@gmail.com

Abstract. The article presents the development of a mathematical model of a power cylinder for a universal automatic control system for machine modes for investigating its dynamics for roughing and finishing; the issues of ensuring the quality of the surface to be treated under various power parameters of cutting are discussed, related to the development of a universal automatic control system for machine operation modes to ensure the stability and reliability of the system.

The analysis of the elements of an automatic control system with a hydraulic drive is carried out and the dependences of acceleration of a power hydraulic cylinder are constructed in the

case of a sharp, instantaneous flow of the flow of working fluid into the power cylinder. The developed mathematical model of the power cylinder of the universal automatic control system for machine modes allows calculations of its mass-geometric and regime parameters.

Key words: hydraulic drive of the machine, automatic control system for operating modes of the machine, roughing and finishing of the workpiece surface, working fluid consumption, speed of the power cylinder, mathematical model of the power cylinder

Гидравлический привод широко применяют во многих отраслях, в частности в станкостроении, горном и дорожном машиностроении. Высокие эксплуатационные свойства, широкие потенциальные возможности, быстродействие и высокий КПД гидравлического привода делают его почти универсальным средством автоматизации технологических процессов. Применение гидравлического привода в станкостроении очень разнообразно. Он используется, в частности, в агрегатных станках, автоматических линиях, станках с ЧПУ. В станках некоторых групп (токарные, шлифовальные) он почти полностью вытеснил приводы других типов. В последнее время гидравлический привод находит широкое применение в горных буровых машинах для автоматизации процесса бурения и механизации вспомогательных операций буровых работ.

Гидравлический привод широко применяют для передачи движения основным и вспомогательным рабочим органам станочного оборудования, что обусловлено рядом его преимуществ, к числу которых относятся:

- Возможность передачи больших усилий при небольших габаритах и массах гидрооборудования.
- Возможность бесступенчатого регулирования скорости подачи в широких пределах для получения рациональных режимов резания и скоростей холостых ходов.
- Плавное реверсирование и торможение; возможность остановки рабочего органа в заданный момент.
- Широкие возможности применения гидравлических предохранительных устройств для регулирования движения различных органов.
- Дистанционность гидравлического привода, т.е простота и легкость реализации пространственных связей между элементами гидравлической системы станка.

Наряду с указанными достоинствами гидравлические приводы имеют следующие существенные недостатки, затрудняющие его применение:

- Нежесткая кинематическая характеристика привода, особенно при малых скоростях перемещения рабочих органов и малых расходах масла в насосе.
- Отсутствие автоматической системы регулирования режимами работ в агрегатных станках, полуавтоматах, автоматических линиях, сконструированных на базе гидравлических силовых головок.

Известно, что в металлообработке в основном используют два режима резания: черновая обработка, когда заготовка имеет большой припуск, его величина переменна, и следовательно силы резания изменяются в широком диапазоне, что приводит к интенсивному износу и поломке режущего инструмента; и чистовая обработка, когда величина припуска незначительна и практически постоянна, и соответственно силы резания изменяются в небольших пределах.

В связи с этим, для станкостроительного производства необходимо, чтобы гидравлические силовые головки, подающие механизмы должны быть универсальными, т.е должны обладать такой системой автоматического управления, при которой в зависимости от вида обработки обеспечивались бы необходимые режимы резания: для черновой – при возрастании нагрузки необходимо снижать скорость перемещения исполнительных, а при чистовой – наоборот – жестко стабилизировать скорость подачи инструмента.

Создание таких универсальных гидравлических адаптивных систем позволит выполнить на одном станке как черновую, так и чистовую обработку с высокой эффективностью с обеспечением качества продукции и производительности, что существенно расширит область их применения в машиностроении.

Разработка математической модели силового цилиндра гидросуппорта управления режимами черновой и чистовой обработок для исследования его динамических характеристик позволяет произвести расчеты, необходимые для проектирования и изготовления универсальной гидравлической адаптивной системы.

При выводе уравнения динамики силового цилиндра универсальной автоматической системы управления режимами работы станка с гидравлическим приводом, предназначенным для черновой обработки, примем следующий учет и пренебрежение факторов:

1. примем расчетную схему и обозначения, представленные на рис. 1;
2. учитываем силы инерции, трения, утечки и сжимаемость рабочей жидкости;
3. считаем, что массы движущихся частей и геометрические размеры силового цилиндра постоянны;
4. пренебрегаем изменением вязкости рабочей жидкости, считая, что ее температура изменяется в небольшом диапазоне.

Уравнение равновесия всех сил, действующих на поршень, составленное в соответствии с принципом Д'Аламбера [1]:

$$PF = M \frac{d^2x}{dt} + P_y + R_{тр}, \quad (1.1)$$

- где $R_{тр}$ – сила трения;
 M – масса движущихся частей;
 x – перемещение поршня;
 P – давление в рабочей полости силового цилиндра;
 F – площадь силового цилиндра:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4};$$

- D – диаметр силового цилиндра;
 d_1 – диаметр штока.

Уравнение связи рабочей жидкости и поршня:

$$P \cdot F = K_{ж} \cdot (y - x), \quad (1.2)$$

- где $K_{ж}$ – коэффициент жесткости гидравлической пружины;
 y – координата рабочей жидкости.

Уравнение, выражающее принцип неразрывности потока рабочей жидкости:

$$Q = F \frac{dx}{dt} + F \frac{d(y - x)}{dt} + K_y \cdot P, \quad (1.3)$$

- где Q – расход, поступающий в силовой цилиндр;
 $\frac{dx}{dt}$ – скорость силового цилиндра;
 K_y – коэффициент утечек;
 $F \frac{d(y-x)}{dt}$ – расход, компенсирующий сжимаемость;
 $K_y \cdot P$ – расход, компенсирующий утечки.

Решая совместно систему уравнений (1.1), (1.2), (1.3), после преобразований получим:

$$\frac{Q}{F} = \frac{M}{K} \cdot \frac{d^3 x}{dt^3} + \frac{K_y \cdot M}{F^2} + \frac{dx}{dt} + \frac{d(R_{тр} + P_y)}{K_{ж} \cdot dt} + \frac{K_y \cdot R_{тр} + P_y}{F^2}, \quad (1.4)$$

Считаем, что $R_{тр} = const$, тогда

$$\frac{d(R_{тр} + P_y)}{K_{ж} \cdot dt} = 0.$$

Уравнение (1.4) является общим дифференциальным уравнением динамики силового цилиндра

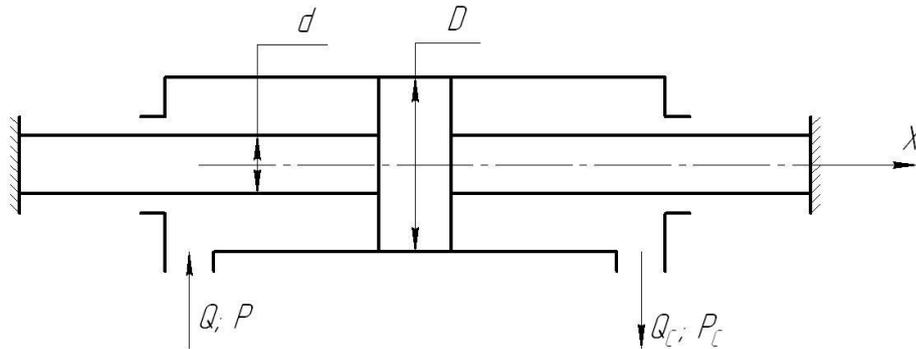


Рис. 1 Расчетная схема силового гидроцилиндра

Введем обозначения:

$$T_1 = \sqrt{\frac{M}{K_{ж}}}; \quad \xi_1 = \frac{K_y \cdot \sqrt{M \cdot K_{ж}}}{2F^2}; \quad \alpha_0 = \frac{P_y + R_{тр}}{M}; \quad V_0 = \frac{Q}{F}; \quad V = \frac{dx}{dt}; \quad (1.5)$$

Подставляя (1.5) в (1.4), получим уравнение в форме, принятой в теории автоматического регулирования:

$$T_1^2 \frac{d^2 V}{dt^2} + 2\xi_1 M T_1 \frac{dV}{dt} + V + 2\xi_1 T_1 \alpha_0 = V_0, \quad (1.6)$$

где T_1 – постоянная времени, характеризующая инерционность системы;
 ξ_1 – коэффициент относительного демпфирования;
 α_0 – отношение сил к массе движущихся частей;
 V_0 – установившееся значение скорости движения поршня.

Общее решение дифференциального уравнения (1.6) определим путем составления характеристического уравнения и определения его корней:

$$T_1^2 K^2 + 2\xi_1 T_1 K + 1 = 0$$

$$K_{1,2} = -\frac{\xi_1}{T_1} \pm \frac{1}{T_1} \sqrt{\xi_1^2 - 1}$$

Если $\xi_1^2 \geq 1$, т.е. $K_y^2 + K_{ж} > \frac{2F^2}{M}$, то

$$V = c_1 \cdot e^{k_1 t} + c_2 \cdot e^{k_2 t} + V_0 - 2\xi_1 T_1 \alpha_0 \quad (1.7)$$

Постоянные интегрирования определяются из начальных условий:

$$t = 0, \quad V = 0, \quad \frac{dV}{dt} = 0,$$

$$c_2 = -k_1 \frac{V_0 - 2\xi_1 T_1 \alpha_0}{k_1 - k_2} \quad (1.8)$$

$$c_1 = -k_2 \frac{V_0 - 2\xi_1 T_1 \alpha_0}{k_1 - k_2}$$

Если $\xi_1^2 < 1$, то введем обозначения:

$$\omega = \frac{1}{T} \sqrt{1 - \xi_1^2}$$

$$K_{1,2} = -\frac{\xi_1}{T_1} \pm j\omega,$$

тогда решением будет:

$$V = e^{-\frac{\xi_1 t}{T_1}} (c_1 \cdot \cos \omega t + c_2 \cdot \sin \omega t) + V_0 - 2\xi_1 T_1 \alpha_0 \quad 1.9)$$

при начальных условиях:

$$c_1 = -(V_0 - 2\xi_1 T_1 \alpha_0)$$

$$c_2 = -\frac{\xi_1}{T_1 \omega} (V_0 - 2\xi_1 T_1 \alpha_0)$$

$$V = (V_0 - 2\xi_1 T_1 \alpha_0) \cdot \left[1 - e^{-\frac{\xi_1 t}{T_1}} \left(\cos \omega t + \frac{\xi_1}{T_1 \omega} \cdot \sin \omega t \right) \right] \quad 1.10)$$

Теоретический график переходного процесса силового цилиндра, вычисленный на основе уравнения (1.10) при принятых параметрах системы представлен на рис. 2.

Характер изменения выходной величины (скорости подачи) зависит от многих величин, но самое существенное влияние на нее оказывает изменение массы движущихся частей. Так, при увеличении массы движущихся частей от 0 до 100 кг звено является колебательным (рис. 2), а от 100 кг и выше оба корня характеристического уравнения являются вещественными и отрицательными, т.е. звено становится аperiodическим (рис. 3).



Рис. 2 График разгона силового гидроцилиндра при резкой, мгновенной подаче расхода в силовой цилиндр



Рис. 3 График разгона силового гидроцилиндра при резкой, мгновенной подаче расхода в силовой цилиндр, при массе движущихся частей более 100 кг.

Математическая модель силового цилиндра гидросуппорта, предназначенного для выполнения чистовых обработок.

В этом случае можно пренебречь сжимаемостью рабочей жидкости, так как силы резания применяются незначительно из-за малой величины и постоянства припуска на обработку.

Составляем следующие уравнения:

$$PF = M \frac{d^2x}{dt^2} + P_y + R_{тр}, \quad (1.11)$$

$$Q = F \frac{dx}{dt} + K_y \cdot P. \quad (1.12)$$

Решаем совместно уравнения (1.11) и (1.12):

$$Q = F \frac{dx}{dt} + \frac{K_y M}{F} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K_y (P_y + R_{тр})}{F}.$$

Разделим каждый член уравнения на F и после введения соответствующих обозначений:

$$T_{мех} = \frac{K_y M}{F^2}; \quad \frac{dx}{dt} = v; \quad \alpha_0 = \frac{K_y (P_y + R_{тр})}{F^2}; \quad v_0 = \frac{Q}{F};$$

получим математическую модель силового цилиндра гидросуппорта:

$$T_{мех} \frac{dv}{dt} + v = v_0 - \alpha_0. \quad (1.13)$$

Решение уравнения при $t = 0; v = 0$ будет:

$$v = (v_0 - \alpha_0) \left(1 - e^{-\frac{t}{T_{мех}}} \right), \quad (1.14)$$

т.е. переходный процесс протекает по экспоненте (рис. 4).

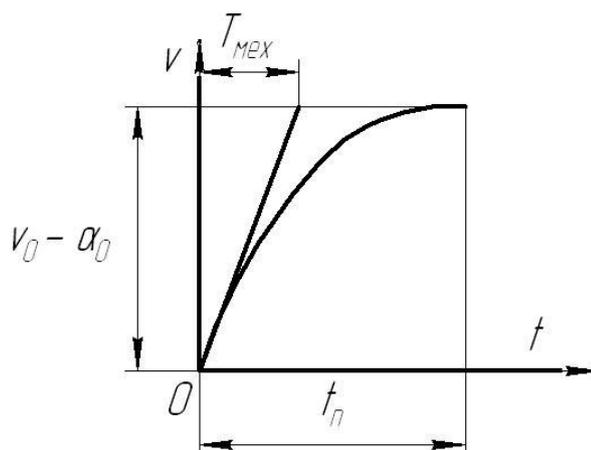


Рис. 4 График переходного процесса силового цилиндра

По значению механической постоянной времени $T_{\text{мех}}$ можно с достаточной для практики точностью определить длительность переходного процесса

$$t_n \approx 3T_{\text{мех}}.$$

Представленная разработанная математическая модель силового цилиндра гидросуппорта для исследования его динамических характеристик при выполнении черновых и чистовых токарных обработок позволяет произвести расчеты его массо-геометрических и режимных параметров, необходимы при проектировании и изготовлении универсальной автоматической системы управления режимами работ станка.

Список использованной литературы:

1. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: учебное пособие под редакцией С.П. Стемина. –М.: Академия, 2005 -335 с.
2. Бесекерский В. А., Попов Е. П., Теория систем автоматического регулирования. М., 1975. 768 с.
3. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы – 2-е издание, перераб. – М.: Машиностроение, 1982. -442 с.
4. Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. М., 1987. 464 с.
5. Свешников В.К. Гидрооборудование. Международный справочник. В 3-х кн. Издательский центр «Техинформ», 2001

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ЖИДКОСТИ С ЖЕСТКОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ СВЯЗЬЮ

Муслимов А.П. доктор технических наук, профессор КГТУ им. И.Раззакова, г.Бишкек, Кыргызская Республика, 720044. *пр. Ч.Айтматова 66.e-mail:*

Гинятуллина А.М. аспирант КГТУ им. И.Раззакова, г.Бишкек, Кыргызская Республика, 720044. *пр. Ч.Айтматова 66.e-mail: almirabari@gmail.com*

Аннотация. В статье представлена разработка математической модели регулятора расхода жидкости с жесткой механической связью для расчета и анализа динамических процессов для черновой и чистовой механической обработок. Рассматриваются вопросы обеспечения качества обрабатываемой поверхности при различных режимах резания,

связанные с разработкой регулятора расхода жидкости с жесткой механической связью универсальной автоматической системы управления режимами работы станка. Проведено теоретическое исследование элементов золотникового регулятора расхода жидкости, составлены уравнения динамики для механической и гидравлической частей золотника, построены зависимости переходных процессов регулятора по аperiодическому и колебательному законам, а также график зависимости расхода жидкости от изменения размеров щели. Разработанная математическая модель регулятора расхода может применяться для расчета и анализа динамических процессов при чистовой или черновой обработках и позволяет сконструировать регулятор расхода жидкости с жесткой механической связью с заранее заданными динамическими характеристиками.

Ключевые слова: гидравлический привод станка, золотниковый регулятор расхода жидкости, жесткость технологической системы, уравнение динамики регулятора расхода жидкости.

THE MATHEMATICAL MODEL OF LIQUID FLOW REGULATOR WITH A RIGID MECHANICAL CONNECTION

Muslimov A.P. doctor of technical sciences, prof. KSTU named after I. Razzakov, 720044 Bischkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av.

Ginyatullina A.M. art. prep. KSTU named after I. Razzakov, 720044 Bischkek, Kyrgyz Republic, 66 Ch. Aitmatov av. e-mail: almirabari@gmail.com

Abstract. The article presents the development of a mathematical model of a fluid flow controller with a rigid mechanical coupling for the calculation and analysis of dynamic processes for roughing and finishing mechanical machining. The problems of ensuring the quality of the surface to be treated under different cutting conditions are considered, related to the development of a liquid flow controller with rigid mechanical coupling of a universal automatic control system for the operating modes of the machine. The theoretical investigation of the components of the spool valve of the liquid flow is made, the equations of dynamics for the mechanical and hydraulic parts of the spool are compiled, the dependences of the regulator's transient processes on aperiodic and oscillatory laws are constructed, as well as the graph of the dependence of the fluid flow on the gap size change. The developed mathematical model of the flow regulator can be used for calculation and analysis of dynamic processes for finishing or rough machining and it allows designing a fluid flow controller with rigid mechanical coupling with predetermined dynamic characteristics.

Key words: hydraulic drive of the machine, spool type fluid-flow controller, rigidity of the technological system, equation of the dynamics of the fluid flow regulator.

В технологической системе использован регулятор подачи жидкости золотникового типа, имеющий пропускную щель с острыми краями. Поскольку в нем зависимость расхода масла от величины открытия пропускной щели при подключении к нему редуционного клапана линейна, что удобно для использования в системах с регулированием режимов работ станка.

Математическую модель регулятора расхода жидкости легко получить путем разделения его на два составляющих – механическую (ось золотника) и гидравлическую (щель регулятора) (расчетная схема показана на рис. 1).

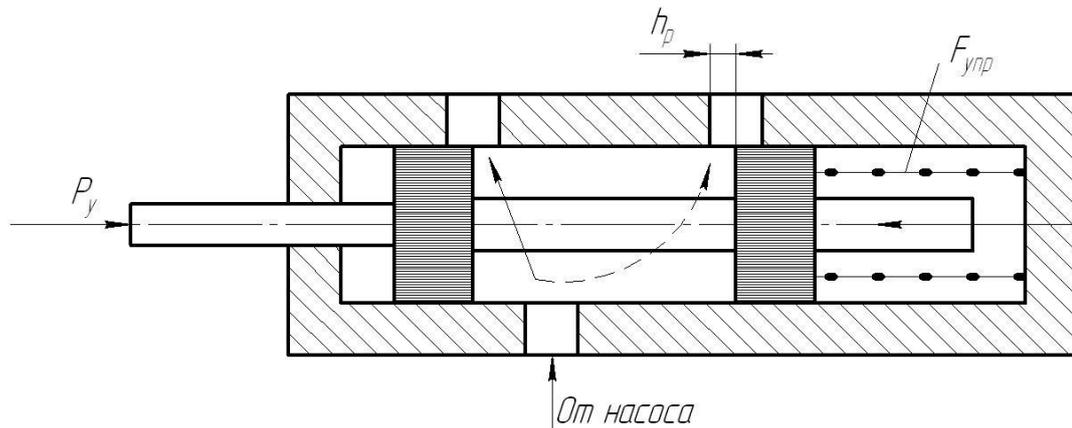


Рис. 1 Расчетная схема золотникового регулятора расхода жидкости

Механическая часть золотникового регулятора.

Уравнение динамики регулятора расхода, в этом случае учитывая, что расходы и давления в регуляторе небольшие, то можно пренебречь гидродинамической осевой составляющей силы потока, будет:

$$M \frac{d^2 h_p}{dt^2} + F_v + F_{упр} = P_y, \tag{1.1}$$

где $F_v = \vartheta \cdot \frac{dh_p}{dt}$, ϑ – коэффициент вязкого трения;
 P_y – радиальная составляющая силы резания;
 $F_{упр} = ch_p$ – сила пружины;
 c – коэффициент жесткости пружины;
 M – масса золотника.

Поделив каждый член уравнения (1.1) на коэффициент жесткости пружины, получим уравнение в преобразованиях Лапласа:

$$(T_z^2 p^2 + 2\xi T_z p + 1)h_p(p) = K_z P_y(p), \tag{1.2}$$

где $T_z = \sqrt{\frac{M}{c}} = 0,028$ с – постоянная времени;
 $\xi = \frac{\vartheta}{2c} \cdot T_z = 1,2$ – коэффициент относительного демпфирования;
 $K_z = \frac{1}{c} = 2,3 \cdot 10^{-4}$ с²/кг – коэффициент усиления регулятора.

Регулятор расхода является одним из сложных динамических звеньев технологической системы управления и его работа в большей степени определяет качество в целом всей системы регулирования.

С учетом введенных выше обозначений дифференциальное уравнение регулятора расхода будет иметь вид:

$$T_z^2 \frac{d^2 h_p}{dt^2} + \xi T_z \frac{dh_p}{dt} + h_p = K_z P_y, \tag{1.3}$$

Дифференциальному уравнению (1.3) соответствует характеристическое уравнение:

$$T_z^2 p^2 + \xi T_z p + 1 = 0. \tag{1.4}$$

Корни характеристического уравнения (1.4):

$$P_{1,2} = -\frac{-2\xi T_z \pm \sqrt{4\xi^2 T_z^2 - 4T_z^2}}{2T_z}.$$

При соотношении $4\xi^2 T_z^2 > 4T_z^2$, т.е. $\xi \geq 1$, регулятор расхода представляет собой апериодическое звено второго порядка, решение которого имеет вид:

$$h_z = h_{py} \left(1 - \frac{T}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{T}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t}{T_4}} \right), \quad (1.5)$$

где $-T_z^2 = T_3$; $2\xi T_z = T_4$;

h_{py} – установившееся значение щели золотника.

Уравнение (1.5) представляет сумму экспонент разными постоянными значениями времени T_3 и T_4 . График такого процесса переходного звена представлен на рис. 2

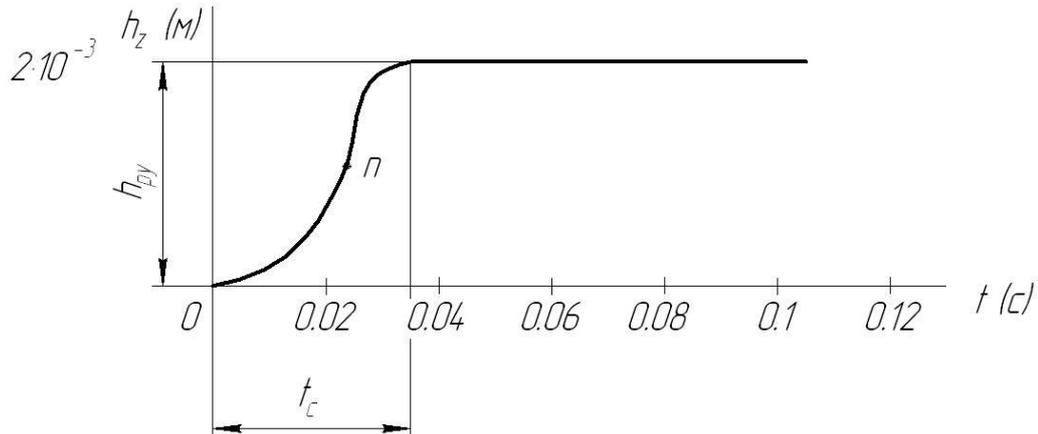


Рис. 2 График переходного процесса регулятора расхода (по апериодическому закону второго порядка)

При $\xi < 1$ переходный процесс регулятора протекает по колебательному закону и решение дифференциального уравнения (1.3) будет иметь вид:

$$h_z = h_{py} \left[1 - e^{-\frac{t}{T}} \left(\cos \omega t + \frac{1}{T\omega} \sin \omega t \right) \right], \quad (1.6)$$

где T – постоянная времени затухания амплитуды колебаний;
 ω – частота колебаний, причем

$$T = \frac{2T_t^2}{2\xi T_t^2} = \frac{1}{\xi}; \quad \omega = \frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{T}.$$

Время затухания колебаний, т.е. длительность переходного процесса $t_c \approx 3T$.

График переходного процесса регулятора расхода по колебательному закону представлен на рис. 3.

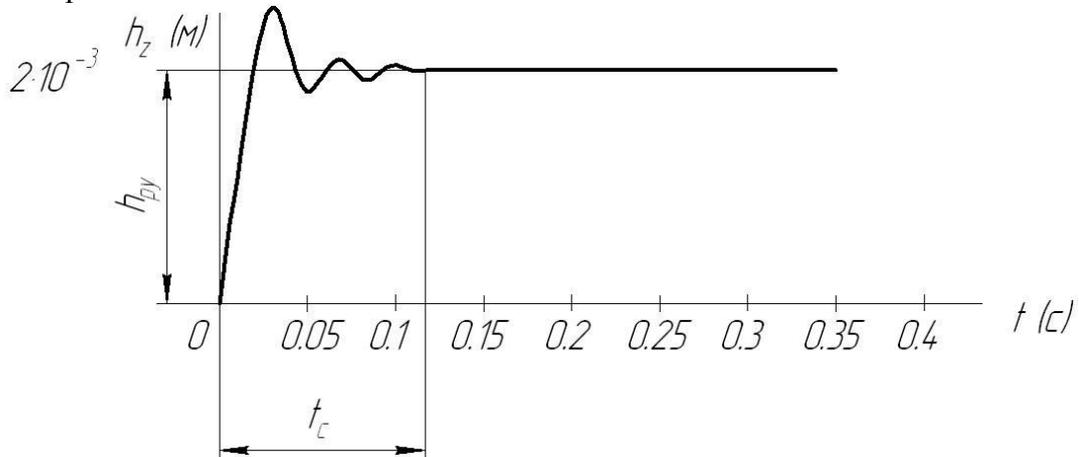


Рис. 3 График переходного процесса регулятора расхода (по колебательному закону)

Таким образом, разработанная математическая модель регулятора расхода, а также приведенное теоретическое исследование позволяет сконструировать его с заранее заданными динамическими характеристиками: вид переходного процесса, длительность его протекания, рассчитывая их массо-геометрические параметры по величинам, входящим в значение T_z и ξ .

Рекомендуется брать значение коэффициента относительного демпфирования ξ несколько больше 1, поскольку в этом случае обеспечивается переходный процесс по аperiodическому закону второго порядка и длительность протекания будет близко оптимальному значению.

Передаточная функция звена:

$$W_M(p) = \frac{k_z}{T_z^2 p^2 + \xi T_z p + 1} \quad (1.7)$$

Для гидравлической части золотника (щели регулятора) справедливо:

$$Q = \mu \pi d_1 h_z \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}},$$

где $\mu = 0,65$ – коэффициент расхода регулятора;

$d_1 = 12$ мм – диаметр плунжера золотника;

$\rho = 895 \text{ кг/м}^3$ – плотность масла;

h_z – величина открытия щели золотника;

$\Delta p = p_0 - p_1, \Delta p = 0,027969 \text{ кгс/м}^2$ – перепад давления на регуляторе, который является постоянным.

Следовательно, математическая модель данного звена выглядит:

$$Q = h_z k_s.$$

Переходная функция щели:

$$W_{щ}(p) = k_s, \quad (1.8)$$

где $k_s = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.

Как видно из математических моделей, зависимость линейная:

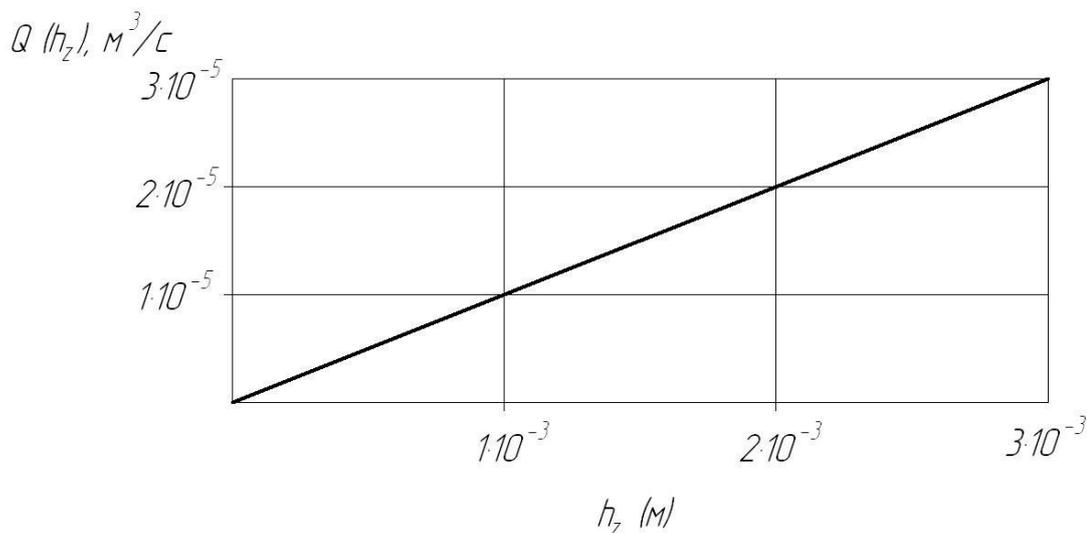


Рис. 4 График зависимости расхода жидкости от изменения размеров щели

Объединяя механическую и гидравлическую части золотникового регулятора, получим математическую модель в изображениях Лапласа:

$$W_z(p) = W_{\text{ш}}(p) \cdot W_{\text{м}}(p),$$

или

$$W_z(p) = \frac{k_3}{T_z^2 p^2 + \xi T_z p + 1}, \quad (1.9)$$

где $k_3 = k_z k_s$.

Следует отметить, что выведенная математическая модель регулятора расхода справедлива для расчета и анализа динамических процессов путем подстановок в них соответствующих значений переменных в зависимости от вида обработки: чистовой или черновой.

Список использованной литературы:

1. Башта Т. М., Гидропривод и гидропневмоавтоматика. М., 1972. 319 с.
2. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмопривода: М.: Машиностроение, 1991. - 384 с., ил.
4. Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. М., 1987. 464 с.
5. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: справочник. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2008. – 640 с

УДК 537.621.4:550.382.3:551.243.8

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ В РАЙОНЕ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ

Берикова Гульчахра Калысовна, старший преподаватель, ИГД и ГТ им. академика У.Асаналиева КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Чуй, 164, e-mail: berikovag@mail.ru

Бакиров Калыс Берикович, доктор технических наук, профессор, ИГД и ГТ им. академика У.Асаналиева КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Чуй, 164, e-mail: bakirov1953@bk.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается, магнитная восприимчивость горных пород в районе активных разломов, которая является одним из основных параметров при интерпретации геомагнитного поля в сейсмоактивных районах. Исследованиями установлено, что домезозойский фундамент является геологической средой, где зарождаются очаги основной массы землетрясений.

С направлением основных домезозойских геологических структур Кыргызского Тянь-Шаня согласуется форма и простирание магнитных аномалий и магнитной восприимчивости. В Таласо-Ферганском разломе горные породы имеют высокую магнитную восприимчивость. Породы повышенной плотности имеют широкий диапазон изменения магнитной восприимчивости. Это метаморфические породы нижнего и среднего палеозоя и верхнего протерозоя (кристаллические сланцы, эффузивы среднего состава, диориты); породы высокой плотности имеют широкий диапазон изменений магнитной восприимчивости. К ним относятся в основном породы основного состава (габбро, габбро-нориты) амфиболиты, метадиабазы и ультраосновные породы.

Ордовикский терригенно-осадочный комплекс, состоящий из известняков, сланцев, эффузивов, характеризуется низкими значениями магнитной восприимчивости. На фоне регионального сжатия территории Северного Тянь-Шаня, происходят квазипериодические геофизические процессы, в том числе изменения магнитной восприимчивости. Изучение магнитной восприимчивости является одним из основных параметров при интерпретации геомагнитного поля в сейсмоактивных районах.

Ключевые слова: магнитная восприимчивость, магнитная аномалия, интерпретация, разлом, геомагнитное поле, геофизические процессы, сейсмоактивные районы.

MAGNETIC SUSCEPTIBILITY IN THE AREA OF ACTIVE FAULTS

Berikova Gulchakhra Kalysovna, Senior Lecturer, Institute of Mining and Mining Technology by Academician U. Asanaliyev KSTU by I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Chui Ave., 164, e-mail: berikovag@mail.ru

Bakirov Kalys Berikovich, Doctor of Technical Sciences, Professor Institute of Mining and Mining Technology by Academician U. Asanaliyev KSTU by I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Chui Ave., 164, e-mail: bakirov1953@bk.ru

Abstract. In this article is considered, magnetic susceptibility of rock around active breaks which is one of key parameters at interpretation of the geomagnetic field in seismoactive areas. Studies have established that the Domozoic foundation is a geological environment, where foci of the main mass of earthquakes originate.

With the direction of the main Domozoic geological structures of the Kyrgyz Tien Shan, the shape and extent of magnetic anomalies and magnetic susceptibility are consistent. In the Talas-Fergana fault, rocks have a high magnetic susceptibility. The rocks of increased density have a wide range of changes in the magnetic susceptibility. These are metamorphic rocks of the Lower and Middle Paleozoic and Upper Proterozoic (crystalline schists, effusives of medium composition, diorites); The rocks of high density have a wide range of changes in magnetic susceptibility. These include mainly rocks of basic composition (gabbro, gabbro-norites) amphibolites, metadiabases and ultrabasic rocks.

Ordovician terrigenous-sedimentary complex, consisting of limestones, shales, effusives, is characterized by low values of magnetic susceptibility. Against the background of regional compression of the Northern Tien Shan, quasi-periodic geophysical processes occur, including changes in the magnetic susceptibility. The study of magnetic susceptibility is one of the main parameters in the interpretation of the geomagnetic field in seismically active regions.

Keywords: magnetic susceptibility, magnetic anomalies, interpretation, fault, geomagnetic field, geophysical processes, seismically active regions.

В геологическом строении Тянь-Шаня участвуют два крупных мегакомплекса горных пород: консолидированный домезозойский фундамент и мезозойско-кайнозойский покров. Нижний – представлен осадочно-вулканогенными, осадочными, магматическими и метаморфическими горными породами допалеозойского и палеозойского возраста, слагающими хребты и днища впадин, а верхний – сложен морскими и континентальными осадочными толщами мезозоя и кайнозоя, эти геологические образования образуют сейсмоактивный слой верхней части земной коры Тянь-Шаня [1,2,6].

Домезозойский фундамент является геологической средой, где зарождаются очаги основной массы землетрясений, а в верхнем мегакомплексе отражается разрядка тектонических напряжений новейших и современных движений в виде землетрясений (Рис.1).

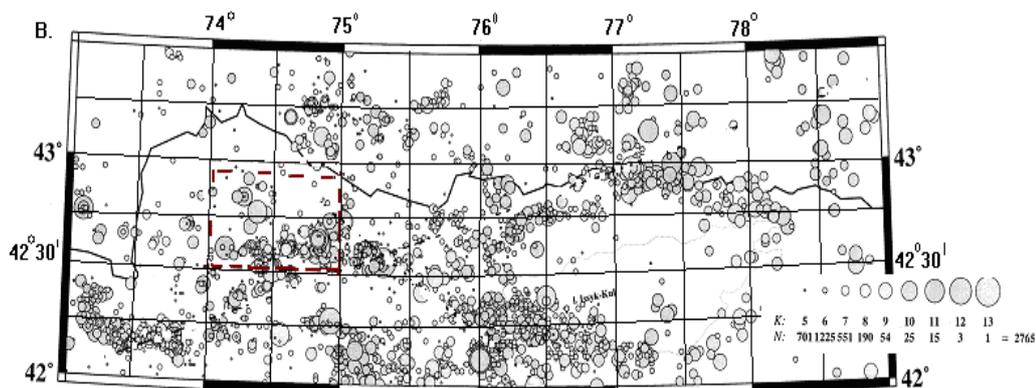


Рис. 1. Карта аномального геомагнитного поля Кыргызского Тянь-Шаня, в координатах $\lambda = 70 - 80^{\circ}$ в.д. и $\phi = 39 - 40^{\circ}$ с.ш. Сплошные изолинии – положительные значения, пунктирные – отрицательные поля Т,мЭ.

С направлением основных домезозойских геологических структур Кыргызского Тянь-Шаня согласуется форма и простирание магнитных аномалий (северо-восточное, северо-западное и субширотное, реже субмеридиональное). (Рис.2) [1,6].



Рис. 2. Карта направлений основных докембрийских геологических структур Кыргызского Тянь-Шаня, форма и простираение магнитных аномалий (северо-восточное, северо-западное и субширотное, реже субмеридиональное).

Муюнкумо-Наратский массив объединяет территорию Заилийского Ала-Тоо, северный склон восточной части Кыргызского хребта, фундаменты Чуйской и Иссыккульской впадин, а также окаймляющие их хребты Кунгей и Терской Ала-Тоо. Характерной особенностью массива является его многократная и обильная гранитизация, следы которой обнаруживаются в виде мигматитов и гранито-гнейсов среди древнейших толщ, и особенно в виде огромных масс докембрийских и палеозойских интрузивных гранитоидов [6]. «Линия Николаева» представляет собой зону дробления и расланцевания шириной до 500–100 м, падение плоскости сместителя крутое ($70-90^\circ$). К ней приурочены трещинные тела гранитоидов и излияния базальтов. По геомагнитным данным разлом выражен в магнитном поле вытянутыми аномалиями низкой и высокой интенсивности (Рис.1). Таласо-Ферганский разлом с северо-запада на юго-восток пересекает складчатые системы Северного, Среднего и Южного Тянь-Шаня и выражен в виде параллельных сближенных зон дробления, шириной от 300 до 1000 м. Глубина заложения структуры не менее 40 км [3,5]. Таласо-Ферганский разлом является крупным сбросо-сдвигом, горные породы имеют высокую магнитную восприимчивость. Осадочные породы палеозойского возраста являются немагнитными; слабомагнитными являются четвертичные валунно-галечники, магнитная восприимчивость доходит до $250 \cdot 10^{-5}$ СИ, метаморфические породы палеозоя и докембрия слабомагнитны магнитная восприимчивость – $9600 \cdot 10^{-5}$ СИ, наименее магнитны эффузивы среднего и основного состава – $5000 \cdot 10^{-5}$ СИ. Магнитны серпентиниты – $1500 \cdot 10^{-5}$ СИ. Слабомагнитные и наименее плотные породы мезо-кайнозойского возраста у которых плотность меняется от 1,50 до 2,70 кг/м³.

Породы имеющие плотности (2,67 кг/м³) имеют средние значения магнитной восприимчивости. К ним относятся породы осадочного происхождения верхнего и среднего палеозоя, эффузивы кислого состава, интрузии гранодиоритов и гнейсы. Породы повышенной плотности (2,74 кг/м³) имеют широкий диапазон изменения магнитной восприимчивости. Это метаморфические породы нижнего и среднего палеозоя и верхнего протерозоя (кристаллические сланцы, эффузивы среднего состава, диориты); породы высокой плотности (2,80 кг/м³) имеют широкий диапазон изменений магнитной восприимчивости. К ним относятся в основном породы основного состава (габбро, габбро-нориты) амфиболиты, метадиабазы и ультраосновные породы.

По данным многочисленных измерений магнитных свойств пород докембрия Северного Тянь-Шаня установлено, что гнейсы, мраморы, различные кристаллические сланцы, а также амфиболиты имеют χ , не превышающую $100 \cdot 10^{-6}$ CGSM. В целом для этих

типов пород характерна весьма низкая магнитная восприимчивость, однако имеются отдельные точки, где χ варьирует в больших пределах. Примером служат гнейсы Актюза ($2000 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$), кварц-карбонаты Талды-Булака ($2000 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$) филлиты и сланцы Туюка, Кара-Джилга ($250-500 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$).

В пределах Кыргызского хребта повышенной магнитностью обладают эффузивы среднего состава и амфиболиты ($600-1000 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$), сланцы, андезиты и диабазовые порфириты и их производные ($1500-5300 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$), магнетитовые, гранат-магнетитовые, гранато-пироксеновые, гранато-диоритовые скарны ($80000-150000 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$), гигантозернистые порфиновые сиениты Кочкор-Арзинского рудного поля ($1500 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$).

Известняки, хлоритовые сланцы, песчаники, полимиктовые гравелиты Таласского хребта являются практически немагнитными. Для них χ варьирует от 0 до $600 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. Породы северной зоны Тянь-Шаня, как правило, имеют очень низкие значения магнитной восприимчивости, однако часто можно встретить зоны с повышенным χ . В табл. 1 приводятся магнитные характеристики некоторых горных пород.

Таблица №1

| Состав и возраст пород | Место исследования | Магнитная восприимчивость, ед. 10^{-6}CGSM min-max, средняя |
|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Филлитовые слюдистые сланцы P_{t2} | Караджилга | 150-550, 350 |
| Амфиболовые сланцы P_{t3} | Актюз | 160-850, 550 |
| Порфириты, фельзиты P_{t3} | Актюз | 10-400, 205 |
| Известняки, сланцы, песчаники и мраморы $P_t - C_m$ | Актюз | 8-100, 54 |
| Кремнистые сланцы C_{m1-2} | Боорды | 8-40, 24 |
| Песчаники C_{m1} | Арсы | 50-1500, 775 |
| Сланцы C_{m1} | Арсы | 25-6000, 602 |
| Сланцы O | Кемин | 10-1500, 750 |
| Порфириты O | Кемин | 40-3000, 1500 |
| Основные и средние эффузивы, туфы O_2 | Акташ | 2-3000, 1500 |
| Порфириты, их туфы O_3 | Акташкоро | 0-2000, 1000 |
| Песчаники, сланцы, эффузивы среднего состава | Акташ | 8-3000, 667 |
| Порфириты D_3 | Актюз | 4-2000, 1000 |
| Андезитовые порфириты D_{1-2} | Б. Кемин | 75-3000, 1500 |
| Кварцевые порфириты D_2 | Чолпон-Ата | 40-800, 420 |
| Известняки D_{1+2} | Чолпон-Ата | 0-20, 10 |
| Конгломераты, доломиты $D_3 - C_1$ | Чолпон-Ата | 0-50, 25 |
| Известняки C_2 | Восточн. обрамление Иссык-Кульской впадины | 0-30, 15 |
| Гравелиты, конгломераты C_{1-3} | Терскей | 1-80, 40 |
| Песчаники, туфопесчаники C_1 | Терскей | 2-120, 60 |
| Известняки C_1 | Терскей | 0-8, 4 |
| Мергели C_1 | Терскей | 0-30, 15 |

| | | |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------|
| Песчаники C_1 | Боорду | 0-2000, 1000 |
| Туфопесчаники C_1 | Шамсы | 40-500, 250 |
| Алевролиты, конгломераты C_1 | Шамсы | 40-500, 250 |
| Гранодиориты P_t | Шамсы | 2000-5000, 3500 |
| Граниты | Актюз | 0-350, 150 |
| Диориты P_t | Шамси | 500-3000, 1700 |
| Диориты C_{m1} | Актюз | 20-200, 110 |
| Диориты O_3 | Барскаун | 10-100, 50 |
| Граниты S | Чолпон-Ата | 10-1000, 500 |
| Граносиениты θ_3 | Терскей | 50-2000, 1500 |
| Серпентиниты O | Иссык-Куль | 30-1500, 700 |
| Гранит порфиры C | Терскей | 200-1000, 600 |
| Микрограниты C_1 | Бурулдай | 0-50, 25 |
| Сиенит порфир, граносиенит P | Арсы | 30-4000, 2000 |
| Граниты | Орто-Урюкты | 6-10, 8 |
| Граниты $\gamma S-D_1$ | Аксуу | 30-41, 36 |
| Биотитовый гранит $\gamma S-D_1$ | Кара-Куджур | 190-255, 215 |
| Амфиболитовый сланец GS | Сары-Булак | 11-36, 20 |
| Очковый биотитовый гнейс | Сары-Булак | 2250-2650, 2483 |
| Гнейс | Сары-Булак | 1025-1400, 1241 |
| Гранодиориты GS | Сары-Булак | 240-315, 271 |
| Гранодиориты GS | Чычкан | 130-165, 145 |
| Граниты, гранодиориты | Актерек | 10-100, 50 |
| Эффузивы | Орто-Токой | 62-202, 134 |
| Эффузивы | Орто-Токой | 270-510, 356 |
| Гранодиориты GS | Северный склон Кунгей. | 730-690, 731 |
| Граниты | Северный склон Кунгей. | 725-395, 618 |
| Песчаники D_2^3 | Кульджабашат, Тогуз-Торо | 7-10, 8 |
| Известняки $C_{1t2} + V$ | Угут-Казарман | 4-7, 6 |
| Сланцы C_m-O | Перевал Долон | 5-10, 7 |
| Песчаник C_m-O | Долон | 17-36, 27 |
| Конгломераты, брекчия N_2 | Иссык-Куль | 0-300, 150 |
| Базальты Pg | Кыргызский хребет | 50-1250, 600 |

В осадочном и метаморфическом комплексах Среднего Тянь-Шаня в целом проявляются весьма низкие. Сюда, как правило, относятся разновозрастные песчаники, известняки, разного рода сланцы, кварц-хлоритовые сланцы и др. Значительная магнитность установлена у габброидов пермокарбонического возраста (до $7300 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$).

Вдоль Сонкель-Байдулинской гранитоидной интрузии большим диапазоном магнитной интрузии обладают магнетитосодержащие скарны. Для них χ изменяется от 2000 до $1000000 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. Окварцованные, гранитизированные, либо хлоритизированные габброиды показывают χ в пределах от 100 до $3000 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. Песчаники, алевролиты, известняки, доломиты, гипсы района являются практически немагнитными, либо слабомагнитными. В районе встречаются различные по своему составу и происхождению узкие полосовые, скарновые поля с магнитной восприимчивостью, изменяющейся от 30000 до $100000 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. Песчаники, известняки, филлитоподобные сланцы, серицитовые сланцы, амфиболиты протерозоя очень слабомагнитны ($0-600 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$).

Осадочно-метаморфический покров хребтов Акшийряк и Сары-Джаз представлен главным образом отложениями протерозоя, кембрия и ордовика. Подавляющая часть

осадочно-метаморфических образований имеет весьма низкую магнитную восприимчивость. Кварцевые песчаники, сланцы, алевролиты и туфопесчаники кембрия показывают χ от 0 до $850 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$.

Ордовикский терригенно-осадочный комплекс, состоящий из известняков, сланцев, эффузивов, характеризуется низкими значениями магнитной восприимчивости, для них χ варьирует от 0 до $100 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. Встречаются, однако, отдельные ожелезненные сланцев и эффузивов, которые отличаются сравнительно невысокими значениями χ ($2500\text{--}7500 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$). Для гранитов, гранодиоритов, диоритов, сиенит-диоритов района средневзвешенное значение магнитной восприимчивости составляет $50 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$.

В Нарынской впадине на фоне практически немагнитных известняков и углисто-кремнистых сланцев, выделяются магнитные порфириды, диабазовые порфириды, кислые эффузивы, туфопесчаники, туфоконгломераты. Для них характерны невысокие значения χ от 200 до $5000 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. Однако и эти данные характеризуют лишь отдельные точки региона. Для глины с прослоями песчаников, гравелитов, песчаников Нарынской впадины, также характерны низкие значения χ ($20\text{--}450 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$). Среди интрузивных пород наиболее высокую магнитную восприимчивость имеют сиенито-диориты, габброиды пермокарбонического возраста ($43\text{--}3000\text{--}500\text{--}6500 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$); все остальные петрографические разности относятся к слабомагнитным или практически немагнитным.

Чилико-Кеминский, Иссык-Атинский, Чонкурчакский, Таласо-Ферганский, Мадинско-Талдысуйский разломы являются активными. По мнению многих исследователей в настоящее время из-за непрерывного продвижения Индостанской плиты к Евразийской, Тянь-Шань [3,4,5] в целом испытывает напряжение сжатия, что сопровождается общей деформацией земной коры, сокращением ее по площади и интенсивным ростом сейсмической активности. На фоне регионального сжатия территории Северного Тянь-Шаня, происходят квазипериодические геофизические процессы, в том числе изменения магнитной восприимчивости, к отдельным циклам которых приурочены проявления сейсмических событий.

Таким образом, изучение магнитной восприимчивости является одним из основных параметров при интерпретации геомагнитного поля в сейсмоактивных районах. Влияние оказывают ферромагнитные минералы, содержащиеся в горных породах, магнитная восприимчивость пород которого изменяется в больших пределах, вследствие которого наблюдаются повышенные значения интенсивности геомагнитного поля.

Литература:

1. Бакиров, К.Б. Геомагнитные явления и сеймотектонические процессы Кыргызского Тянь-Шаня. [Текст] / Бакиров К.Б. – Бишкек: Илим, 2005. - 144 с.
2. Кнауф, В.И. Основные черты тектоники Тянь-Шаня. [Текст] / В.И. Кнауф, Е.В. Христов // Литосфера Тянь-Шаня. – Москва: Наука, 1986. С. 4–13.
3. Корженков, А.М. Общие особенности новейших структурных форм Северо-Восточного Тянь-Шаня [Текст]: дисс. канд. геол. - минер. наук. / А.М. Корженков // Институт сейсмологии АН Кирг. ССР. – Фрунзе, 1988. – С.261.
4. Макаров, В.И. Новейшая тектоническая структура Центрального Тянь-Шаня. [Текст] / В.И. Макаров // Тр. Геол. Ин-та АН СССР. Вып. 307. – Москва: Наука, 1977, – С. 171.
5. Динамика геофизических процессов и прогноз землетрясений на Тянь-Шане. [Текст] / Э. Мамыров, М.В. Кан, А.М. Корженков, В.А. Маханькова, М. Омуралиев, Ю.Г. Тупчий, И.Э. Поволоцкая, К.Б. Бакиров // Ядерная геофизика. Геофизические исследования литосферы. Геотермия / Вторые научные чтения Ю.П. Булашевича 23–27 июня 2003 г. – Екатеринбург, 2003. - С. 65–66.
6. Юдахин, Ф.Н. Геофизические поля, глубинная структура и сейсмичность Тянь-Шаня. [Текст] / Юдахин Ф.Н. – Фрунзе: Илим, 1983. – С.248.

ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Берикова Гульчахра Калысовна, старший преподаватель, ИГД и ГТ им. академика У.Асаналиева КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Чуй, 164, e-mail: berikovag@mail.ru

Бакиров Калыс Берикович, доктор технических наук, профессор, ИГД и ГТ им. академика У.Асаналиева КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Чуй, 164, e-mail: bakirov1953@bk.ru

Аннотация. В статье рассматривается изменения положения намагниченности пород в пространстве, в результате воздействия высокой температуры, которая проявляется на поверхности Земли в виде депрессии магнитного поля локального характера. Земная кора постоянно находится в динамике, в результате чего породы испытывают переменное давление: сжатие, растяжение и сейсмические движения. Исследования показывают, что при наложении всестороннего давления все виды остаточной намагниченности уменьшаются. В момент снятия давления остаточная намагниченность несколько возрастает, а затем приближается к нулю.

В сейсмогенных зонах горные породы подвергаются действию высокотемпературным нагрузкам. Магнитные поля, связанные с подготовкой сейсмического очага и автershоков имеют различие между собой. Сложный характер магнитных полей в эпицентральных зонах, по-видимому, связан с различным чередованием окисных и закисных форм ферромагнитных минералов, с одной стороны, и пороодообразующих минералов – с другой.

В разные годы были отобраны ориентированные образцы и изучены их термомагнитные параметры. При раскалывании пороодообразующих минералов поверхности расколов, по-видимому, заряжаются электричеством. С лавиной разнонаправленного трещинообразования связано движение электрических зарядов. На основании полученных данных следует, что в базальтовом слое, по-видимому, не образуются трещинообразования и, соответственно, сейсмический очаг. Известные глубокофокусные землетрясения, по-видимому имеют другую природу.

При воздействии высокой температуры на породы магматического состава происходят необратимые процессы. Магнитные свойства меняются весьма контрастно в зависимости от петрографического состава пород. Вследствие температурного воздействия изменяются положения намагниченности пород в пространстве. Это явление на поверхности земли проявляется в виде депрессии магнитного поля локального характера.

Рудные и пороодообразующие минералы являются источниками интенсивных аномалий компонент геомагнитного полей, возникающих в породах в результате температурного воздействия.

Ключевые слова: намагниченность пород, высокая температура, переменное давление, сжатие, растяжение, сейсмические движения, трещинообразование, рудные минералы.

STUDYING THE INFLUENCE OF PRESSURE AND TEMPERATURE ON THE PETROPHYSICAL PROPERTIES OF ROCKS

Berikova Gulchakhra Kalysovna, Senior Lecturer, Institute of Mining and Mining Technology by Academician U. Asanaliyev KSTU by I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Chui Ave., 164, e-mail: berikovag@mail.ru

Bakirov Kalys Berikovich, Doctor of Technical Sciences, Professor Institute of Mining and Mining Technology by Academician U. Asanaliev KSTU by I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Chui Ave., 164, e-mail: bakirov1953@bk.ru

Abstract. In article is considered changes of position of magnetization of rocks in space, as a result of influence of high temperature which a show of the Earth's surface in the form of a depression of magnetic field of local character. The Earth's crust is constantly in dynamics, as a result of which rocks undergo alternating pressure: compression, stretching and seismic movements. Studies show that when applying a comprehensive pressure, all kinds of remanent magnetization decrease. At the time of depressurization, the residual magnetization increases somewhat, and then approaches zero.

In seismogenic zones, rocks are exposed to high-temperature loads. The magnetic fields associated with the preparation of a seismic focus and auto-shocks have a difference between themselves. The complex nature of the magnetic fields in the epicentral zones is apparently associated with a different alternation of oxide and ferrous forms of ferromagnetic minerals, on the one hand, and rock-forming minerals, on the other.

In different years, oriented samples were selected and their thermomagnetic parameters were studied. When splitting the rock-forming minerals, the splitting surfaces are apparently charged with electricity. The movement of electric charges is associated with an avalanche of multidirectional cracking. On the basis of the data obtained, it follows that in the basalt layer, apparently, no trash formation occurs. respectively, a seismic focus. Known deep-focus earthquakes, apparently have a different nature.

When high temperatures are applied to rocks of magmatic composition irreversible processes occur. Magnetic properties vary quite contrast, depending on the petrographic composition of the rocks. Due to the temperature influence, the positions of the magnetization of rocks in space change. This phenomenon on the surface of the earth manifests itself in the form of a magnetic field depression of a local nature.

Ore and rock-forming minerals are sources of intense anomalies in the components of geomagnetic fields that arise in rocks as a result of the temperature effect.

Keywords: magnetization of rocks, high temperature, alternating pressure, compression, stretching, seismic movements, trash formation occurs, ore minerals

Земная кора постоянно находится в динамике, в результате чего породы испытывают переменное давление: сжатие, растяжение и сейсмические движения. С целью оценки сейсмомагнитного эффекта, была изучена намагниченность природных магнетитов при достаточно больших давлениях и температурах [1, 5]. Исследования показывают, что при наложении всестороннего давления все виды остаточной намагниченности уменьшаются. В момент снятия давления остаточная намагниченность несколько возрастает, а затем приближается к нулю. Аналогичные данные были получены для гранитоидов украинского щита. Исследованиями Ю.П. Сквородкина, Л.С. Безуглой и др. установлено, что с повышением температуры и давления величины J_{nv} и J_n уменьшаются [4, 6]. Для исследования изменения магнитной восприимчивости и намагниченности (J_{nt} -термоостаточной и J_{nv} -вязкой) образцы магматических горных пород основного и кислого состава из Байкальской, Западно-Тянь-Шаньской и Камчатской сейсмоактивных зон подвергались всестороннему давлению при самых различных температурах. Эксперименты показали, что с повышением P , T абсолютные величины χ и J_{nt} уменьшаются. Было установлено, что абсолютная величина вязкой намагниченности (J_{nv}) возрастает с повышением температуры и усилением одностороннего сжатия.

В сейсмогенных зонах горные породы подвергаются действию высокотемпературным нагрузкам. Магнитные поля, связанные с подготовкой сейсмического очага и авершоков

имеют различие между собой. Сложный характер магнитных полей в эпицентральных зонах, по-видимому, связан с различным чередованием окисных и закисных форм ферромагнитных минералов, с одной стороны, и породообразующих минералов – с другой. А.Г.Бетехтиным были детально изучены петрофизические свойства многочисленных рудных и нерудных минералов. Ниже приводятся результаты проведенных исследований [3]. Магнетит (Fe_3O_4), (FeO -31%, Fe_2O_3 -69%, Fe -72,4%) присутствует, как правило, во многих типах пород. В обычных условиях Fe_3O_4 сильно магнитен. При прогревании переходит в маггемит – Fe_2O_3 , а затем в гематит. При температуре около 600°C становится практически немагнитным. Гематит (Fe_2O_3), (Fe -70%, O -30%) в естественном состоянии немагнитен. При нагревании становится сильномагнитным минералом. Лимонит ($\text{HFeO}_2\text{-aq}$), (Fe_2O_3 -89,9%, H_2O -10%) в обычных условиях немагнитен, а при нагревании становится сильномагнитным минералом. Ильменит (FeTiO_3), (Fe -36,8 %, Ti -31,6%, O -31,6%). Кристаллическая решетка представляет собой чередование катионных слоев гематита и титана. П. Рамдор (1962) считает, что гематит и ильменит изоморфны и смесимы в любых отношениях при температуре 600°C . При нагревании становится магнитным минералом. Пирит (FeS_2), (Fe -46,6%, S -53,4%) при нагревании становится магнитным. Марказит – (FeS_2) аналогичен пириту. Халькопирит (CuFeS_2), (Cu -34,6%, Fe -30,5 %, S -34,9%) при нагревании становится сильномагнитным минералом. Арсенопирит (FeAsS), (Fe -34,3%, As -46%, S -19,7%) при нагревании становится магнитным. Пентландит (FeNi_9S_8). Соотношение между Fe и Ni обычно 1:1, постоянно присутствует кобальт в количестве от 0,4 до 2,5%. Встречается в основных и ультраосновных породах (габбро-норитах, перидотитах и др.) При нагревании превращается в сильномагнитную массу.

Миллерит (NiS), (Ni -64,7%, S -35,3). Хороший проводник электричества. При нагревании дает слабомагнитную массу. Пирротин (FeS). Постоянно присутствуют примеси Cu , Na , Co . Встречается в основных породах. В естественных условиях иногда магнитен. При нагревании превращается в черную сильномагнитную массу. Цинвальдит ($\text{KLiFeAl}(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})(\text{F}_1\text{OH})_2\text{*FeO}$ -34,3% -42,3%, Fe_2O_3 -0-6%, Al_2O_3 -13-20%, SiO_2 -22-29%) при нагревании сплавляется в черное, сильномагнитное стекло. Тюрингит ($\text{Fe}_3(\text{AlFe})_{1,5}(\text{Si}_2,5\text{Al}_{1,5}\text{O}_{10})(\text{OH})_6\text{*nH}_2\text{O}$) обычно встречается в метаморфических осадочных породах. При нагревании превращается в сильномагнитное стекло. Лепидокрит (FeOOH) при высоких температурах способен переходить магнитный гетит. Фраклит (Zn , Mn), (Fe_2O_4). По петрофизическим свойствам во многом похож на магнетит. Обычно слабомагнитен. При высоких температурах превращается в слабомагнитный минерал. Фаялит (Fe_2SiO_4) FeO -76%. Один из минералов группы оливина. При нагревании превращается в сильномагнитное вещество. Гранаты (Альмандин- $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ - Андрадит - $\text{CaFe}_2(\text{SiO}_4)$) при нагревании альмандин и андрадит становятся сильномагнитными минералами. Сидерит (FeCO_3). (FeO -62,1%, Fe -43,8%, CO_3 -37,9%) часто встречается в осадочных породах. При нагревании чернеет и становится магнитным минералом. Ярозит ($\text{KFe}_3(\text{SO})_2(\text{OH})_6$). (Fe_2O_3 -47,9%, K_2O -9,4%, SO_3 -31,9%, H_2O -10,8%) при нагревании становится магнитным минералом. Фольфрамит ($\text{MnFe})\text{WO}_4$ при высокой температуре становится сильномагнитным минералом. Оливин ($\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$. (FeO -8-12%, MgO -45%, Ni -0,3%, CaO -0,01%) встречается преимущественно в основных и ультраосновных породах (дунитах, перидотитах, габбро, диабазы, базальты; крайними случаями будут Mg_2SiO_4 -форстерит и Fe_2SiO_4 -фаялит. При нагревании и последующем охлаждении оливин становится магнитным минералом. Астрофиллит ($\text{KNa})_2(\text{Fe,Mn})_4(\text{Ti,Zr})\text{Si}_4\text{O}_{14}(\text{OH,F})$. Соотношение между Mn и Fe колеблется в широких пределах. Встречается в щелочных интрузивных породах. При нагревании становится сильномагнитным минералом. Эгирин ($\text{NaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$). Fe_2O_3 -34,6%, SiO_2 -52%, Na_2O -13%. В обычных условиях парамагнитен, при нагревании превращается в блестящий магнитный минерал. Гиперстен ($\text{Mg,Fe})_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$. FeO -14% аналогичен с эгирином. При нагревании становится магнитным минералом. Эпидот ($\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$. Fe_2O_3 -17%) при нагревании становится сильномагнитным

веществом. Ильваит ($\text{CaFe}_2\text{FeSi}_2\text{O}_8(\text{OH})$)/ (FeO -35,2%, Fe_2O_3 -19,6%, SiO_2 -29,3%, CaO -13,7) при нагревании становится сильномагнитным минералом.

Главнейшими представителями силикатов являются пироксены и амфиболы. Наибольшим распространением в породе пользуются железо-магнезиальные пироксены и амфиболы, являющиеся важнейшими породообразующими минералами во многих изверженных горных породах. Общее их количество по весу в земной коре достигает 16 %. Пироксены моноклинные (геденбергит – $\text{CaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$). (FeO -29%, SiO_2 -48%), при нагревании становится магнитным минералом.

Эгириин ($\text{NaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$). Fe_2O_3 -34,6%, SiO_2 -52%, Na_2O -13%. В обычных условиях парамагнитен, при нагревании превращается в блестящий магнитный минерал. Гиперстен ($\text{Mg,Fe}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$). FeO -14%. аналогичен с эгирином. При нагревании становится магнитным минералом. Эпидот ($\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$). Fe_2O_3 -17%. при нагревании становится сильномагнитным веществом. Ильваит ($\text{CaFe}_2\text{FeSi}_2\text{O}_8(\text{OH})$). (FeO -35,2%, Fe_2O_3 -19,6%, SiO_2 -29,3%, CaO -13,7%) при нагревании становится сильномагнитным минералом.

Как известно, очаги многочисленных землетрясений в пределах Кыргызстана залегают на глубинах от 7 до 15 км., в разновозрастных геологических образованиях, находящихся в различных термодинамических условиях. С целью оценки сейсмомангнитного эффекта в эпицентральных зонах многочисленных землетрясений, а также в глубокозалегающих разновозрастных магматических породах Кыргызстана, в разные годы были отобраны ориентированные образцы и изучены их термомагнитные параметры. Ниже приводятся некоторые результаты проведенных экспериментальных лабораторных исследований.

Диорит – авгитовый лампрофир (порфирит) – состоит из игольчатых (до 1,5 см в дл.) вкрапленников пироксена, редких кристаллов амфибола, более мелких табличек плагиоклаза и основной массы – альбит – олигоклаз – слюдистого состава. Величине естественной остаточной намагниченности равна $(20 \cdot 10)^{-6}$ CGSM. Авгитовый лампрофир нагревали до 480°C . В зависимости от тепловых свойств минералов лавино-трещинообразования проявляется достаточно сильно густой сетью разнонаправленных трещин. Значительно больше стало рудного вещества. Прозрачный ориентированный шлиф $\times 300$. На рис. 24 показаны изменения J_n при обычных и высоких температурах. Величина J_n уменьшается с увеличением температуры не превышает 1,5-3 ед. После охлаждения образца в земном поле величина J_n достигла 47 ед. Из перегретого образца был изготовлен прозрачный шлиф. Под микроскопом замечено, что порода изменена незначительно. Основная масса выглядит хорошо раскристаллизованной. В породе значительно больше стало рудного вещества. Появились крупные кристаллы магнетита (до 5%). С повышением температуры, лавино-трещинообразования в образце проявляется достаточно сильно густой сетью разнонаправленных систем трещин. При раскалывании породообразующих минералов поверхности расколов, по-видимому, заряжаются электричеством. С лавиной разнонаправленного трещинообразования связано движение электрических зарядов [2]. Кварцевый диорит с переходом в гранодиорит – порода среднекристаллическая с гиподиоморфнозернистой структурой, массивной текстурой. Состав породы: плагиоклаз первой генерации, эндезин зонально сдвойникован, ядерные части нецело замещены тонкочешуйчатым серицитом, плагиоклаз второй генерации – удлиненные шестоватые мелкие таблички – полисинтетически сдвойникованный неизменный альбит – олигоклаз. Оба минерала (альбит – олигоклаз) в сумме составляют около 60% породы. Калишпат: ортоклаз интенсивно пелитизирован, редкие крупные табличатые кристаллы занимают от 5 до 15 %. Кварц: резко ксеноморфные зерна около 10-15% породы. Амфибол: крупные кристаллы вторичного актинолита, замещаются биотитом, хлоритом и эпидотом. Сопутствующие минералы, чаще всего встречаются магнетит (до 1 мм), апатит, сфен. Кварцевый диорит в естественном состоянии имеет J_n равным $73 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

Плотность σ – 2,67 г/см³. Кварцевый диорит нагревали до 540°C. Были изучены петрофизические и плотностные свойства до, во время, после нагревания, а также значительно позже – в процессе охлаждения в Земном поле. Уменьшение σ – 18%. Произошло высокотемпературное окисление минералов. Почти все минералы растрескались густой сетью разнонаправленных трещин. Прозрачный ориентированный шлиф х 300. Порода претерпела существенные изменения. Плагноклаз растрескался, почти исчезло двойниковое строение кристаллов, альбит олигоклаз помутнел, калишпат сильно растрескался, бурая окраска сменилась серой, возможно за счет появления вторичной тонкочешуйчатой слюды. Кварц тоже сильно растрескался. Темноцветный минерал – актинолит стал коричнево-бурым, биотит – темно-красным, из него выделился магнетит. Хлорит и эпидот исчезли. Вместо них появились густо-бурые железистые окислы с мелкими скоплениями магнетита. В целом порода изменилась в условиях высокотемпературного окисления. В процессе высокотемпературного воздействия все минералы подвергались микротрещинообразованию лавинного характера. Во время нагрева до 540°C величина J_n уменьшилась в 3 раза и составила 21 ед. После остывания J_n увеличилась до 168 ед. а σ стала равной 2,30 г/см³, что составляет 14% от исходного уровня. После трехмесячной выдержки образца в земном поле величина J_n уменьшилась на 45 ед. и стабилизировалась.

Базальт состоит из серовато-темноватоокрашенной плотной массы. По минералогическому составу состоит наполовину из мелких кристаллов основного плагноклаза, пироксена и железисто-магнезиальных минералов, главным образом – авгита. Плотность базальта в естественном состоянии 3,80 г/см³. Величине J_n равна 70 ед. Этот образец был нагрет до 513°C. Приобрел темную буровато-серую окраску. Сохранил прежнюю массивную текстуру. Прозрачный ориентированный шлиф х 300. В результате величина J_n уменьшилась до 15 единиц, а σ составляет 42,1%, что создает возможность оконтурить породы в очаговых зонах гравиметрией. После прогрева образца приобрел темную, буровато-серую окраску, но сохранил прежнюю массивную текстуру. Перегретый базальт обладает способностью упруго сопротивляться изменениям формы и лавино-трещинообразованию. На основании полученных данных следует, что в базальтовом слое, по-видимому, не образуются трещинообразования и, соответственно, сейсмический очаг. Известные глубокофокусные землетрясения, по-видимому имеют другую природу. После длительной выдержки в земном поле величина J_n стабилизировалась и стала равной 53 ед., что в 2 раза больше, чем от исходного уровня.

Щелочной гранит – монцогранит – состоит из калиевого полевого шпата (ортоклаза), плагноклаза среднего и кислого состава, кварца, биотита, редких зерен амфибола, вторичного хлорита. Акцессорные минералы – редкие мелкие зерна магнетита и циркона. Щелочные граниты характеризуются низкими значениями J_n , которые укладываются в пределы $30-100 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$, $\sigma=2,6$ г/см³. нагревали до 550°C. При высоких температурах (в интервале 510-550°C) происходит сильная пелитизация полевых шпатов, кварца и амфибола.

Биотит приобретает густо-коричневую-бурую окраску (вместо желтовато-коричневой). Магнетит не выделился, но кое-где появились по трещинкам окислы железа. Величина J_n уменьшилась до $5 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$, а σ стала равной 2,0 г/см³, уменьшение составляет 23%. В процессе охлаждения до комнатной температуры происходит резкий скачок J_n до $700-800 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. После шестимесячной выдержки в земном поле величина J_n стабилизировалась и составила $200 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$, что в два раза выше, чем в естественном состоянии.

Гранодиорит серого цвета с розоватым оттенком, порфириовидный. Количество кварца около 20%. Цветные минералы составляют около 15%. Встречаются гранодиориты как магнитные, так и практически немагнитные. Гранодиорит слабомагнитный. Величина J_n не превышает 10 ед., $\sigma=2,64$ г/см³. Образец нагревали до 500°C. При воздействии температуры (500°C) величина J_n уменьшалась до $5 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. образец нагревали до 550°C и после этого σ стала равной 2,10 г/см³, что составляет 20% от исходного уровня. Образец растрескался по

всему объему. После охлаждения до комнатной температуры величина J_n стала равной 100 ед. В дальнейшем через 160 дней выдержки в земном поле величина J_n стабилизировалась и составила $136 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$.

Аляскит – щелочнополевошпатовый гранит. Состоит из кварца, калишпата, (интенсивно пелитизированного), редких табличек альбита и редкой слюды. В породе много магнетита (1,5-2%). Величина естественной остаточной намагниченности равна $96 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. Плотность $2,55 \text{ г/см}^3$. При воздействии температуры (540°C) кварц и полевые шпаты интенсивно растрескались, меньше всего альбит, но он сильно серитизирован, по сравнению с начальным состоянием. светлая слюда сильно побурела, иногда напоминает бурый биотит. при высоких температурных реакциях каждый минерал в зависимости от элементов примесей приобретал тот или иной цвет. Если замещение происходило с Ti, то объект приобретал бурый цвет. Если замещение с Fe^3 , то становился зеленым, а если (Fe^2Fe^3), то минерал становился черным. При высоких температурных реакциях сильно меняется плотность σ и J_n . При 540°C величина J_n стала равной $19 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$, а σ $1,90 \text{ г/см}^3$, уменьшение составило 25%. Охлажденный до комнатной температуры образец показал величину J_n , равную $12 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. после длительно выдержки в земном поле величина J_n стабилизировалась и не превышала 19 единиц.

Таким образом, при воздействии высокой температуры на породы магматического состава происходят необратимые процессы. Магнитные свойства меняются весьма контрастно в зависимости от петрографического состава пород.

Образцы по термомагнитности разделились на две группы: в первую группу входят диориты, кварцевые диориты, щелочные граниты, монцограниты, кварцево-полевошпат-серицитовые сланцы, роговики, в которых после воздействия температуры величина J_n возрастает. Во вторую-кварц-полевошпат-слюдистые сланцы, аляскитовые граниты, гранодиориты, гнейсы, в которых намагниченности меняются противоположно вышеописанным. Вследствие температурного воздействия изменяются положения намагниченности пород в пространстве. Это явление на поверхности земли проявляется в виде депрессии магнитного поля локального характера.

Таким образом, перечисленные рудные и породообразующие минералы являются источниками интенсивных аномалий компонент геомагнитного полей, возникающих в породах в результате температурного воздействия.

Литература

1. Физико-механические свойства горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах. [Текст]/М.П.Воларович, Е.И.Баюк, А.И.Левыкин, И.С. Томашевская. - Москва: Наука, 1974. –223 с.
2. Добровольский, И.П. О модели подготовки землетрясения. [Текст] / Добровольский И.П. - Москва: ИФЗ АН СССР, № 1, 1984. – С. 51–55.
3. Бетехтин Минералогия Издательство Государственное издательство геологической литературы 1950 г.
4. Сковородкин, Ю.П. Явление тектономагнетизма и локальные геомагнитные вариации в сейсмоактивных зонах [Текст]: автореф. дис. докт. физ-мат. наук. / Ю.П. Сковородкин. – Москва, 1980. – С.29.
5. Юдахин, Ф.Н. Геофизические поля, глубинная структура и сейсмичность Тянь-Шаня. [Текст]/ Юдахин Ф.Н. – Фрунзе: Илим, 1983. – С.248.
6. Яновский Б.М. Земной магнетизм. [Текст]/ Б.М. Яновский. – Л.: ЛГУ, 1978. – С.592.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК: 332.012.2:622.276

**УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО - ЭКОНОМИЧЕСКИМИ АСПЕКТАМИ
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Гагаринская Галина Павловна, д.э.н., профессор, зав. каф. «Экономика и управление организацией» Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Россия, eyo080505@mail.ru

Гагаринский Александр Владимирович, к.э.н., доцент, каф. «Экономика и управление организацией» Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Россия, cantstoped@gmail.com

Кузнецова Ирина Гарриевна, к.э.н., доцент, каф. «Экономика и управление организацией» Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Россия, irenekuz@yandex.ru

Шмидт Арина Владимировна, аспирант, каф. «Экономика и управление организацией» Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Россия, arinashmidt95@mail.ru

Аннотация: Качество роста становится определяющим для прогресса страны. Без новейших технологий в производстве, увеличения выпуска продукции Россия не сможет обеспечить конкурентоспособность собственной экономики относительно развитых стран. В экономике России происходит процесс технического перевооружения. Несмотря на это, износ оборудования по промышленности составляет 58,6%, а удельный вес нового оборудования составляет лишь 12%. Модернизация основных производственных фондов является одним из наиболее важных направлений развития. В статье авторы дают социально-экономические аспекты вахтового метода, анализируют социальные условия труда работников нефтедобывающего предприятия. Рассматриваются социально-экономические показатели нефтедобывающего предприятия Российской Федерации. Приводятся социально-экономические показатели и анализируют факторы, влияющие на количество аварий и браков. Проводится мониторинг количества операций вводом, новые скважины, зарезки и углубления, гидроразрыв пласта, анализируется дебит добычи нефти и накопленная добыча нефти. Проводится экономико-технологический анализ удельной стоимости операций нефтедобычи: новые скважины, зарезки и углублений, с учетом затрат на подготовительные работы, удельная стоимость бурения. Анализируются конкурирующие буровые компании, находящиеся в регионе «переманивают» квалифицированных руководителей, специалистов и рабочих бригад бурения, на более благоприятные трудовые отношения и условия работы. Научная новизна статьи заключается в предложении социально – экономических механизмы повышения эффективности нефтедобычи.

Ключевые слова: основное производство, бригада бурения, вахтовый метод, нефтедобывающее предприятие, социально-экономические аспекты, мониторинг количества операций, эффективность, человеческие ресурсы.

MANAGEMENT OF SOCIAL AND ECONOMIC ASPECTS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF HUMAN RESOURCES OF OIL PRODUCING ENTERPRISES

Galina P. Gagarinskaia, Dr. of Economic Sciences, Professor, Head of the Department "Economics and Management of the Organisation" Federal State Budget Institution of Higher Education "Samara State Technical University", Samara city, Russia eyo080505@mail.ru

Aleksandr V. Gagarinskii, Associate Professor, Department "Economics and Management of the Organisation" Federal State Budget Institution of Higher Education "Samara State Technical University", Samara city, Russia cantstoped@gmail.com

Irina G. Kuznetcova, Associate Professor, Department "Economics and Management of the Organisation" Federal State Budget Institution of Higher Education "Samara State Technical University", Samara city, Russia irenekuz@yandex.ru

Arina V. Smidt, PhD student, Department "Economics and Management of the Organisation" Federal State Budget Institution of Higher Education "Samara State Technical University", Samara city, Russia, arinashmidt95@mail.ru

Abstract The quality of growth becomes decisive for the progress of the country. Without the newest technologies in production, increasing output, Russia will not be able to ensure the competitiveness of its own economy relative to developed countries. In the Russian economy there is a process of technical re-equipment. Despite this, equipment wear in the industry is 58.6%, and the proportion of new equipment is only 12%. Modernization of fixed assets is one of the most important areas of development. In the article the authors give socio-economic aspects of the shift method, analyze the social working conditions of workers of the oil-producing enterprise. The socio-economic indicators of the oil-producing enterprise of the Russian Federation are considered. Socio-economic indicators are presented and factors that affect the number of accidents and defects are analyzed. The socio-economic indicators of the oil-producing enterprise of the Russian Federation are considered. Socio-economic indicators are presented and factors that affect the number of accidents and defects are analyzed. The number of operations is being monitored by commissioning, new wells, cuttings and depressions, hydraulic fracturing of the reservoir, the oil production rate and accumulated oil production are analyzed. There are analyzed competing drilling companies located in the region "entice" qualified managers, specialists and drilling crews, for more favorable labor relations and working conditions. The scientific novelty of the article is to propose socioeconomic mechanisms for increasing the efficiency of oil production.

Key words: main production, drilling team, shift method, oil production enterprise, socio-economic aspects, monitoring of the number of operations, efficiency, human resources

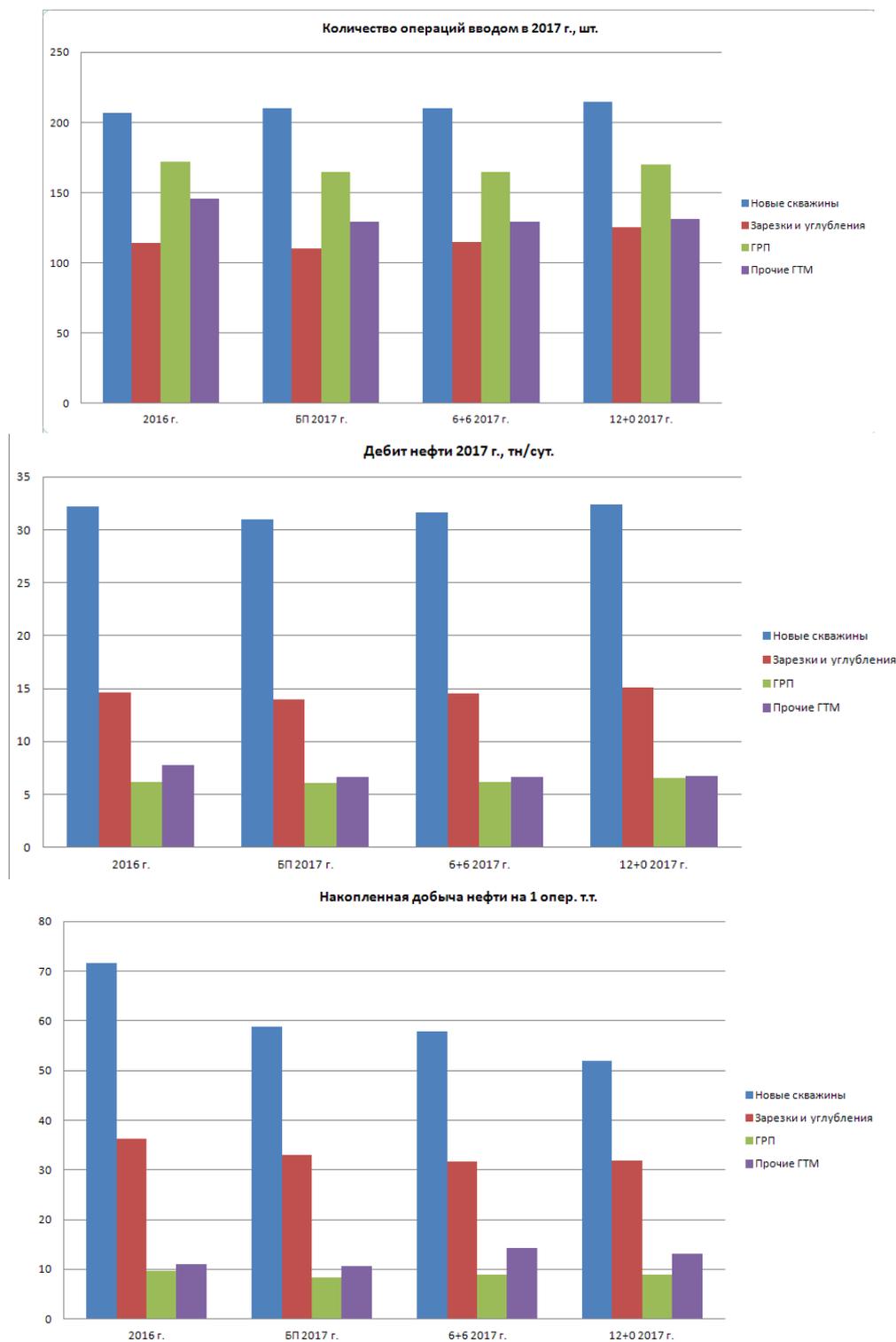
В экономике России происходит процесс технического перевооружения. Несмотря на это, износ оборудования по промышленности составляет 58,6%, а удельный вес нового оборудования составляет лишь 12%. Модернизация основных производственных фондов является одним из наиболее важных направлений развития. Однако развитие рассматривается ныне с более широких позиций. Дополнительно к традиционным производственным характеристикам добавляются и показатели развития социальной сферы, самого человека, природной среды, качества жизни.

Таким образом, рабочая сила в ближайшие десятилетия становится решающим фактором конкурентоспособности российской экономики и общественного благополучия. Высокое качество рабочей силы является условием успешного развития экономики и обеспечения экономического роста.

Население в трудоспособном возрасте по мере своего взросления начинает задумываться о трудоустройстве, рассматривает разные направления и отрасли, далее выбирает подходящую для себя деятельность исходя из своих способностей и т.д.

В нашей стране, да и наверно во всем мире, существует понятие «работа по вахте». Работа по вахте означает, что определенное время человек выполняет какие-то обязанности (работает) на удаленном от основного места проживания и определенное время отдыхает. В статье рассмотрим влияние продолжительности рабочей и выходной вахты на доход нефтедобывающего предприятия.

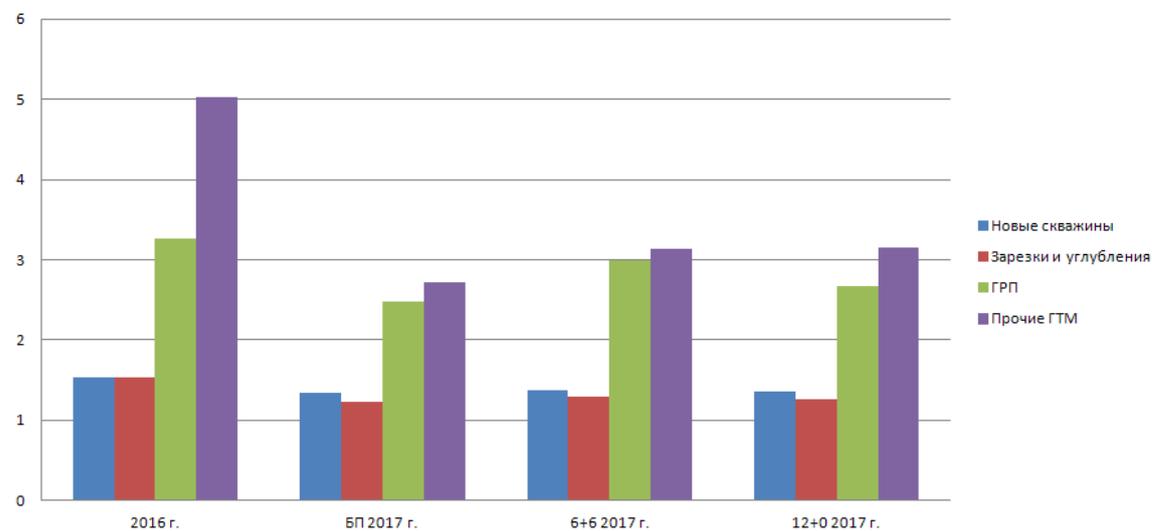
Рассмотрим социально-экономические показатели нефтедобывающего предприятия Российской Федерации.



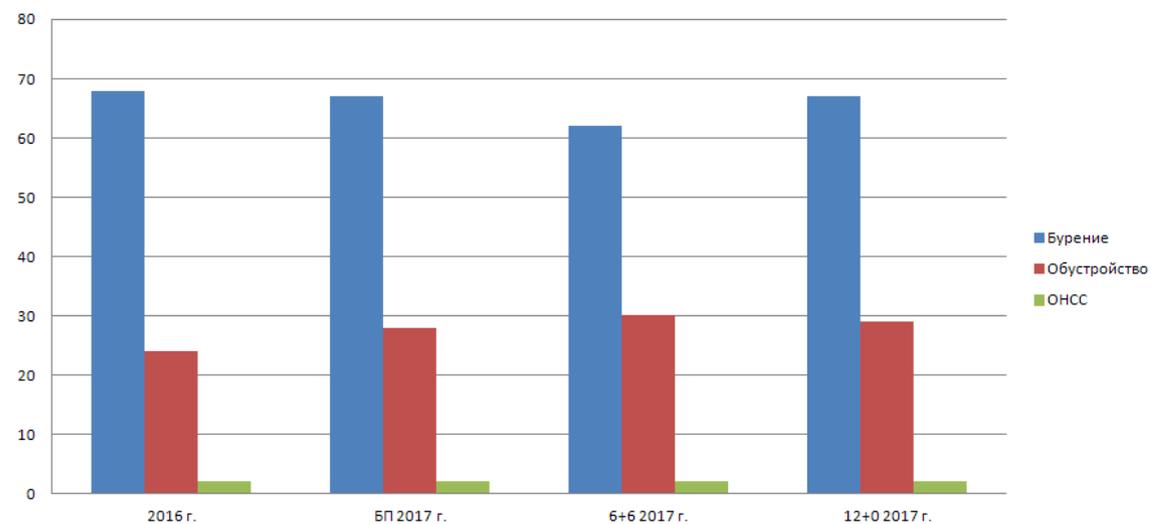
Удельная стоимость операций, млн. руб./скв.



Эффективность (PI), д./ед.



Удельная стоимость бурения, млн. руб./скв.



На нефтедобывающем предприятии согласно структуры есть аппарат управления, основное производство, вспомогательное производство и прочие.

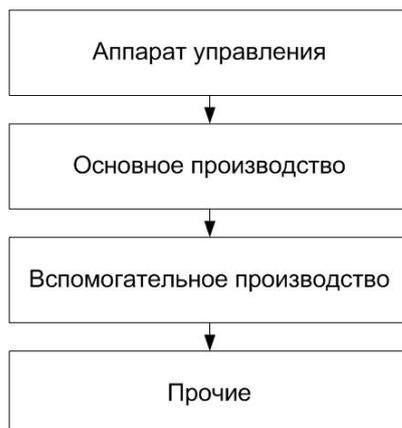
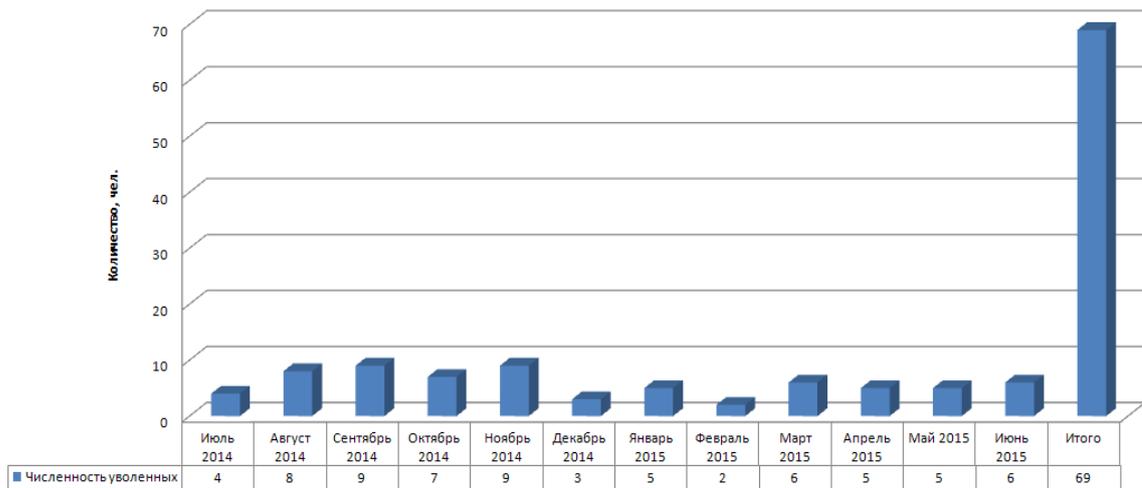


Рис.2 Структура нефтедобывающего предприятия

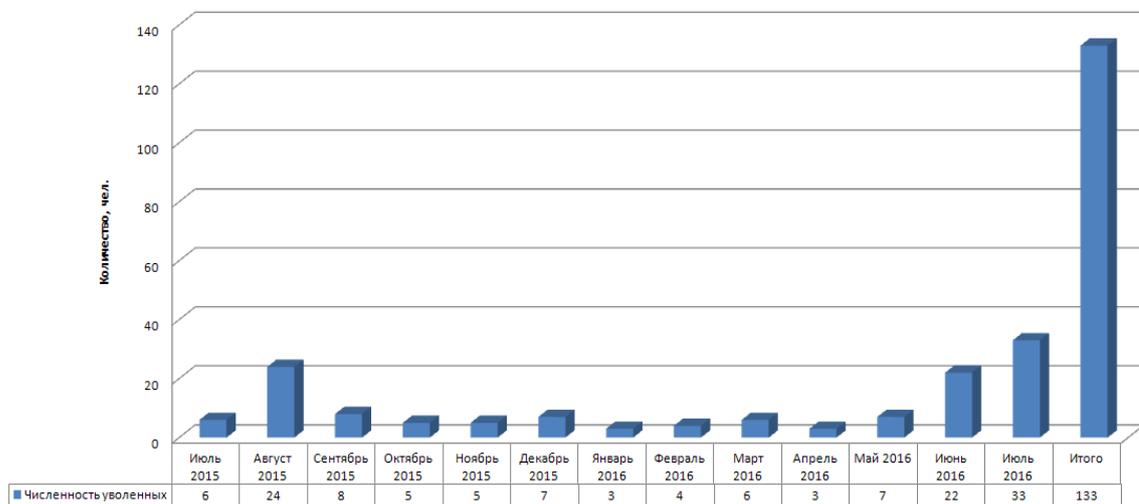
К аппарату управления относятся отделы, службы, отвечающие за ведение и соблюдение всех локально правовых актов и работающих по 40 часовой рабочей неделе. Основное производство включает в себя центральную инженерно-диспетчерскую службу, центральную технологическую службу, экспедиции глубокого эксплуатационного бурения, районные инженерно-технологические службы, бригады бурения. Вспомогательное производство как и прочие занимаются обслуживанием аппарата управления и основным производством, это доставка сотрудников, доставка оборудования, ремонт оборудования, комплектация оборудования и т.д. Бригады бурения в виду технологических процессов работают непрерывно (непрерывное производство) им установлен двенадцати часовой рабочий день с суммированным учетом рабочего времени, учетный период один год, работа по вахте с установлением продолжительности рабочей и выходной вахты 30 через 30 дней. До 30.06.2015 года продолжительности рабочей и выходной вахты была 21 через 21 день, но с целью экономии на авиаперевозках, высшим руководством было принято решение об увеличении времени пребывания на вахте с 21 дня до 30. Была подсчитана экономия сокращения затрат на авиаперевозки которая составила 65 259 тыс. рублей на 39 бригад бурения за год. После анализа в конце 2016 года пришли к следующему, что за период с 01.07.2015г по 31.07.2016г. увеличилось количество уволившихся работников бригад бурения по сравнению с предыдущим периодом.

Основной причиной увольнения является 30-ти дневная рабочая вахта. С 01.07.2014 по 30.06.2015 при 21 дневной рабочей вахте уволилось 69 работников бригад бурения, а с 01.07.2015 года по 31.07.2016 при 30 дневной рабочей вахте уволилось 133 работника бригад бурения. Увеличение уволившихся составило 64 работника буровых бригад (рост почти в 2 раза).

Режим (дн.): 21 рабочих дней через 20 выходных дней



Режим (дн.): 30 рабочих дней через 30 выходных дней

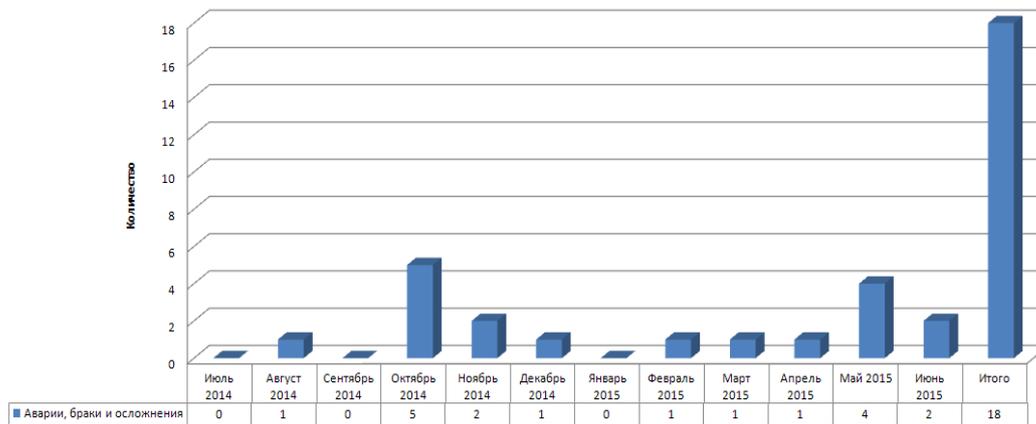


Конкурирующие буровые компании, находящиеся в регионе «переманивают» квалифицированных руководителей, специалистов и рабочих бригад бурения, на более благоприятные трудовые отношения и условия работы, в том числе:

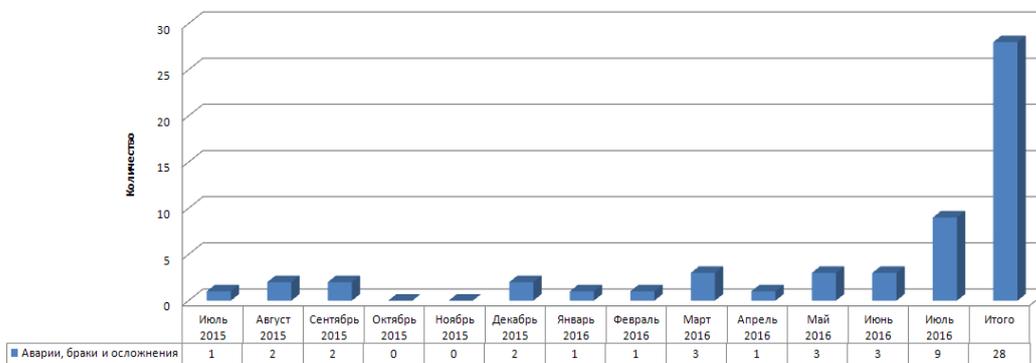
- более высокая заработная плата (в среднем на 20-25% больше);
- социальные условия (современный жилфонд, стирка спецодежды);
- доставка вахт (аэропорт-база-аэропорт) на комфортабельных автобусах;
- своевременное обеспечение ЗИПом;
- при стаже работы 5 лет начисления корпоративной пенсии
- и т.д.

Ранее одним из сдерживающих факторов являлась 21 дневная рабочая вахта. 30-ти дневное пребывание на рабочей вахте, по причине физической и моральной усталости, снижает производительность труда работников, что в свою очередь приводит к увеличению количества аварий, браков и осложнений по собственной вине. За период с 01.07.2014 по 30.06.2015 при 21 дневной рабочей вахте количество аварий, браков и осложнений по собственной вине составило 18, за аналогичный период с 01.07.2015 по 31.07.2016 при 30 дневной рабочей вахте 28. Увеличение составило 10 аварий, браков и осложнений по собственной вине (рост в 1,5 раза).

Режим (дн.): 20 рабочих дней через 21 выходных дней

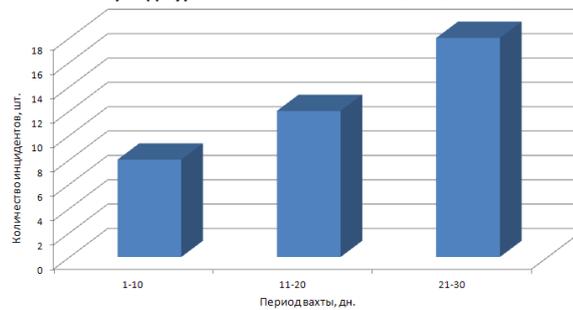


Режим (дн.): 30 рабочих дней через 30 выходных дней

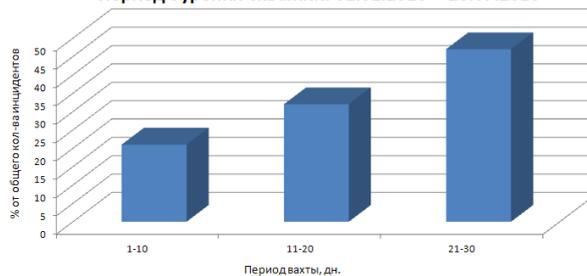


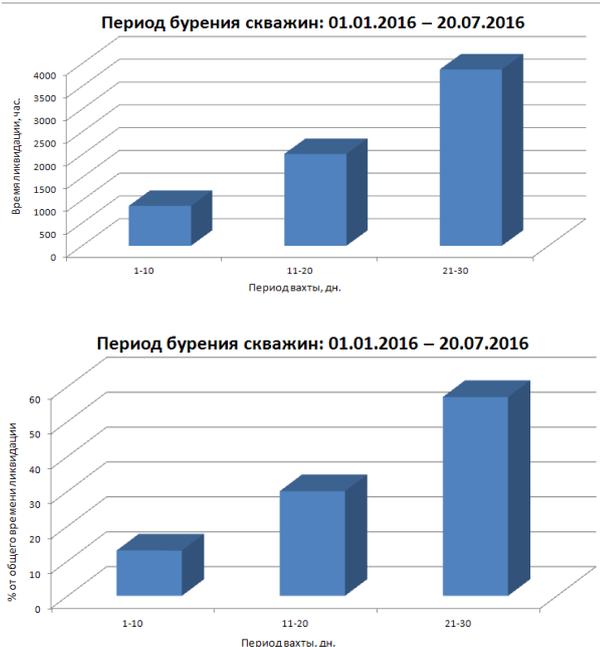
Основная доля инцидентов (18 из 28) или 47% от общего количества с 01.01.2016 по 20.07.2016 приходится на время пребывания работников на вахте после 21 дней.

Период бурения скважин: 01.01.2016 – 20.07.2016



Период бурения скважин: 01.01.2016 – 20.07.2016





По предварительному графику бурения на 2017 год среднее количество бригад планируется на уровне 39 бригад бурения, в отдельные периоды 2017 года количество бригад бурения будет доходить до 41 – 42, что указывает на необходимость сохранения численности работников бригад бурения. Зачастую в связи с неравномерностью объемов работ, требуется краткосрочное увеличение численности работников бригад бурения, с целью исключения роста численности практикуется одновременное ведение работ по бурению скважин одной бригадой на двух объектах бурения, с привлечением работников сверх рабочей вахты на 5 – 10 дней. При этом привлечение работников сверх рабочего времени при 30 дневной рабочей вахте максимально затруднено – по причине большего межполетного интервала доставки вахт.

Совершенствование деятельности нефтедобывающих предприятий с целью повышения их эффективности осуществляется с использованием организационных и экономических методов регулирования, которые реализуются посредством управленческих механизмов, представляющие собой методические, организационные, технологические, экономические, правовые методы, а также участие государства в развитии и продвижении научных разработок. На микроуровне необходим переход на двухуровневую систему управления.

В условиях рынка задача повышения эффективности работы нефтедобывающих предприятий становится все более актуальной. Экономические составляющие процесса подвергаются переоценке, в том числе и механизмы повышения эффективности системы управления добычей нефти.

Авторы предлагают социально – экономические механизмы для повышения эффективности нефтедобычи



Для повышения эффективности нефтедобычи в методической области необходимо разработать с учетом достигнутого научного опыта и изменившихся экономических условий предлагаются следующие механизмы : правовой, методический, организационный, экономико-технологический, механизм государственного участия, мотивационный, и социально-экономический механизм.

Список литературы

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года /утв. расп. Правительства РФ 13 ноября 2009 г. № 1715-р.
2. *Яртимев А.Ф.* Экономическая оценка проектных решений инновационно-инвестиционных вложений для нефтяной промышленности. – М.: ВНИИОЭНГ, 2011. – 232 с
3. Социально-экономические аспекты вахтового метода работы нефтедобывающих предприятий/ Журнал Экономика и предпринимательство. Выпуск №1.2018г
4. Кибанов А.Я., Гагаринская Г.П., Калмыкова О.Ю., Мюллер Е.В. Управление персоналом: учеб.пособ. М.: ИНФРА-М,2017.240 с
5. <http://samarastat.gks.ru>
6. Shaffer B., Hillman Amy J. The development of business - government strategies by diversified firms // Strategic Management Journal. - 2000. – N 21. - Issue 2. P . 175-191.
7. Jameson J. K ., Toward A. Comprehensive Model for the Assessment and Management of Intraorganizational Conflict: Developing the Framework // International Journal of Conflict Management. - 1999. - V. 10, - N 3. - P. 268-285.
8. Майкл Армстронг. *Управление результативностью: система оценки результатов в действии* [Электронный ресурс] / Майкл Армстронг, Анжела Бэрон. – М.: Альпина Паблицер, 2014. – 248 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22842>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю
9. Инновационный подход к труду индивидов третьего возраста: образование, трудовой потенциал, предпринимательство. Монография/Под общей ред. PhD Дианы Спунбер. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2016. – 328 с.

ИННОВАЦИИ И ПРОБЛЕМЫ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

УДК 372.8:002

СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ.

Асаналиев Мелисбек Казыкеевич доктор пед. наук, профессор, академик Российской академии образования и науки, КГТУ им.И.Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г.Бишкек

Алдибекова Куралай Алиевна аспирантура, 13.00.08-Теория и методика профессионального образования КГТУ им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г.Бишкек, e-mail: kuralai_alievna@mail.ru

Аннотация

Современные технологии являются неким роде «катализатором» для нынешнего общества, которые позволяют нам облегчить наши повседневные задачи в любой сфере деятельности. Необходимо отметить вклад современных технологий в педагогические условия формирования информационно-технической компетентности учащихся. Помимо этого, стоит выделить факт, что ранее они не применялись ни по отдельности, ни в комплексе для выбранного нами предмета исследования.

Основные положения компетентностного, деятельностного, модульного и заданного подходов, предоставляют нам возможность определить комплекс педагогических условий, для успешного применения способа формирования информационно-технологической компетентности.

Ключевые слова: информационные технологии, базовая подготовка учащихся, информатика, модернизация, компетентность, модульный подход, информационно-технологическая компетентность, педагог, условие, база данных.

MODERN EDUCATIONAL TECHNOLOGIES USED IN TEACHING PROCESS

Asanaliyev Melisbek K. doct. doctor ped. science, Professor, Academician of the Russian Academy of Education and Science, KSTU named after I.Razzakov, 720044, Kyrgyz Republic, Bishkek c.

Aldibekova Kuralai A. graduate school, 13.00.08-Theory and methods of vocational education KSTU. I. Razzakov, 720044, Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: kuralai_alievna@mail.ru

Annotation

As we have shown above, the novelty is inherent in each of the selected pedagogical conditions for the formation of information and technological competence of students; in addition, the novelty lies in the fact that previously both separately and in a complex they were not used for the subject of our choice. Leading ideas of competence, activity, and modular and given approaches allowed us to identify a set of pedagogical conditions that ensure the successful application of the model of information and technological competence.

Key words: information technology, basic training of students, informatics, modernization, competence, modular approach, information technology competence, teacher, condition, database.

Современный мир уже давно стал эпохой высокоразвитых гаджетов, технологий и самых смелых технических решений. Этому способствует развитие в системе образования,

т.е. совершенствование современных технологий в системе образования, которое должно соответствовать свойствам технологии, приведенным ниже по рисунку 1:



Рисунок 1. Современные образовательные технологии, используемые в процессе преподавания

- гуманность: для повышения качества жизни и благосостояния людей с помощью технологии, в том числе – качественное образование;
- эффективность: требуется максимальный возможный результат от применения технологий на протяжении определенного периода, например, в течение 5 лет;
- наукоемкость: применение современных технологий должно обосновываться на многочисленных научных трудах, среди которых – монографии, докторские исследования, к тому же, технологии должны обладать научными сопровождениями при их использовании, для исключения возможности исказить факты;
- многофункциональность: функциональное применение технологий необходимо использовать в нескольких направлениях, с максимальным коэффициентом полезного действия. Например, одну и ту же технологию можно будет применить для обучения различных учебных предметов, на разных стадиях обучения, а также для обучения детей с разным уровнем развития;
- интегрирование: использование технологии должно обладать взаимосвязанностью со всеми смежными сферами и обуславливаться эффектом дополнения друг друга.

В информационных технологиях обучения выделяются два компонента, участвующие в передаче учебной информации: технические средства, к ним относится компьютерная техника и средства связи, и программные средства (ПС), которые могут быть различного назначения, ниже показан на рисунке 2.

Для разработки занятий с компьютерной поддержкой преподавателю важно знать функциональные возможности и условия применения каждого из вышеназванных

компонентов. Как технические, так и программные средства вносят свою специфику и оказывают определенное влияние на учебный процесс.



Рисунок 2. В информационных технологиях обучения выделяются два компонента, участвующие в передаче учебной информации:

Технологии, возможно, являются величайшим двигателем перемен в современном мире. Несмотря на длительную наукоемкость прорывных идей, технологические прорывы обещают инновационные решения для самых насущных глобальных проблем современности.

Каждый день люди пользуются компьютерами, телефонами, планшетами и другими технологическими изобретениями, которые дал нам технический прогресс, находящийся в каждодневном стремительном развитии.

В данное время персональные компьютеры становятся все более доступным и дешевле широким слоям населения, люди постоянно пользуются ими на работе, дома, на отдыхе, что в свою очередь доказывает, что технологии проникли во все сферы нашей жизни. Одна из основных и главных сфер применения компьютеров – это хранение и управление данными. Сейчас крупные компании зачастую пользуются современными технологиями: финансовые отчеты, информация о работниках, учеты занятости в крупных компаниях и большие базы данных, управляемые компьютерными программами. Такие программы и базы данных используются в сферах деятельности бизнеса: предоставление потребительских счетов, контроль денег и их объема, контроль за продукцией и ее количеством, объемом и качеством. В малом и среднем бизнесе многие предприятия заменили кассы на специальные кассовые терминалы (POS). Данные терминалы распечатывают чеки и отправляют информацию в базу данных, в момент проведения кассовой операции по тому, или иному виду предоставления товара или услуги.

Широкое применение персональных компьютеров на заводах и фабриках показал ощутимый эффект, также существуют специальные устройства, которые помогают саперам в разминировании опасных устройств. Они выполняют работу, с которой людям опасно работать и очень сложную работу, с которой человек не сможет справиться в одиночку. Компьютеры не знают усталости, в то время как человек устает и изматывается, а это может сильно сказаться на качестве работы и ухудшить ее.

Применение компьютеров в медицине. К примеру, в кардиохирургии используется много компьютерных технологий: с их помощью врачи видят, что творится с сердцем пациента во время операции, ведь раньше таких возможностей не предоставлялось врачам, поэтому исход предугадать было сложно. В медицине они стали очень важным аспектом успешного проведения операций с благополучным исходом.

Использование современных технологий в науке и инженерии. Современная реальность давно предвидит мир, где роботы берут на себя все повседневные задачи. Это роботизированное будущее постепенно становится реальностью, однако, роботы все еще ограничены производством сборочных линий и других контролируемых задач. Хотя они широко используются (например, в автомобильной промышленности), эти роботы являются большими и опасными для сотрудников; они должны быть разделены клетками безопасности.

Роботы идеально подходят для задач, которые имеют повторяющиеся действия или опасны для людей, и могут работать 24 часа в сутки. В действительности роботы нового поколения, скорее всего, будут сотрудничать с людьми, а не заменять их. Даже учитывая прогресс в области дизайна и искусственного интеллекта, человеческое участие и надзор будут оставаться существенными.

Система автоматизированного проектирования, автоматизированного управления привели к улучшению продукции во многих сферах, особенно когда дизайн обязывает быть идеальным.

Компьютерные программы дают много возможностей инженерам, в том числе, возможность анализировать сложные структуры, такие как:

- Электростанции;
- Космические станции.

Интегральная информационная система. С современным сложным оборудованием, программами и коммуникационными технологиями, часто становится трудно систематизировать данные в одну программу. Организации все сильнее пытаются объединить свои информационные потребности в единую систему. К примеру, протокол извещения об услугах - немецких программ, управляемый главным компьютерным вычислительным центром и обеспечивающий решение в отношении корпоративной сети для информационных технологий. Это мощная база данных, которая дает возможность компаниям перестраивать всю информацию в одну базу данных, а затем выбирать лишь программные модули или таблицы, которые им нужны. Свободные модули должны отвечать всем нуждам потребителей.

Очень сложные технологии, часто включающие в себя электронику и робототехнику - называют "высокими". Они являются двигателем современного общества, они помогают нам – создают комфорт вокруг дома и во время отдыха. Сегодня мы не представляем без них жизни, многие из бытовых приборов представляют собой высокотехнологичные устройства, с которыми мы легко пользуемся каждый день.

К некоторым приборам и устройствам мы уже настолько привыкли, что не можем без них жить. Мы совсем не задумываемся, как ими пользоваться, ведь мы уже умеем с ними обращаться. За годы работы с ними, мы выработали некий невербальный опыт, который помогает нам справляться с интерфейсами новых моделей устройств. Мы успешно справляемся со многим оборудованием, при этом, совершенно не понимая принципа работы и их внутреннего устройства. Но каждый год появляется всё больше новых устройств с более сложной аппаратной архитектурой. На смену технологиям прошлых лет пришли новые, так называемые, «нано» технологии. Недавно наше правительство осознало нашу отсталость в этой сфере. С тех пор мы пытаемся нагнать другие страны в этом направлении. Хочется верить, что эти перемены приведут к лучшему и скоро дадут высокие результаты.

На сегодняшний день рынок современных гаджетов переполнен продукцией разного качества и размера. Сейчас популярен маленький и компактный корпус устройств, их удобно носить с собой на работу или взять в поездку, что в свою очередь заставляет разработчиков идти на снижение аппаратной мощности. Большинство устройств на рынке по сути всего лишь игрушки непригодные для профессионального использования и эксплуатации в сложных условиях. Возможно, эта тенденция сохранится в будущем, но сейчас многие крупные поставщики создают устройства мощность которых уже заставляют восхищаться

инженерными наработками. Все чаще я замечаю в продаже компьютерного аппаратного обеспечения audio/video с высокими характеристиками, но с непривычным дизайном. Сейчас многие люди меняют технику на более новую не по причине поломки, а из-за ее моральной старости. Такое оборудование ограничивает нас в полноценном использовании таких устройств. Зачастую такие устройства устарели и не способны в полной мере взаимодействовать с нынешним оборудованием. Эти проблемы вызваны появлением более новых и совершенных моделей устаревшей техники. Не воспринимаем всерьез телевизор, компьютер, телефон и т.д. ведь они перестали отвечать требованиям современного программного обеспечения и больше нам не нужны, так происходит с большинством вещей, мы всегда стремимся к получению более нового, но не всегда качественного оборудования в этом вся наша суть.

Большинство сфер обслуживания пользуются только компьютерами, но не смотря на инновации, в сфере современных технологий еще много недостатков.

В наше время от технологий зависит очень многое, например, это может быть чья-то работа, жизнь, здоровье, дети, внуки и многое другое. Машины с подобными технологиями помогают и в очень тяжелом труде человека, который он выполнить не может, человек может сделать многою работу, но и иногда работа, выполняемая им, может носить угрожающий его здоровью характер, и именно для этой работы и придумали роботов. Люди по своей природе очень уязвимы к проблемам и трудным действиям. Роботы выполняют много необходимых функций, в последнее время разрабатывают универсального робота, который будет выполнять всю работу за вас и вашу семью. Но есть и сторонники традиционной жизни, эти люди тормозят прогресс, но как принято всегда найдутся несогласные с миром и эволюцией.

Конечно, прогресс затронул почти все сферы жизни людей. Роботы: саперы, пожарники, спасатели, монтажеры и т.д. Прогресс никогда не стоял на месте и скоро человек изобретет великие устройства способные покорять многие вещи.

В современном мире очень много видов развития технологий и это весьма затрудняет процесс их изучения. Ведь данная сфера весьма обширна, которая нуждается в более детальном рассмотрении вопросов перед началом работы, но данная проектная работа приоткрывают эту завесу тайны и показывает, что мир разнообразен. К примеру, можно привести обычную поездку в автобусе, ведь чтобы оплатить проезд люди прикладывают специальную электронную карту к специальному предназначенному для этой цели устройству.

Информационные технологии являются наиболее быстро меняющейся и растущей отраслью в мире. Ежедневно новые технологии разрабатываются, в то время как, старые технологии исчезают либо улучшаются. Безопасные сети, игры, совместное использование фотографий с друзьями, национальная безопасность, ведение бизнеса, электронные медицинские записи, дистанционное обучение, безопасная защита конфиденциальных и личных идентификационных данных - вот лишь некоторые из миллионов применений технологий сегодня.

Именно поэтому крайне важно обеспечить наличие квалифицированных специалистов перед страной и в дополнение к новым разработкам в области ИТ.

Сложно недооценить всю значимость информационных технологий, которые изменили жизнь каждого человека. Ведь ИТ дают стимул для развития всех сфер деятельности человека: в то же время все привыкли, что наиболее простейшие операции в нынешних предприятиях давно производятся с помощью вычислительных машин.

Несмотря на то, что современные технологии развиваются стремительно, новейшие разработки зачастую не всегда могут самостоятельно решить определенные проблемы, но помочь в упрощении их информационные технологии вполне могут. Детально проследить такие моменты возможно в аналитических операциях, где происходят процессы формирования отчетов и баз данных.

Для облегчения процесса обучения и образования в нынешних учебных заведениях, вклад информационных технологий в систему образования весьма велик, т.к. только при помощи современных технологий, куда входят оснащение компьютерами и доступом к высокоскоростной сети интернет, возможно, повысить уровень и качество знаний у учащихся.

Для примера можно привести представителей различных профессий, в том числе, архитекторы, художники, которые систематически являются пользователями специальных профессиональных программ, таких как – AutoCAD, CorelDRAW, 3D MAX и т.д.

В данный момент имеется большое количество технологий предоставления обучения, среди которых – традиционные и инновационные. Невозможно сделать выбор на определенной системе обучения, поэтому для достижения максимального эффекта – необходимо использовать комплекс этих мер.

Мое мнение, насчет выбора того или иного вида технологии обучения – должно зависеть от нескольких критериев: состав учащихся, возраст, уровень подготовки, темы урока и т.д. Как видно из критериев – они могут быть самыми разнообразными, тем самым наиболее оптимальный вариант – выбор комплекса технологий обучения. В системе образования учебного процесса необходимо заметить классно-урочную систему, которое предоставляет возможность вести обучение согласно расписанию, в заданной аудитории и определенным постоянным количеством учащихся.

В заключение необходимо сказать, что использование традиционных и инновационных методов обучения должны дополнять друг друга. Ведь полностью отказаться от старого и перейти на новое не считается целесообразным. Поэтому высказывание «Все новое – это хорошо забытое старое» будет актуально еще продолжительное время.

Библиографический список:

1. Алдибекова К.А., Педагогическая информатика, Science and Education Ltd Sheffield UK, г.София, Материалы за XII-а международная научна практична конференция 15-22 декабря 2016 год.
2. Алдибекова К.А., Аспекты педагогической информатики, Science and Education Ltd Sheffield UK, г.Болгария, 2016 год.
3. Алдибекова К.А., Современные проблемы в преподавании информатики, «Cutting-edge science-2017», г. Шеффилд, 30 апреля-7 мая 2017г.
4. Алдибекова К.А., «Основные особенности преподавания курса информатики», Europejska nauka XXI powieka-2017, Польша, 7-15 мая 2017г.
5. Иванов, Д.А. Компетентностный подход в образовании. Проблемы. Понятия. Инструментарий. / Д.А. Иванов, К.Г. Митрофанов, О.В. Соколова: Учеб.- метод, пособ. - М.: АПК и ПРО, 2003. - 101 с.
7. Информатизация общего среднего образования: научно-метод. пособ. под ред.Д.Ш. Матроса. М.: Пед. общество России, 2004. - 384 с.
8. Кинелев, В.Г. Контуры системы образования XXI века. В.Г.Кинелев // Информатика и образование. - 2000. - №5- С.2 - 7.
9. Паламарчук, Л.Н. Информационно-технологическая компетентность школьника [Текст] /Л.Н. Паламарчук // Информатика и образование-2007.-№10,-СП 1-112.
10. Паламарчук, Л.Н. О педагогических возможностях электронных мультимедийных материалов и технологий. Л.Н. Паламарчук // Образование и наука. Известия Уральского отделения российской академии образования. - 2007. - №7(11).- С.89-94.

**1993-ЖЫЛЫ 5-МАЙДА КАБЫЛ АЛЫНГАН ЖАҢЫ КОНСТИТУЦИЯ
ЖАНА 1994–2003-ЖЫЛДАРДАГЫ АГА КИРГИЗИЛГЕН ӨЗГӨРТҮҮЛӨР.**

Темирбекова Асель, Кыргыз Республикасынын тышкы иштер министрлигинин алдындагы К.Диканбаев атындагы Дипломатиялык академиянын аспиранты, эл.дарек: asel_temirbekova92@mail.ru

Аннотация. 1993-жылкы жаңы Конституциянын жана ага удаалаш өткөрүлгөн конституциялык өзгөртүүлөрдүн илимий талдоосу Кыргыз Республикасынын биринчи Баш мыйзамы өлкөдө башкаруунун аралаш президенттик-парламенттик формасын орнотуп, мамлекеттик бийликти монополизациялоо жолунда тоскоолдук катары болгон деп жыйынтык чыгарууга мүмкүндүк берет. Андыктан 1993-жылкы жаңы Негизги мыйзамды иштеп чыгуу жана кабыл алуу Кыргыз Республикасынын постсоветтик тарыхындагы конституциялык курулушунда эң бир жаркын барактардан болуп эсептелинет. Бул – баарыдан мурда көз каранды эмес мамлекеттин, эл аралык укуктун жана дүйнөлүк коомчулуктун толук укуктуу мүчөсүнүн субъектисинин Конституциясы болгон.

Бирок, эгемендиктин алгачкы жылдарынан баштап эле өлкөдө тамырлай баштаган акаевдик-авторитардык саясий режим жаңы кабыл алынган Баш мыйзамды жетекчиликке алып, анын беренелерин эч кыйшаюусуз аткаргандын ордуна, аны көзгө илбей, ага баймабай өзгөртүүлөрдү кийрип, биздин коомдун таза жашоо шарданын булгап кеткен, кендирди кескен жоруктарды жасап, коррупциялык схемаларды түзүп кеткен. Мына ушул себептүү А.Акаевге авторитардык түзүлүшкө алып келген кийинки конституциялык реформалар керек болгон. Бийлик элдин кызыкчылыктарына кызмат кылаары тууралуу көп сандаган жарыя айтууларга карабай, иш жүзүндө бийлик бийлөөчү элитанын жана чиновниктердин керектөөлөрүн жана амбицияларын канааттандыруу үчүн гана иштеп калган.

Сыр сөздөр: конституция, автономия, партия, саясий система, демократия, тоталитаризм, улут, эгемендик, коррупция, клан, авторитардык башкаруу.

**THE NEW CONSTITUTION ADOPTED IN 1993 ON MAY 5 AND CHANGES
ADOPTED IN THE PERIOD**

Temirbekova Asel, Graduate student Diplomatic academy Named after Kazi Dikambaev of the Ministry of foreign affairs of the Kyrgyz Republic, e-mail: asel_temirbekova92@mail.ru

Abstract. The scientific analysis of the new Constitution of the Kyrgyz Republic in 1993 and its subsequent changes has established that there is a mixed presidential-parliamentary form of governance in the country, which remains as an obstacle to the monopolization of state power.

Thus, the development and adoption of the new Basic Law of 1993 became one of the most important decisions in the post-Soviet history of Kyrgyzstan. This was primarily a manifestation of the independence of the state in the arena of international law and presented its full membership in the world community.

However, since gaining independence, when the country's power holders began to take root in the authoritarian political regime of Akayev, basing on the new constitution, instead of flawlessly carrying out all the articles, the authorities ignored the fundamental ideas of supreme law and made reckless changes, which undermined confidence and trustiness' in the authorities and gave impetus to the development of corruption schemes.

For this reason, in order to concentrate power in his hands, A. Akavev needed subsequent constitutional reforms in the future.

In this situation, the authorities adhered to ambitions and interests of certain officials and representatives of the elite, instead of serving the interests of the people and taking care of its needs.

Keywords: constitution, autonomy, party, political system, democracy, totalitarianism, nationality, corruption, clan, authoritarian governance.

НОВАЯ КОНСТИТУЦИЯ, ПРИНЯТАЯ В 1993 ГОДУ 5 МАЯ И ИЗМЕНЕНИЯ ПРИНЯТЫЕ В ПЕРИОД 1994-2003 ГОДА

Темирбекова Асель, аспирантка Дипломатической академии МИД КР им. К.Диканбаева, эл.адрес: asel_temirbekova92@mail.ru

Аннотация. Научный анализ новой Конституции Кыргызской Республики 1993 года и его последующих изменений установил, что в стране смешанная президентско-парламентская форма правления, что является препятствием на пути монополизации государственной власти.

Таким образом, разработка и принятие нового Основного закона 1993 года и стала одной из самых ярчайших страниц постсоветской истории страны. Это в первую очередь стало проявлением независимости государства на арене международного права и полноценного члена мирового общества.

Однако, первые годы после обретения независимости, когда руководство страны начала укореняться в авторитарном политическом режиме Акаева, основываясь на новой конституции, вместо того чтобы безукоризненно выполнять все её статьи, власти игнорировали высший закон и вносили регулярные изменения, что подорвало доверие народа к власти и дало толчок к развитию коррупционных схем. По этой причине для концентрации власти в своих руках А.Акаеву требовались последующие конституционные реформы.

В этой ситуации, власти придерживались амбиций и интересов определённых чиновников и представителей элиты, вместо того чтобы служить интересам всего народа и заботиться о его нуждах.

Ключевые слова: конституция, автономия, партия, политическая система, демократия, тоталитаризм, национальность, коррупция, клан, авторитарное управление.

Көз карандысыздыктын алгачкы жылдары – биздин өлкөнүн жашоосунун өзгөчөлүү мезгили болгон. Бул жылдар - Кыргызстандын эли коммунисттик-тоталитардык жана Москванын тыкыз көзөмөлүнөн эркиндикке чыгып, өзүнүн улуттук мамлекеттүүлүгүн кайрадан жаратуу менен жигердүү алектенген эң бир жогорку коомдук жана саясий көтөрүлүүнүн жылдары болгон, алардын практикалык иш жүзүнө ашуусу 1993-жылдагы Конституцияда чагылдырылган. Бул Конституция кыргыз элинин кылымдардан бери “Манас” дастанында көздүн карегиндей аздектеп келген эркин, бирдиктүү жана адилет мамлекет куруу жөнүндөгү үмүт-кыялынын, тилегинин жана ал максаттарга жетүү үчүн эч тынымсыз аракеттеринин кабыл болгонун далили жана жаркын келечекке туура жолду көрсөткөн улуттук идеологиясы болгон.

Бирок, эгемендиктин алгачкы жылдарынан баштап эле өлкөдө тамырлай баштаган акаевдик-авторитардык саясий режим жаңы кабыл алынган Баш мыйзамды жетекчиликке алып, анын беренелерин эч кыйшаюусуз аткаргандын ордуна, аны көзгө илбей, ага байма-бай өзгөртүүлөрдү кийрип, биздин коомдун таза жашоо шарданын булгап кеткен, кендирди кескен жоруктарды жасап, коррупциялык схемаларды түзүп кеткен.

Кыргызстандын конституциялык өнүгүүсүнүн тарыхы 1929-жылы РСФСРдин курамында кыргыздардын тарыхында биринчи жолу автономиялуу республиканын Конституциясын кабыл алуу менен башталган. Андан соң 1937-жылы СССРдин курамында союздук республиканын Конституциясы кабыл алынган, кийинки тепкич 1978-жылдагы Конституция болуп калды. Албетте, алардын ар бири кыргыз мамлекеттүүлүгүнүн түзүлүүсүндө жана өнүгүүсүндө, мамлекеттин табияты, алдына коюлган милдети жана иштөөсү тууралуу билимдердин жана тажрыйбалардын топтолуусунда, элдин жана коомдун бийлик менен өз ара мамилелеринде маанилүү роль ойногон.

Ошону менен катар, совет доорундагы бул конституциялардын спецификалуу өзгөчөлүктөрү да болгон. Биринчиден, алардын теориялык негизделиши жана практикалык жактан даярдалышы борбордук партиялык жана мамлекеттик органдарда, Москванын жана Орусиянын илимий мекемелеринде жүзөгө ашырылып, жогортон төмөн түшүрүлүп турган. Улуттук республикаларга жергиликтүү шарттарды эске алуучу айрым гана, өзөктүү эмес өзгөртүүлөрдү киргизүүгө жол берилген. Экинчиден, кабыл алынган конституциялар россиялык жана жалпы союздук конституциялардын чектеринде аракетте болуп, алардан көчүрүлгөн. Советтер Союзунда бекем конституциялык бирдейлик жашап келген. Үчүнчүдөн, конституциялар өтө эле идеологиялаштырылган жана да мамлекеттин жана укуктун монополиялуу үстөмдүк кылуучу жеке марксисттик-лениндик теориясына негизденишкен. Төртүнчүдөн, конституциялар көп жагынан декларативдүү болгон, бир катар принципиалдуу жоболор ишке ашырылган эмес же реалдуу чындыкка дал келбеген (СССРдин курамынан эркин чыгып кетүү укугу, мыйзамдын жогору турушу, сөз, дүйнөгө болгон көз караш эркиндиги ж.б.)

Андыктан 1993-жылкы жаңы Негизги мыйзамды иштеп чыгуу жана кабыл алуу Кыргыз Республикасынын постсоветтик тарыхындагы конституциялык курулушунда эң бир жаркын барактардан болуп эсептелинет. Бул – баарыдан мурда көз каранды эмес мамлекеттин, эл аралык укуктун жана дүйнөлүк коомчулуктун толук укуктуу мүчөсүнүн субъектисинин Конституциясы болгон.

Ал Конституция улуттук аң-сезимдин ойгонушунун, илимий-чыгармачыл боштондуктун жана саясий активдүүлүктүн мурда болуп көрбөгөндөй жогорулоосунун, жаңы идеалдарды жана баалуулуктарды интенсивдүү издөөнүн шарттарында иштелип чыккан. Аны иштеп чыгууга көрүнүктүү чет өлкөлүк укук таануучулар жана саясат таануучулар тартылса да, Конституция «чоочун денеден чечип алынган көйнөк» эмес, ата-мекендик окумуштуулардын, саясатчылардын, бүткүл элдин өздүк жаратмандыгы болуп калган. Анда заманбап саясий-укуктук ойдун фундаменталдуу идеялары жана жоболору камтылган, жалпы таанылыштагы эл аралык-укуктук актылар жана дүйнөнүн өнүккөн демократиялык өлкөлөрүнүн конституциялык тажрыйбасы көңүлгө алынган. Акырында, анын негизине кайсы бир партиянын же үстөмдүк кылуучу ак сөөктөрдүн идеологиясы эмес, жарандардын басымдуу көпчүлүгүн канааттандырган принциптер (демократия, жеке менчик укугу, коопсуздук, корголгондук кепилдиги ж.б.) салынган. Жаңы Конституцияга болгон зарылдык тарыхый процесстин объективдүү жүрүшүнөн улам келип чыккан.

Албетте, күн тартибинде тагдыр чечүүчү: Кыргызстанды канткенде толук эгемендүү кылып куруп чыкса болот маселеси турган. Андан да, буга окшогон ойлор ошол маалда капыстан эле чыга калган жок. «Кайра куруу» доорунун убагында эле принципиалдуу жаңы конституциялык идеяларды: көп түрдүү байланыштардын негизинде нукура федеративдүү мамлекетти түзүүнү, союздук республикаларга көбүрөөк өз алдынчалуулук берүүнү, республикалык чарбалык эсепти, шайлоо системасында альтернативдүүлүктү киргизүүнү, улуттук тилди жана маданиятты кайра жаратууну ишке ашыруу аракеттери көрүлүп баштаган, булар андан аркы изденүүлөр жана дискуссиялар үчүн идеологиялык негиз болуп калышкан. Мына ушинтип, 80-жылдардын орто ченинде башталган кайра куруу жана айкындуулук процесси конституциялык өзгөртүүлөрдүн зарылдыгын шарттаган.

Анткен менен, бул мезгилдин мыйзам чыгаруучулук практикасы менен тажрыйбасы 1978-жылдагы Конституцияны улам кайталанган оңдоолор менен жакшыртууга мүмкүн эместигин көрсөткөн: ал моралдык жактан да, ошондой эле юридикалык жактан да эскирген болчу. Конституциялык реформалардын төрт жылы ичинде – 1989-1993-жылдары – 11 мыйзам кабыл алынып, булар аркылуу Конституцияга өзгөртүүлөр жана толуктоолор киргизилген. Оңдоолордун мынчалык көп санын киргизүү анын ички бүтүндүгүнүн бузулушуна алып келген[2,55]. Өзүнүн беренелеринде Кыргызстандын жаңы мамлекеттик моделин бекемдөөчү, заманбап шарттарды жана керектөөлөрдү толук түрдө чагылдыруучу жаңы конституцияны кабыл алуу ошол убакта сөзсүз болчу процесс экени айкын көрүнүп калган.

Мына ошентип, 1991-жылдын ноябрынан тарта конституциялык курулушта жаңы этап башталып, ал 1993-жылы 5-майда көз каранды эмес Кыргызстандын жаңы Конституциясынын кабыл алынышы менен акырына чыгарылган.

Албетте, мамлекеттик кайра куруунун бул татаал процессинде бардыгы эле оной жана сыдыргыга салгандай боло койгон жок. Бир жагынан, конституциялык реформанын түздөн-түз катышуучуларын Конституцияны кабыл алуу зарылдыгын жалпы түшүнүү байланыштырып турган. Экинчи жагынан, ар башка багытты көздөгөн идеялар келип чыгып, бөтөнчө конституциянын мамлекеттик башкаруу бөлүгүндө, бул узакка созулган талаш-тартыштарга, позициялардын кагылышуусуна жана конфликттик кырдаалдарга алып келген.

Анткени менен жаңы Конституциянын үстүнөн болгон кылдат жана көп күч жумшалган жумуш акырына чыгарылып, ал 1993-жылдын 5-майынан тарта күчүнө кирген. Саясий жана юридикалык жагынан алганда Негизги мыйзамдын тексти жетиштүү мыкты иштелген, анда ошол мезгилдин объективдүү реалийлери чагылдырылган, туруктуу саясий системаны жана жарандык коомдун институттарын куруу үчүн өбөлгөлөр түзүлгөн: мамлекеттик бийликти бөлүү принциби ишке ашырылды; «кармануулар жана тең салмактуулук» системасынын негизинде бийликтин ар бир бутагынын ыйгарым укуктары белгиленди; көп партиялуулук жана дүйнөгө болгон көз караш плюралиزمде жарыя кылынды; эл аралык стандарттарга ылайык адамдын жана жарандын укуктары жана эркиндиктери эске алынып белгиленди; конституциялык деңгээлде жеке менчик укугу бекемделди.

Бийликти уюштуруу көз карашынан алганда, президенттик-парламенттик республиканын модели түзүлгөн. Алсак, Президент жана Жогорку Кеңеш биргелешип өкмөттү, Конституциялык, Жогорку жана Арбитраждык сотторду түзүшөт, Башкы прокурорду, Улуттук банктын башкармалыгынын төрагасын, чет мамлекеттердеги жана эл аралык уюмдардагы дипломатиялык өкүлчүлүктөрдүн башчыларын дайындашат. Премьер-министр өз функцияларын өз алдынча жүзөгө ашыруу үчүн жетиштүү ыйгарым укуктарга ээ болгон. Ал мамлекеттин башчысына өкмөт мүчөлүгүнө талапкерлер боюнча сунуштарды киргизе алган, облустардын жана Бишкек шаарынын мамлекеттик администрацияларынын башчылары кызмат орундарына талапкерлерди алып чыгып, административдик ведомстволорду түзгөн жана жойгон, бул органдардын жетекчилерин дайындаган, райондордун жана шаарлардын мамлекеттик администрацияларынын башчыларын кийин Президент тараптан бекитилүүсү менен кызматка дайындаган жана бошоткон.

Президент А.Акаев өзү, жалпы коомчулук, чет өлкөлүк эксперттер жаңы Конституцияга анын жогорку сапаттык деңгээлде аткарылганын белгилешип, жогорку баа беришкен.

Кыргызстан үчүн 1993-жылкы Конституцияны кабыл алуу чындап тарыхый мааниге ээ болгон. Биринчиден, ал мамлекеттик курулушка карата коомдук кызыкчылыктын кубаттуу ойгонушунун, эл массаларынын саясий активдүүлүгүнүн жана укуктук аң-сезимдүүлүгүнүн жогорулоосунун катализатору болуп калган. Дээрлик ар бир төртүнчү кыргызстандык жаңы Конституциянын долбоорун талкуулоого катышкан. Жарандардын мамлекеттин иштерине коомдук катышуусунун 90-жылдардын баш ченинде жетишилген деңгээли өлкөнүн саясий жашоосунда ушу азыркы учурда да башкы факторлордун бири

эсебинде калууда.

Экинчиден, бул актыны кабыл алуу менен, Кыргызстан бүткүл дүйнөгө рыноктук экономика негизиндеги демократиялык мамлекетти курууга карата болгон өзүнүн умтулуусун ачык көрсөтө алган. Бул дүйнөлүк коомчулукта позитивдүү кубаттоолорду жараткан. Биздин өлкө Борбордук Азия аймагындагы «демократия аралчасы» баркына ээ болгон. Үчүнчүдөн, Конституцияда орун алган демократиялык идеалдар жана баалуулуктар, мамлекеттик башкаруунун формасы Кыргызстанды модернизациялоо үчүн жакшы өбөлгөлөрдү түзүшкөн. Бирок, иш жүзүндө андай болгон жок. Конституция ошондогу мамлекет башчысы А.Акаевдин саясий амбицияларынын барымтасына айланган.

А.Акаевде Кыргызстандын конституциялык курулушунун башкача концепциясы болгон. Ал 1992-жылы 29-октябрда «Асаба» гезитинин башкы редактору М.Эшимкановдун суроолоруна жооп берип жатып төмөнкүдөй деген көз карашын билдирген: «Демократтардын сунушун өзүң билесиң. Бирок, жумуриятыбызга азыркы тапта парламенттик республика деген жарашпайт... Ошондуктан демократия - аткаруучу күчтүү бийликтин арты менен жашаарын унутпасак... Мыйзамдарды чыгарып тим болбой, парламент аткаруучу бийликке кийлигише баштаса, анда бүттү, иш жылбайт... Парламенттик башкарууга жамынымыш болуп жасаган иштерибиз жакшылыкка алып барбайт. 1995-жылы шайлангандардын көбүн азыркы депутаттардын эле өзөгү түзөт. Эки жылда психологияны өзгөртүш кыйын. Бөлүнүп-жарылган оорудан кутулалбай жатсак аң-сезим анан каяктан өзгөрөт? Айтор, Президентке англиялык королеванын кейпин кийгизип, Сарыбагыш, Солтолугубузду териштирип, парламенте Түндүк-Түштүк болуп акыйлашып отурсак - жакшылыкка алып келбестир. Кеч боло электе, ушул маселеге айрыкча дит койсок жакшы болоор эле»[1,4].

1993-жылы январда, Конституция кабыл алынганга чейин эле, авторитардык режимдин зарылдыгы жөнүндөгү көз карашын А.Акаев өзүнүн расмий сапары учурунда Израилдин эл аралык мамилелер боюнча кеңешинде алып чыккан. Бул концепциянын башкы мазмуну күчтүү мамлекеттик бийликти, тактап айтканда, өткөөл мезгилдин шарттарында авторитардык башкарууну орнотууда турган [5].

1994-жылы июндун баш ченинде А.Акаев Париждеги Француз эл аралык мамилелер институтунда баяндама менен чыгып, кабыл алынган Конституцияны алгач ирээт, чет өлкөлүк аудиториянын алдында ачык сынга алган. Негизги мыйзамды кабыл алуу убагынан эрте болгонун жана өлкөнүн кризистен чыгуусу үчүн Президент башында турган күчтүү аткаруучулук бийликтин болушу зарылдыгын белгилеп кеткен, муну менен жаңы Конституцияны кабылдабай турганын ачык көрсөткөн.

Ал эми ошол эле жылдын июлунда анын шилтөөсү менен эки палаталуу Жогорку Кеңешти түзүү тууралуу идея демилгеленген. А ага чейин, жаңы Конституцияны иштеп чыгууда А.Акаев эки палаталуу парламент идеясын унитардуу мамлекеттер үчүн мүнөздүү эмес катары четке кагып келген эле. Эми болсо, парламенттин позициясын начарлатуу үчүн бул идея зарыл болуп чыга келди.

Кабыл алынган Конституциянын өзгөртүлбөстүгүн жакташкан оппозициянын, бир катар саясий партиялардын жана коомдук уюмдардын каршылыктарына карабастан, 1994-жылдын 22-октябрында референдум өткөрүлгөн, анын натыйжаларына ылайык, Жогорку Кеңеш эки палаталуу болуп калган: курамы 35 депутаттан турган, туруктуу аракетте болуучу жана республиканын бүткүл калкынын кызыкчылыктарынын өкүлчүлүктөрүнүн негизинде шайлануучу Мыйзам чыгаруу жыйыны жана сессиялык тартипте иштөөчү, 70 депутаттан турган Эл өкүлдөрүнүн жыйыны.

Андан соң конституциялык өзгөртүүлөрдүн вектору президенттик ыйгарым укуктарды түздөн-түз күчөтүү тарабына багыт алган. 1996-жылдын 3-январында А.Акаев күтүүсүздөн эле элге Кайрылуу жасап, анда Конституцияга өзгөртүүлөрдү жана кошумчалоолорду киргизүү боюнча кезектеги референдумду өткөрүү тууралуу демилгени көтөрөт. Өзүнүн позициясын ал төмөндөгүдөй түшүндүргөн: «убагында мурдагы Жогорку

Кеңеш бардык бийликти Кеңештерге өткөрүп берүү тууралуу ал учурга карата эскирип калган ураандын туткунунда калып, бийлик бутактарынын ыйгарым укуктарын ушунчалык кайра бычкандыктан, Президент, сөздүн аныгында англиялык королеванын абалында калыптыр. Анын кескиленген ыйгарым укуктары жарандардын укуктарынын жана эркиндиктеринин кепилдиги, мамлекеттик бийликтин бардык бутактарынын координатору катары өзүнүн функцияларын жетиштүү эффективдүү жана толук жүзөгө ашырууга жана да бийликтерди бөлүштүрүү системасында чындап баш коштуруучу органдын конституциялык ролун аткарууга мүмкүндүк бербейт»[9].

Референдум 1996-жылдын 10-февралында болуп өткөн. Жалпысынан Конституциянын 97 статьясынын ичинен 49 статьясы өзгөртүүлөргө жана кошумчалоолорго дуушарланышты. Алардын негизги бөлүгү бийликтик мамилелерге тийиштүү болгон. Мамлекет башчысынын ыйгарым укуктары түп тамырынан кеңейтилип, бекемделген. Эми Президент Өкмөттүн түзүмүн өзү билип аныктап калды жана аны Жогорку Кеңеште бекитүү үчүн алып чыкпай турган болду. Ал Премьер-министр менен кеңешип Өкмөттүн мүчөлөрүн жана административдик ведомстволордун жетекчилерин дайындап калды, мурдагы Конституция боюнча Өкмөттүн курамы парламенттин макулдугу менен дайындалган, ал эми административдик ведомстволордун башчыларын дайындоону Премьер-министр жүзөгө ашырган. Мурда Өкмөттүн ыйгарым укуктарын президенттик демилге боюнча мөөнөтүнөн мурда өткөрүп берүүсү Жогорку Кеңештин макулдугу менен жүзөгө ашырылчу. Референдумдан кийин мыйзам чыгаруучулардын макулдугу талап кылынбай калды.

Облустардын, райондордун жана шаарлардын мамлекеттик администрацияларынын башчыларын дайындоо жана бошотуу ыйгарым укуктары Премьер-министрден Президентке өттү.

Мамлекет башчысы Мамлекеттик катчыны дайындоо, өзүнүн администрациясын түзүү, Коопсуздук кеңешин, Мамлекеттик күзөт кызматын, Улуттук гвардияны жана башка да координациялоочу органдарды түзүү жана жетекчилик кылуу, ошондой эле Өкмөттүн курамына кирбей турган аткаруучулук органдарды түзүү жана жоюу боюнча кошумча ыйгарым укуктарды алды. Мындан тышкары, Президент Башкы прокурордун орун басарларын, облустардын, Бишкек шаарынын прокурорлорун жана аскер прокурорун дайындоо жана бошотуу укугун алды. Парламенттин макулдугусуз эми ал облустардын, Бишкек шаарынын, райондордун, шаарлардын сотторунун төрагаларын, алардын орун басарларын жана судьяларын, арбитраждык жана аскер сотторун, ошондой эле Кыргыз Республикасынын чет мамлекеттердеги жана эл аралык уюмдардагы дипломаттык өкүлдөрүн дайындаган жана жумуштан бошоткон.

Конституция боюнча шайлоолор жана референдумдарды өткөрүү боюнча Борбордук комиссияны жана Текшерүү палатасын түзүү укугу Жогорку Кеңештин карамагында болчу. Референдумдун натыйжаларына ылайык Президент эми Борбордук шайлоо комиссиясынын төрагасын жана мүчөлөрүнүн үчтөн бирин дайындаган, ошондой эле Эсептөө палатасынын төрагасын жана аудиторлордун үчтөн бирин дайындаган.

Мындан тышкары, ал мамлекеттик бюджетке түз жеткиликтүүлүктү алып, акчалай ресурстарды өз алдынча ооштуруп-топтоштуруу мүмкүнчүлүгүн алган. Киргизилген конституциялык оңдоолорго ылайык, Президентке мамлекеттик каражаттардын эсебинен тезинен бүткөрүлүчү мүнөздөгү иш-чараларды каржылоо маселелерин өзү билип чечүү жана ар кыл түрдүү фонддорду түзүү укугу берилген.

Айрым бир артыкчылыктан укуктарды Президент мыйзам чыгаруу ишмердүүлүгү чөйрөсүнөн алат. Жогорку Кеңештин палаталары өздөрүнүн мыйзам чыгаруучулук ыйгарым укуктарын палаталардын экөө тең же алардын бирөө таратылган учурда мамлекет башчысына бир жылдан ашпаган мөөнөткө өткөрүп бере алат. Мындай учурда Президенттин жарлыктары мыйзамдын күчүнө ээ болот. Ошондой эле Мыйзам чыгаруу жыйынынын отурумун же Эл өкүлдөрүнүн жыйынынын сессиясын мөөнөтүнөн мурда чакыруу гана эмес, каралууга тиешелүү маселелерди аныктоого да укуктуу болду.

Президенттин позициялары парламент менен өз ара мамилелеринде да күчөтүлгөн. Алсак, Жогорку Кеңештин бир же эки палатасын тең мөөнөтүнөн мурда таратуу жол-жобосу жөнөкөйлөтүлдү. Эгер мурдараак мындай нерсе жалпы элдик референдумдун натыйжалары боюнча гана мүмкүн болсо, эми Президент палаталардын бирөөсүн же бир эле учурда эки палатаны тең мөөнөтүнөн мурда референдумдун натыйжалары боюнча кандай болсо, так эле ошондой Премьер-министрди дайындоого макулдук берүүдөн үч жолу катары менен баш тарткан учурда жана да Жогорку Кеңештин палаталарынын, же болбосо палаталардын бирөөсү же экөөсү менен мамлекеттик бийликтин башка бутактарынын ортосундагы келишкис карама-каршылыктан келип чыккан кризистен улам таратып жибегиши ыктымал.

Ошол эле учурда Президенттин өзүн кызматтан четтетүүнүн жол-жобосу олуттуу татаалдаштырылган. Мурдараак Конституция боюнча бул үчүн депутаттардын жалпы санынын үчтөн экисинен аз эмесинин добушу жана Конституциялык соттун корутундусу жетиштүү болгон. Ал эми киргизилген толуктоолор боюнча жол-жобо көп тепкичтүү жана жетиштүү чиеленишкен болуп чыкты. Алсак, Президентти Конституциялык соттун корутундусу менен бекемделген мамлекеттик чыккынчылык же дагы башка оор кылмышты жасаганы Мыйзам чыгаруу жыйыны тарабынан күнөөлөнгөнүнүн негизинде гана Эл өкүлдөр жыйыны кызматынан четтете алат. Андан ары Президентти кызматынан четтетиш үчүн, аны күнөөлөгөнү тууралуу Мыйзам чыгаруу жыйынынын чечими палатанын депутаттарынын көпчүлүгүнүн демилгеси, Мыйзам чыгаруу жыйыны түзгөн атайын комиссиянын жыйынтык-бүтүмү болуп, Мыйзам чыгаруу жыйынынын депутаттарынын жалпы санынын үчтөн экисинен кем эмес көпчүлүк добушу менен кабыл алынышы керек. Бирок бул эле эмес. Конституциялык соттун Мыйзам чыгаруу жыйыны алып чыккан күнөөлөөсү боюнча терс бүтүмү Мыйзам чыгаруу жыйынынын өзүнүн таркатылышына алып келмек. Ал эми Эл өкүлдөрү жыйынынын Президентти кызматынан четтетүү тууралуу токтому Мыйзам чыгаруу жыйыны Президентти күнөөлөө менен чыккандан эки айдан кеч эмес мөөнөттө палатанын депутаттарынын жалпы санынын үчтөн экисинен кем эмес көпчүлүк добушу менен кабыл алынышы керек, эгер бул мөөнөттө Эл өкүлдөр жыйыны чечим кабыл албаса, күнөөлөө четке кагылды болуп эсептелинет. Мындай татаалдаштырылган системада мамлекет башчысын кызматтан кетируү дээрлик мүмкүн эмес болгон.

Түп тамырынан бери кайра кароого Конституциянын парламенттин ыйгарым укуктарына тийиштүү баптары туштуккан. Бул эки палаталуу Жогорку Кеңештин киргизилиши менен гана эмес, ошондой эле бул эки палата өздөрүнүн компетенцияларынын чөйрөсүн өздөрү өз алдынча бөлүштүрө алышпагандары менен да байланыштуу болгон. Парламенттин ыйгарым укуктарына тийиштүү конституциялык нормалар Президентке эч болбоду дегенде парламенттин палаталарынын бирин реалдуу көзөмөлдөй алгандай кылып кайрадан түзүлгөн. Мыйзам чыгарууда негизги роль Мыйзам чыгаруу жыйынына ыйгарылган (тажрыйбалуу ата мекендик эксперт-укук таануучулардын бири палата мыйзамдарды даярдоо жана кабыл алуу башкармалыгынын деңгээлине чейин төмөн түшүрүлдү деп бүтүм-жыйынтыгын чыгарган) [12], ал эми Эл өкүлдөрү жыйынынын негизги милдети республикалык бюджетти карап чыгуу жана бекитүү жана да анын отчетун бекитүү болуп калган, палатанын жана Президенттин биргелешип кароосуна аткаруучулук, сот бийликтеринин жана көзөмөлдөөчү органдардын жогорку эшелондогу кадрларынын дээрлик бардыгын дайындоо жана кызматтан бошотуу берилген. Эл өкүлдөрүнүн жыйынынын пайдасына оодук кокусунан жасалган эмес. Кабыл алынган оңдоолорго ылайык, Эл өкүлдөрүнүн жыйынынын депутаттарына бизнес менен алектенүүгө, мамлекеттик кызматка туруусуна чектөөлөр коюлган эмес (мындай тыюу Мыйзам чыгаруу жыйынынын депутаттарына гана тийиштүү болгон). Ушундай болгондо эл өкүлдөр палатасы аткаруу бийлигинен көз каранды абалына кабылган. Себеби депутат-ишкерлерди, мамлекеттик кызматкерлерди ар кыл түрдүү каржылык, фискалдык, карьералык механизмдерди пайдаланып көзөмөлдөп туруу оной эмеспи.

Мына ушинтип, А.Акаев Конституциянын 1992-жылы жазылган өзүнө таандык долбоорунда камтылган, бирок кийин «легендарлуу» парламент тарабынан четке кагылган, бардык ыйгарым укуктарды кайрып алып, саясий реваншка жетишкен.

1998-жылы сентябрда А.Акаев Кыргызстандын элине кезектеги референдумду өткөрүү демилгеси менен кайрадан кайрылат. Өзүнүн Кайрылуусунда ал Мыйзам чыгаруу жыйынынын депутаттарынын санын көбөйтүүнү, анда депутаттык орундардын 20 пайызын саясий партияларга берүүнү, Эл өкүлдөрүнүн жыйынына шайлануу үчүн отурукташуу цензин киргизүүнү, парламентарийлердин кол тийбестигин депутаттык ыйгарым укуктарды түздөн-түз аткаруу убактары менен чектөөнү, жерге карата жеке менчик киргизүүнү, парламенттин бюджеттик саясаттагы ыйгарым укуктарын чектөөнү жана өз оюн ачык айтуу жана басма сөз эркиндигин чектөөчү мыйзамдарды кабыл алууга тыюу салууну сунуштайт [10].

Ырасында эле, мамлекет башчысы коомдук кароого өзгөчө маанилүү көйгөйлөрдү алып чыккан. Алып карасак, мисалы, экономикалык жана саясий кайра түзүүлөр жерге карата жеке менчиктин жана парламенттеги орун үчүн партиялардын реалдуу атаандаштыгынын жоктугунан артка кетенчиктеп баштаган, ал эми Мыйзам чыгаруу жыйынынын сандык курамын кеңейтүү мыйзамдарды кабыл алууга карата субъективдүү таасирдин тобокелин төмөндөткөн.

Бирок референдумга сунушталган маселелердин биринин өзүнчө түпкү мааниси болгон. Бул – депутаттык иммунитеттин парламенттик ыйгарым укуктарды жүзөгө ашыруу менен түздөн-түз байланышкан иш-аракеттер учуруна гана тийиштүү болуусу. Принцибинде бул маселенин коюлушу ошол мезгилдин реалдуулуктарынан улам келип чыккан. Депутаттык корпус мыйзамдан жогору туруучу өзгөчөлүү кол тийгис кастага айланган, бул коомдо адилеттүү нааразылыкты жараткан. Депутаттарды Жогорку Кеңештин тийиштүү палатасынын макулдугусуз мыйзамга каршы жасаган иш-аракеттери үчүн жоопкерчиликке тартууга жол берилбеген, а макулдукту алуу иш жүзүндө түк мүмкүн эмес эле.

Ал эми жашыруун маани А.Акаевдин бул конституциялык оңдоолордун жардамы менен оппозициялык маанайдагы депутаттарды куугунтуктоо үчүн укуктук механизмдерди алганында турат.

Референдум 1998-жылдын 17-октябрында болуп өткөн. Конституцияга толуктоолор жана өзгөртүүлөр кабыл алынды. Ага ылайык, жер менчиктин мамлекеттик, коммуналдык, жекече жана дагы башка формаларында боло алган; Мыйзам чыгаруу жыйынынын депутаттарынын саны 60 депутатка чейин көбөйтүлдү, ал эми Эл өкүлдөрүнүн жыйыны, тескерисинче, 70тен 45 парламентарийге чейин азайтылды (чынында бул палатанын санын кыскартуу тууралуу алдын-ала эч сөз болгон эмес); мыйзам чыгаруучулардын палатасындагы 15 орун саясий партияларга берилген; республиканын жашы 25ке толгон, шайлоолорго катышууга укугу бар жана депутаттыкка талапкерликке көрсөтүлүү алдында өлкөдө 5 жылдан кем эмес туруктуу жашаган жарандары Жогорку Кеңештин Мыйзам чыгаруу жыйынынын депутаты боло алган, ал эми Эл өкүлдөрү жыйынынын депутаты болуп жашы 25ке толгон, шайлоолорго катышууга укугу бар жана депутаттыкка талапкерликке көрсөтүлүү алдында өлкөдө 5 жылдан кем эмес туруктуу жашаган жарандар шайлана алган, мунун 3 жылдан кем эмеси тийиштүү облустун же Бишкек шаарынын аймагына тиешелүү болушу керек; палаталардын экөөсүнүн тең депутаттары ыйгарым укуктарынын бүткүл мөөнөтү ичинде айтып чыккан пикирлерине же депутаттык ыйгарым укуктарын жүзөгө ашыруу учурунда добуш бергенине байланыштуу жооптуу болуп же куугунтуктоолорго алынышпаган; республикалык бюджет тууралуу мыйзамга өзгөртүүлөр, салыктарды киргизүү же жокко чыгаруу, аларды төлөөдөн бошотуу тууралуу, мамлекеттин каржылык милдеттенмелерин өзгөртүү туурасындагы мыйзамдардын долбоорлору, анын киреше бөлүгүнүн эсебинен жабылуучу чыгымдарынын көбөйтүлүшүн көңүлгө алуучу мыйзамдардын башка да долбоорлору өкмөттүн макулдугу менен гана кабылданышы мүмкүн, сөз жана басма эркиндигин чектөөчү мыйзамдарды кабыл алынышына жол

берилбеген.

Мына ошентип, Конституцияга президенттик ыйгарым укуктар менен түздөн-түз байланышпаган оңдоолорду киргизүү менен, А.Акаев өзүнүн бийлигин бекемдеген. Парламенттик иммунитетти чектөөнүн жардамы менен ал көңүлүнө туура келбеген депутаттарды куугунтуктоо мүмкүнчүлүгүн алган, ал эми өкүлчүлүктөр палатасынын сандык курамын кыскартуу палатанын үстүнөн көзөмөлдү жеңилдеткен. Мындан тышкары, аткаруучулук бийликтин бюджеттик-каржылык саясатын монополизациялоо парламенттин позициясын алсыздантты, ошол эле учурда А.Акаев бул чөйрөдөгү артыкчылыктарын сактап калды.

Жыйынтыгында, президенттик бийликти бир тараптуу бекемдөө эң бир терс кесепеттерге: коом менен бийликтин ортосундагы ажырымдын өсүүсүнө, Президент менен оппозициянын ортосундагы каршылашуунун, айрыкча адамдардын өлүмү менен бүткөн Аксы окуяларынан кийин бөтөнчө күчөшүнө алып келди. Натыйжада А.Акаевдин дарегине өлкөдө үй-бүлөөлүк башкарууну орноткондугуна, анын үй-бүлөө мүчөлөрүнүн жана тегерегиндеги жакындарынын өздөрүнүн абалынан кыянаттык менен пайдалангандыгына күнөөлөөлөр, анын мөөнөтүнөн мурда кызматын таштап кетүүсүнө чакырыктар улам тез-тезден жана катуураак чыга баштаган. Жарандык коомдун көпчүлүгү акаевдик башкарууга карата нааразылыгын ачык билдирип, ал эми оппозициянын иш-аракеттери улам көбүрөөк радикалдашып баштаганы анык болуп калган (аксылыктардын Бишкекке жүрүшү, Бишкек–Ош автомагистралын тосуу, бийлик органдарына ачык баш ийбөө актылары, укук коргоочулук түзүмдөр менен кагылышуулар, А.Акаевдин кызматтан кетүүсү үчүн кыймылын түзүү).

Трагедиялуу Аксы окуялары жана коомдук нааразылыктын улам өсүшү А.Акаевди 2002-жылдын 26-августунда конституциялык реформа боюнча кезектеги референдум тууралуу жарыялоого мажбурлады. Ага экинчи бирин тандап алуу: бийлигин бөлүшүүсү же өзүн элдин көз алдында биротоло баркы түшүүсүнө жол бериши керек болду. А.Акаев кыргыз мамлекеттүүлүгүнүн түзүлүүсүнүн биринчи этабында бийликтин президенттик деңгээлде концентрацияланышы керек болгонун [11], ал эми бул реформанын маңызы ыйгарым укуктарды бийлик жүргүзүүнүн «үч бурчтугуна» (президент–парламент–өкмөт) кайрадан бөлүштүрүүдө, парламентти жана өкмөттү президенттин ыйгарым укуктарынын айрым бөлүгүн өткөрүп берүү жана да токтотуп калуу жана каршы коюу системаларын тең салмакташтыруу жолу менен күчөтүүдө турганын эл алдында ачык мойнуна алды [3].

Бүткүл элдик добуш берүү 2003-жылдын 2-февралында болуп өткөн, анда Конституциянын жаңы редакциясы кабыл алынган. Бирок, кезектеги саясий маневр жасоо менен, А.Акаев бул жерде да өзүнүн көнгөн адатына салган. Өзүнө карата улам өсүп бараткан жагымсыз коомдук мамилени басаңдатуу максатында Конституциянын жаңы редакциясы менен бирге ал референдумга өзүнүн президенттик ыйгарым укуктарын 2005-жылдын декабрына чейин бекитүү тууралуу маселени алып чыккан жана колдоого алынуусуна жетишкен.

Конституциянын жаңы редакциясында бийлик жүргүзүүчү институттардын ыйгарым укуктарынын конфигурациясы олуттуу түрдө өзгөртүлдү. Эми негизги кадрдык маселелерди: өкмөттүн түзүмүн аныктоону; өкмөттүн мүчөлөрүн, жергиликтүү соттордун төрагаларын, алардын орун басарларын жана судьяларын, шайлоолор жана референдумду өткөрүү боюнча Борбордук комиссиянын төрагасын, Эсептөө палатасынын төрагасын, Кыргыз Республикасынын чет өлкөлүк мамлекеттердеги жана эл аралык уюмдардагы дипломатиялык өкүлдөрдү дайындоону кайрадан мамлекеттин башчысы жана парламент биргелешип алып бара турган болгон.

Өкмөт Жогорку Кеңешке отчет бере турган болуп, ошондой эле парламент кабинет башчысынын жылыга болчу отчетунун жыйынтыктары боюнча ага ишеним көрсөтпөө мүмкүнчүлүгүн алган.

Премьер-министрдин ыйгарым укуктары бир кыйла кеңейтилген. Эми ал Президентке өкмөттүн түзүмү жана персоналдык курамы, административдик ведомстволордун жетекчилери (мурдараак мамлекеттин башчысы бул маселелер боюнча Премьер-министр менен болгону кеңешип тим болчу), жергиликтүү мамлекеттик администрациялардын башчылыгына талапкерлер (мурдараак бул кызмат орундарына Президент өзү билип дайындачу) боюнча сунуш киргизе турган болуп калган.

Жогорку Кеңеш көбүрөөк туруктуулукка жетишкен: бир палаталуу система кайтарып берилип, парламентарийлердин сандык курамы көбүрөөк (75 депутат) болуп калган, парламенттик кол тийбестик толук көлөмүндө калыбына келтирилип, комитеттердин саны кыскартылган (7ден көп эмес), депутаттарга мамлекеттик кызматта туруу менен катар, ишкердик менен алектенүүгө тыюу салынган.

Анткен менен парламенттин жана өкмөт башчысынын бийлик жүргүзүүчү ыйгарым укуктарынын күчөтүлгөнүнө карабай, конституциялык реформа жарым-жартылай болуп калган. Президент мурдагыдай эле аткаруу бийлигинин үстүнөн көзөмөлдү жана сот системасына таасирин өзүндө сактап калып, өзүнүн суперпрезиденттик ыйгарым укуктарынын айрым бир бөлүгүн гана бөлүштү. Ошол себептүү ал Акаевге каршы маанайдын чыңалышын аз гана убакытка төмөндөткөнү менен, өлкөдөгү коомдук-саясий кырдаалды турукташтырууну камсыз кыла албады. А.Акаевдин Көз каранды эмес мамлекеттердин шериктештигинде Кыргызстан биринчилерден болуп жаңы доордун – туруктуу өнүгүү доорунун - Конституциясынын негизинде жашаары тууралуу айткан жарыясы иллюзиялуу болуп чыкты [4].

Жогорку мамлекеттик кызматтарга дайындоо маселелери боюнча маанилүү архивдик документтер бүгүнкү күндө да жашыруун тамгасы астында кармалууда [6,201] - деп белгилейт Г.Д.Жунушалиева өзүнүн докторлук диссертациясында. Изилдөөлөрдү жүргүзүү ЖМК материалдарын пайдалануу аркылуу гана мүмкүн болууда. Мисалы, Д.Климентов 2000-ж. 1-июндагы маалыматында Майрам Акаеванын дайындоолорго түздөн-түз катыштыгы бардыгын жана конверттеги төмөнкү сумма 10 миң АКШ долларын түзөөрүн айткан [8]. Көп миллиондогон батыш өлкөлөрүнүн насыялары Адил Тойгонбаевдин долбоорлоруна келээри, бизнес-коомчулуктун пикири боюнча энергетика, транспорт, байланыш, арак-шарап өндүрүшү, “Манас” аэропорту сыяктуу кирешелүү тармактар “күйөө баланын” көзөмөлү астында болгондугу жоромолдонуп жүрчү [8]. Белгилүү коомдук жана мамлекеттик ишмер Касым Исаевдин эки эскермесине токтололук. Биринчиси, “1998-жылы мени өкмөттүн КМШ өлкөлөрү боюнча бөлүмүнө башчы кылып, ал эми менин орун басарым катары Президенттин кеңешчиси Ж.Ибраимовдун карындашын, референт катары мурунку премьер-министр А.Жумагуловдун келинин дайындашып, анан менин макулдугум жөнүндө кол коюп берүүмдү талап кылышкан. ...Албетте мен баш тарткам” [7]. Экинчи эскермесинде окуя “А.Муралиев премьер- министр (апр.1999-ж.-дек.2000-ж.) учурунда болгон дейт. Өкмөттүн эл аралык кызматташтык боюнча башкармалыгынын башчысын документтерге виза койдурмуш үчүн да кызмат ордунан тубуу мүмкүн эмес эле. Бул ушундай кызмат болчу...Президенттин уулу Айдар Акаев үйлөнөрүү менен келиндин эжесин ушул кызматка дайындашты”.

Корутунду. 1993-жылкы жаңы Конституциянын жана ага удаалаш өткөрүлгөн конституциялык өзгөртүүлөрдүн илимий талдоосу Кыргыз Республикасынын биринчи Баш мыйзамы өлкөдө башкаруунун аралаш президенттик-парламенттик формасын орнотуп, мамлекеттик бийликти монополизациялоо жолунда тоскоолдук катары болгон деп жыйынтык чыгарууга мүмкүндүк берет. Мына ушул себептүү А.Акаевге авторитардык түзүлүшкө алып келген кийинки конституциялык реформалар керек болгон, ал үчүн төмөндөгүлөр мүнөздүү:

– А.Акаевдин, анын үй-бүлө мүчөлөрүнүн жана тегерегиндеги дос-жакындарынын эсебинен реалдуу бийликти алып жүрүүчүлөрдүн саны жагынан көп эмес бей формалдуу топтун пайда болушу. Бул, өз кезегинде, үй-бүлө мүчөлөрүнүн мамлекеттик чечимдерди

кабыл алуудагы ролунун өсүүсүнө жана “үй-бүлөлүк башкарууга” алып келген;

– А.Акаевдин бийлигинин эл тарабынан иш жүзүндө көзөмөлдөнбөстүгү. Бийлик элдин кызыкчылыктарына кызмат кылаары тууралуу көп сандаган жарыя айтууларга карабай, иш жүзүндө бийлик бийлөөчү элитанын жана чиновниктердин керектөөлөрүн жана амбицияларын канааттандыруу үчүн гана иштеп калган. Өкүлчүлүк органдын – парламенттин, саясий партиялардын, коомдук бирикмелердин коомдун жашоосундагы ролун конституциялык деңгээлде чектөөгө умтулуу, мына ушундан улам жарандык коомдун көптөгөн институттарынын келип чыгышы бул саясатка жооп катары, элдин протесттик маанайынын бир көрүнүшү болуп калган;

– саясий конкуренцияга (атаандаштыкка), саясий күрөштүн цивилизациялуу формаларына жол бербөө. Пропорционалдык система боюнча шайлоолорду болтурбай коюу, оппозицияны кысымга алуу, көңүлгө туура келбеген депутаттарды, коомдук ишмерлерди, алардын жакындарын жана туугандарын куугунтуктоо - так мына ушуну менен түшүндүрүлөт. Кыргызстанда өлкөнүн келечеги үчүн жоопкерчиликти өзүнө алууга жөндөмдүү күчтүн, түзүмдүн, саясий аянтчанын, күчтүү саясий партиялардын жоктугу тууралуу ой коомдо активдүү талкууланып келген;

– маалыматтык мейкиндиктин үстүнөн толук көзөмөлдөөгө карата аракеттер. Радио жана телекөрсөтүүнүн мамлекеттик каналдары, газеталар А.Акаевдин, анын үй-бүлө мүчөлөрүнүн оң имиджин сактоо, анын саясатын пропагандалоо, алар жүргүзүп жаткан багыт коом тарабынан колдоого ээ болуп жаткандай кылып көрсөтүү менен алектенишкен. Жооп катарында көптөгөн мамлекеттик эмес массалык маалымат каражаттары пайда болуп, булар ачык айтылбаган цензурага, соттук куугунтуктоого жана бийлик тарабынан кысым көрсөтүүлөргө туштугушкан;

– дискуссиялардан, консенсуска жетишүүдөн баш тартуу жана жарандык коомдун бийликке каршы турган бөлүгү менен өз ара мамилелеринде күч колдонууга көбүрөөк маани берүү. А.Акаев бир нече ачык тегерек үстөлдөрдү, оппозиция менен жолугушууларды өткөргөн, бирок макул эместерди баш ийүүгө келтирүү үчүн күч колдонуу багытынын маңызы мурдагы боюнча калган;

– экономикалык чөйрөгө кийлигишүү, мында А.Акаевдин үй-бүлө мүчөлөрү жана туугандары иш жүзүндө бардык кирешелүү ишканаларды жана чарбалык ишмердүүлүктүн түрлөрүн өздөрүнүн көзөмөлүнө алышкан. А.Акаевдин башкаруусунун акыркы жылдары алар объекттерди, банктарды, жер участкаларын ж.б. рейдердик басып алууларды ачык колдонууга алышкан. Максат жеке баюуда гана эмес, ошондой эле кубаттуу каржылык-экономикалык ресурстардын жардамы менен бийлигин сактап калууда турган;

– туруктуу өнүгүү үчүн зарыл болгон саясий элитаны түзүү жогортон дайындоо жолу менен жүргүзүлгөн, кадрларды дайындоо жана алмаштыруу, шайлоо жараянындагы атаандаштык тандоо таза жана адилет өткөрүлбөстөн, тескерисинче, бийлик тарабынан таасирдүү колдоо, туугандык, уруулук белгилери боюнча, мыйзамды одоно бузуу менен жүзөгө ашырылган. А.Акаевге каржылык ресурстардан тышкары коомдо бюрократиялык катмар түрүндөгү өзүнүн электоралдык таянычынын турганы керек болгон. Мына ушул себептен улам ал өкмөттүн, административдик ведомстволордун, күч түзүмдөрүнөн жана бийликтин жергиликтүү органдарынын үстүнөн болчу көзөмөл үчүн парламент менен өзгөчө жанталашып күрөшкөн. Кадрдык маселелерде өзгөчө ролду А.Акаевдин үй-бүлө мүчөлөрү ойношкон.

Список литературы

- 1.Акаев А.: «Жарым жартылай эмес, толук кандуу демократияга багыт алдык» // «Асаба», гезит, 29-октябрь, 1992-жыл. 4-бет.
- 2.Арабаев А. А. Современный Кыргызстан: государственно-правовое развитие / Арабаев А. А. – Бишкек: Право и политика, 2009. – 189 с.

3.Выступление А. Акаева в Центре стратегических исследований в Вашингтоне. // Слово Кыргызстана. – 2002. – 26 сентября.

4.Выступление А. Акаева по телевидению 5 февраля 2003 г. // Слово Кыргызстана. – 2003. – 5 февраля.

5.Жаманкулов Ж.М. Конституция Кыргызской Республики 1993 года: Возражение суверенного государства / Жаманкулов Ж.М. –Бишкек: ДА МИД КР, 2009. – 321 с. // Архив Президента Кыргызской Республики. Т.1, оп.5, ед.хр.19, л.548;

6.Жунушалиева Г.Д. Особенности эволюции бюрократической системы Кыргызстана в советский и постсоветский периоды / Жунушалиева Г.Д. – Бишкек: КРСУ, 2013. – 320 с.

7.Исаев К. «Восток - дело тонкое» или лицо кыргызской власти глазами очевидца. - URL: <http://kassym.narod.ru/vostok/vostok12.htm>

8.Климентов Д. Плюрализм по-киргизки. Государство, где проявились все болезни присущие странам СНГ // Компромат.Ru. - 1 июня 2000 г. - URL: http://www.compromat.ru/page_10016.htm

9.Обращение Президента Кыргызской Республики к народу по поводу Референдума (всенародного голосования) 10 февраля 1996 г. //Слово Кыргызстана, 1996. – 4-5 января.

10.Обращение Президента Кыргызской Республики А. Акаева к народу Кыргызстана.// Слово Кыргызстана. – 1998. – 2 сентября.

11.Обращение Президента Кыргызской Республики А. Акаева к народу. // Слово Кыргызстана. – 2002. – 18 октября.

12.Укушев М. Диагноз: агрессивно-послушная Конституция. / Укушев М. –Бишкек: Республика, газета – 1995. – 25 марта.

ИЗВЕСТИЯ

**КЫРГЫЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА им. И. РАЗЗАКОВА**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2018

№2(46)

JOURNAL

**of KYRGYZ STATE TECHNICAL UNIVERSITY named
after I.RAZZAKOV**

THEORETICAL AND APPLIED SCIENTIFIC TECHNICAL JOURNAL

2018

№2(46)

Ответственный за выпуск

Курманалиев Б.К.

Технический редактор и
компьютерная верстка

Кыргызбекова Н.К.
Эркинбек к. Ж.

Подписано к печати 14.09.2018. Формат бумаги 70 x100¹/₁₆. Бумага офс.

Печать офс. Объем 25,75 п.л. Тираж 200 экз. Заказ 185.

Издательский центр "Текник"

Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова

720044, Бишкек, ул. Сухомлинова, 20.

Тел.: 54-29-43, e-mail: beknur@mail.ru

