

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

ISSN 1694-5557

ИЗВЕСТИЯ

КЫРГЫЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА им. И. РАЗЗАКОВА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

2019

№2 (50)

Часть I

Бишкек

Технологический парк
Издательский центр «Текник» 2019

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 научной работе и внешним связям, заместитель главного редактора;
- Р.Н. Аскарбеков* – кандидат физико-математических наук, доцент, ответственный секретарь;
- А.Ж. Жайнаков* – доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН КР;
- М.С. Джуматаев* – доктор технических наук, профессор, академик НАН КР;
- У.Н. Бримкулов* – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. НАН КР;
- К.Ч. Кожогулов* – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. НАН КР;
- А.Н. Тюреходжаев* – доктор физико-математических наук, профессор (Казахстан);
- Т.Б. Дуйшеналиев* – доктор физико-математических наук, профессор;
- А.Б. Салиев* – доктор физико-математических наук, профессор;
- Г.Дж. Кабаева* – доктор физико-математических наук, профессор;
- К.О. Осмонбетов* – доктор геолого-минералогических наук, профессор;
- М.Б. Баткибекова* – доктор химических наук, профессор;
- Т.Ш. Джунушалиева* – доктор химических наук, профессор;
- Б.Т. Торобеков* – доктор технических наук, профессор;
- Н.Д. Розалев* – доктор технических наук, профессор (Россия);
- К.М. Иванов* – доктор технических наук, профессор (Россия);
- М.М. Мусульманова* – доктор технических наук, профессор;
- А.С. Иманкулова* – доктор технических наук, профессор;
- Ж.И. Батырканов* – доктор технических наук, профессор;
- С.А. Алымкулов* – доктор технических наук, профессор;
- И.В. Бочкарев* – доктор технических наук, профессор;
- Т.А. Джунуев* – доктор технических наук, профессор;
- Т.Ы. Маткеримов* – доктор технических наук, профессор;
- У.Р. Давлятов* – доктор технических наук, профессор;
- Ж.Ж. Тургумбаев* – доктор технических наук, профессор;
- М.З. Алмаматов* – доктор технических наук, профессор;
- А.Т. Татыбеков* – доктор технических наук, профессор;
- А.А. Бексултанов* – доктор экономических наук, профессор;
- К.А. Абдымаликов* – доктор экономических наук, профессор;
- М.К. Асаналиев* – доктор педагогических наук, профессор;
- А.А. Акунов* – доктор исторических наук, профессор.

Журнал выходит ежеквартально.

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

© Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Технологический парк Издательский центр «Текник», 2019

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE KYRGYZ REPUBLIC

KYRGYZ STATE TECHNICAL UNIVERSITY named after I.RAZZAKOV

JOURNAL

**of KYRGYZ STATE TECHNICAL UNIVERSITY
named after I.RAZZAKOV**

THEORETICAL AND APPLIED SCIENTIFIC TECHNICAL JOURNAL

2019

№ 2 (50)

Part I

Bishkek

**Technology park
Publishing center “Teknik” 2019**

EDITORIAL BOARD:

- M.Dzh. Dzhamanbaev**, 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 of Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, Assistant of Editor;
- R.N. Askarbekov**, C.Sc. (Physical and Mathematical), associate professor, Executive Secretary;
- A.Z. Zhaynakov**, D.Sc. (Phys. and Math.), Prof., Academician of the National Academy of Science;
- M.S. Dzhumataev**, D.Sc. (Engineering), Prof., Academician of the National Academy of Science;
- U.N. Brimkulov**, D.Sc. (Engineering), Prof., associate of the National Academy of Science;
- K.Ch. Kozhogulov**, D.Sc. (Engineering), Prof., associate of the National Academy of Science;
- A.N. Tyurehodzhaev**, D.Sc. (Physical and Mathematical), professor, (Kazakhstan);
- T.B. Duishenaliev**, D.Sc. (Physical and Mathematical), Professor;
- A.B. Saliev**, D.Sc. (Physical and Mathematical), Professor;
- G.Dzh. Kabaeva**, D.Sc. (Physical and Mathematical), Professor;
- K.O. Osmonbetov**, D.Sc. (Geological and Mineralogical), Professor;
- M.B. Batkibekova**, D.Sc (Chemistry), Professor;
- T.Sh. Dzhunushalieva**, D.Sc (Chemistry), Professor;
- B.T. Torobekov**, D.Sc. (Engineering), Professor;
- N.D. Rogalev**, D.Sc. (Engineering), Professor (Russia);
- K.M. Ivanov**, D.Sc. (Engineering), Professor, (Russia);
- M.M. Musulmanova**, D.Sc (Engineering), Professor;
- A.S. Imankulova**, D.Sc. (Engineering), Professor;
- Zh.I. Batyrkanov**, D.Sc. (Engineering), Professor;
- S.A. Alymkulov**, D.Sc. (Engineering), Professor;
- I.V. Bochkarev**, D.Sc. (Engineering), Professor;
- T.A. Dzhunuev**, D.Sc. (Engineering), Professor;
- T.Y. Matkerimov**, D.Sc. (Engineering), Professor;
- U.R. Davlyatov**, D.Sc. (Engineering), Professor;
- J.J. Turgumbaev**, D.Sc. (Engineering), Professor;
- M.Z. Almamatov**, D.Sc. (Engineering), Professor;
- A.T. Tatybekov**, D.Sc. (Engineering), Professor;
- A.A. Beksultanov**, D. Sc. (Economic), Professor;
- K.A. Abdymalikov**, D. Sc. (Economic), Professor;
- M.K. Asanaliev**, D.Sc. (Pedagogic), Professor;
- A.A. Akunov**, D. Sc. (Historics), Professor.

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

ОБРАЩЕНИЕ

ректора Кыргызского Государственного технического университета
им. И. Раззакова Мураталы Джужумалиевича Джаманбаева

Уважаемые коллеги и друзья!

Вот и наступила очередная знаменательная дата в истории Кыргызского Государственного технического университета им. И. Раззакова – ему исполнилось 65 лет! Это – 65 лет движения вперед, будучи в ногу с изменениями, имевшими место в процессе становления страны, превращения ее из аграрной в аграрно-индустриальную. Думается, университет полностью оправдал то доверие, которое ему было оказано в суровое послевоенное время.

Юбилей не только пора подведения итогов работы, достигнутой за определенный исторический период. Учитывая темпы надвигающейся глобализации, бурного развития инновационных технологий, всеохватывающей рыночной конкуренции, мы получаем прекрасную возможность четче обозначить и основные задачи, которые обязаны решать в ближайшей перспективе.

Сегодня КГТУ позиционирует себя как исследовательский инновационный научно-образовательный центр, преследующий цели обеспечения качества обучения в соответствии с международными стандартами и интеграции в мировое научно-образовательное пространство.

Мы осуществляем подготовку высококвалифицированных инженеров, специалистов для различных отраслей промышленности нашей республики, стран ближнего и дальнего зарубежья по энергетике, транспорту, машиностроению, пищевой и легкой промышленности, полиграфии, телекоммуникациям и информационным технологиям. И видим свою миссию в укреплении своего исторического значения, совершенствовании и развитии технического образования, реализации конкурентоспособных образовательных программ в соответствии с потребностями рынка труда, достижении лидерства в образовательной системе Кыргызстана.

У нас успешно внедрена многоуровневая система обучения кадров, открываются новые направления подготовки бакалавров и магистров, аспирантов и докторантов, начат пилотный проект выпуска докторов PhD. Обучение осуществляется по 78-ми направлениям высшего и 16-ти специальностям среднего профессионального образования, охватывающим почти 10 тысяч студентов очной и заочной форм обучения. В настоящее время университет имеет в своем составе 15 структурных подразделений (5

факультетов, 4 института, 4 региональных филиала, колледж и лицей). Всего же функционируют 75 кафедр, 61 из которых имеет статус выпускающей.

Большой вклад в развитие университета осуществляется благодаря активной международной деятельности, направленной на повышение рейтинга КГТУ в системе высшего образования. И эта работа организована в рамках программ сотрудничества с ведущими зарубежными университетами, международных образовательных программ и проектов, осуществления совместной научно-исследовательской деятельности, активизации академической мобильности.

На сегодня мы заключили 221 двухсторонний договор с университетами Европы и Азии, участвуем в выполнении 18-ти проектов в рамках международных программ «Tempus», «Erasmus+», DAAD, GIZ и др. Так, созданный на базе программы DAAD Кыргызско-Германский технический институт успешно функционирует уже в течении 15-ти лет. Тесное взаимодействие КГТИ с немецкими партнерами позволяет направлять к ним ежегодно 30 наших студентов и 50 преподавателей. В свою очередь к нам каждый год приезжают 25 гостевых лекторов – немецких профессоров для чтения лекций, приема зачетов и экзаменов, а наши преподаватели читают лекции и повышают свою квалификацию в Берлинском техническом институте прикладных наук им. Бойта. Помимо учебы наши студенты получают исключительную возможность пройти стажировки в передовых производственных компаниях «Mercedes Benz», «Siemens», «Bosch» и др. Стали традиционными летние и зимние студенческие школы, организуемые на территориях Кыргызстана и Германии, в которых принимают участие по 25 студентов с каждой стороны. Более того, в настоящее время мы согласовываем совместную образовательную программу с Университетом Цвиккау в рамках «двойных дипломов».

Касательно последнего особых успехов мы добились, став членом Российско-Кыргызского консорциума технических университетов, который в прошлом году отметил 5-ти летний юбилей. В состав консорциума сегодня входят 24 российских и 8 кыргызстанских вузов, более 400 студентов осваивают программу «двойных дипломов» в университетах-партнерах.

По линии Университета ШОС КГТУ ежегодно направляет студентов в магистратуру Харбинского политехнического, Ланьчжоуского транспортного и Ляониньского нефтяного и химико-технологического университетов, где их обучение осуществляется за счет правительственных стипендий КНР.

К вышеизложенному справедливо добавить, что в стенах нашего университета обучаются сейчас более тысячи студентов из ближнего и дальнего зарубежья, которые по завершению цикла учебы получают дипломы бакалавров и магистров. Таким образом, развитие университета, повышение качества инженерного образования осуществляется у нас путем интеграции в образовательное пространство Западной Европы, России и Китая. Можно утверждать, что укрепление позиций в мировом научно-образовательном пространстве, формирование имиджа межгосударственного университета, открытость и готовность к взаимовыгодному сотрудничеству – это не сиюминутный тренд, а продуманная и выверенная временем стратегия развития КГТУ.

Важный блок – научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа. Сегодня она осваивает более 10 млн. сомов в год на 4 научно-исследовательских института. Особое значение придается ей в связи с активизацией научно-исследовательской работы студентов, магистратуры и докторантуры PhD. Крупные ученые, молодые аспиранты и докторанты, талантливые студенты широко привлекаются к выполнению НИ и ОКР. Отмечу, что в последнее время КГТУ финансирует разработки студентов и молодых ученых на конкурсной основе. На базе кафедр и факультетов университета все большую роль играют учебно-научно-производственные комплексы, ориентированные на разработку и использование в учебном процессе новейших достижений науки и техники.

У нас успешно функционируют специализированные советы по защите кандидатских и докторских диссертаций по механике сплошных сред, энергетике, автоматизации и управлению, машиностроению, транспорту, пищевой инженерии. Подготовка научно-педагогических кадров высшей квалификации как отечественных, так и иностранных, осуществляется в рамках очной и заочной аспирантуры и докторантуры, причем ежегодно у нас защищаются 1-2 докторские и 15-20 кандидатских диссертаций.

Наконец, мы думаем и о должной методической поддержке процесса обучения. Это касается электронной библиотеки, включающей электронные версии учебников и учебных пособий, учебно-методических материалов. В целях активизации обмена библиотечно-информационными ресурсами КГТУ стал координатором Ассоциации электронных библиотек, предусматривающей формирование единой сети Кыргызстана. В ее рамках реализован проект «Открытые образовательные ресурсы: новая реальность для вузов Кыргызстана», предусматривающий цикл тренингов по вопросам связанных с

развитием, разработкой и использованием открытых образовательных ресурсов, их применением в научно-образовательном процессе.

Убежден, вся эта работа позволяет повышать качество образования, решать многие проблемные вопросы университета, в частности, кадровое обеспечение, приобщение к современному лабораторному практикуму, обучение передовым технологиям посредством чтения лекций, ведения семинаров профессорами ведущих университетов-партнеров с помощью видео-конференц-связи, совместного руководства выпускными квалификационными работами, активизации академической мобильности студентов.

В ближайшей перспективе мы намереваемся направить свои усилия на реализацию следующих задач:

- углубленное использование иностранных языков при изучении инженерных дисциплин, формирование групп бакалавриата и магистратуры с иностранным языком обучения;
- широкое привлечение студентов из дальнего зарубежья путем открытия подготовительных курсов по русскому языку, математике, физике, химии и информатике;
- всеобщая цифровизация лабораторного практикума и преподаваемых дисциплин во всем направлении подготовки бакалавриата и магистратуры;
- дальнейшее совершенствование системы «образование – наука – коммерциализация знаний – производство»;
- активизация НИРС и деятельности Студенческих конструкторских бюро.

Поэтому от души поздравляю преподавателей и сотрудников с юбилеем и желаю: университету – дальнейшего развития и процветания, преподавателям и сотрудникам – здоровья и благополучия, а студентам – отличных знаний! Мы готовы к дальнейшему движению вперед и смело отвечаем на вызовы времени! Спасибо всем!

М.Дж. Джаманбаев

СОДЕРЖАНИЕ

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

1. **Маткеримов Т.Ы., Раззаков М.И.**
Анализ потребности грузоперерабатывающего терминала в Иссык – Кульской области Кыргызской Республики..... 17
 2. **Истомин С.Г.**
Исследование влияния режимов движения поезда на расход электроэнергии вспомогательным оборудованием электроподвижного состава постоянного тока 20
 3. **Платонов А.А., Платонова М.А.**
Малоинтенсивные железнодорожные линии – как объект транспортной инфраструктуры (на примере Уральского региона)..... 27
 4. **Калманбетова А.Ш., Алсеитов М.Т.**
Анализ состояния и перспективы развития торгово-логистических центров в Чуйской области Кыргызской Республики..... 33
 5. **Давлятов У.Р., Дресвянников С.Ю., Мамцев А.Н.**
Обследование существующей дорожно-транспортной ситуации в г. Бишкек и разработка алгоритма (процедуры) экспериментального исследования экологических характеристик автомобилей и транспортных потоков..... 38
 6. **Жумалиев Ж.М., Аблакаев А.Б.**
Микроплазменная установка..... 47
 7. **Абдылдаев Ч.С., Давлятов У.Р.**
Повышение эффективности грузовых автомобильных перевозок в агропромышленном комплексе Кыргызской Республики..... 53
 8. **Волкова Н.В.**
Транспортная доступность сельских районов алтайского края как фактор территориальной лояльности населения..... 58
 9. **Атамкулов У.Т.**
Решение проблем в управление грузовыми автомобильными перевозками на региональном уровне как залог процветания страны в целом..... 64
 10. **Кузнецов А.А., Запрудский А.А., Брюхова А.С., Фомиченко К.И.**
Совершенствование технологии диагностирования коррозионного состояния железобетонных опор контактной сети железных дорог..... 67
 11. **Молдалиев Э.Д., Маткеримов Т.Ы., Атабеков К.К., Сарымсаков Б.А.**
Оптимизация логистических центров как фактор развития регионов..... 76
 12. **Сарбанов С.Т.**
Роль технологической оснастки в обеспечении точности и производительности групповой сборки..... 81
- ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СЕТИ И СИСТЕМЫ**
1. **Косяков И.О., Майлыбаев Е.К., Батырканов Ж.И., Кайнарбеков А.К.**
Разработка и проектирование схемы защитной автоматики кондиционера для применения в мобильных комплексах..... 88
 2. **Калчороева А.Т., Баракова Ж.Т.**
Исследование методов обнаружения угроз объекту в инфокоммуникационной среде..... 92
 3. **Майлыбаев Е.К., Умбетов У.У., Батырканов Ж.И., Косяков И.О., Шыныкулова А.Б.**
Построение отказоустойчивых децентрализованных систем..... 100

4.	Бобров М.А., Тутаев Г.М., Кулаев Н.А. Разработка наблюдателя потокосцепления для реализации без-датчиковых алгоритмов управления электроприводом на базе двигателя двойного питания..	104
5.	Шишов О.В., Славкин А.С., Дорофеев А.М. Разработка системы управления с адаптивными регуляторами для брагоректификационной установки спиртового завода.....	109
6.	Волков А.В., Шишов О.В., Троянский А.В. Идентификация нелинейных параметров математической модели натриевой лампы высокого давления на основе нейросетевых технологий.....	113
7.	Ниязова С.Ж., Тентиева С.М. Анализ циркуляционных и погодных условий при северо-западных вторжениях на Чуйскую долину.....	120
8.	Панкова Г.Д. Компьютерная технология исследования функций на экстремум в среде Mathcad	125
9.	Ашымова А.Ж., Беккулова К.А. Обследование защищенности информационной системы ресторана.....	133
10.	Стамкулова Г.К., Акыш у. Нурсеит Информационная система учета наград Министерства образования и науки Кыргызской Республики.....	138
11.	Раева Б.Ж. Использование автоматизированной обучающей системы в ВУЗах.....	142
12.	Токонов А.Т., Бримкулов У. Н., Аспердиева Н.М. Разработка автоматизированного способа измерения информационных характеристик Фурье-голограмм спекл-полем.....	148
13.	Уханова В.Ю. Технологии российского производства для птицеводства на примере автоматизированной системы управления ОВЕН	157
14.	Джаманбаев М.Дж., Шекеев К., Душенова У.Дж. Оценка степени влияния природных факторов на промерзание грунта.....	163
15.	Оморов Т.Т., Такырбашев Б.К., Койбагаров Т.Дж., Жаныбаев Т.О. Проблемы совершенствования современных АСКУЭ.....	168
16.	Зеркаль С.М., Мурзакулов Н.А. Математическая модель изменения параметров температуры и влажности воздуха для моделирования урожайности тепличных культур.....	176
17.	Исаев Б.А., Умаров Т.С., Дуйшонбек к. Г. Создание топографической основы с применением БПЛА и повышение точности топографической съемки с привязкой к опорным точкам с известными координатами.....	182
18.	Оморов Р.О., Роман Н. Анализ показателей инновационного индекса кыргызской республики по данным ГИ 2018.....	187
19.	Хренов С.П., Кабаева Г.Дж. Разработка структуры и модулей программы компьютерного тестирования студентов.....	194
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ		
1.	Бочкарев И.В., Галбаев Ж.Т., Гунина М.Г. Разработка системы бесконтактного контроля приводных электромагнитов силовых механизмов.....	201
2.	Ормушев А.С. Состояние и перспективы гидроэнергетики Кыргызстана.....	206

3.	Урусова И.Р. Численное исследование механизмов формирования винтовой формы электрической дуги.....	209
4.	Асан уулу Асгат, Нурлан уулу Санжар, Жапаров К.С. Напряжения в распределительных системах: эффекты нагрузки, измерения и теория.....	216
5.	Осмонова Р.Ч., Эралиева А. Ш., Темиркулова Н.Т. Идентификация модели распределительной электрической сети как объекта управления.....	223
6.	Чоршанбиев С.Р., Шведов Г.В. удк Анализ потерь электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4-500 кв Согдийской области республики Таджикистан.....	230
7.	Саидмиров Н.Ч., Чоршанбиев С.Р., Худомунов А.Р. Оценка параллельной работы энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик» Республики Таджикистан.....	238
ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА. МАТЕМАТИКА И ФИЗИКА		
1.	Панков П.С., Тагаева С.Б. Поиск новых явлений численными экспериментами с многомерными уравнениями.....	247
2.	Абдылдаев М.Ю., Волик Н.Н., Джаманкулов А.А. Применение кавитационной схемы Кокса – Клейдена к исследованию течения жидкости через уступ.....	253
3.	Джаманбаев М.Дж., Омуралиев С.Б. О применении величины оползневой массы склонов для определения дальности его смещения.....	257
4.	Кульков Д.С., Имашев С.А. Анализ сигналов акустической эмиссии в образцах геоматериалов в условиях одноосного сжатия.....	262
5.	Чешев М.Е., Кульков Д.С. Методика отбраковки шумовых компонент в сигналах акустической эмиссии горных пород при одноосном сжатии.....	268
6.	Имашев С.А., Чешев М.Е. Фрактальный анализ геоакустических сигналов, регистрируемых на территории Бишкекского геодинамического полигона.....	274
7.	Дуйшеналиев Т.Б., Хроматов В.Е., Аскарбеков Р.Н., Дуйшембиев А.С., Орозбаев А.А. Преобразование материальных поверхностей и конечные деформаций упругих тел.....	280
8.	Дуйшеналиев Т.Б., Хроматов В.Е., Цой В.Э., Щугорев В.Н. Краевая задача статики в неклассической постановке.....	290
9.	Султаналиева Р.М., Конушбаева А.Т., Турдубаева Ч.Б. Исследование влияния температуры и времени воздействия на прочностные характеристики горных пород.....	299
10.	Мухамбетжанов С.Т., Толеуов Т.Ж. Об одной приближенной модели теории изотермической фильтрации.....	304
11.	Татыбеков А.Т., Ахмадиев Б.А., Бактыгулова А.Б. Исследования теплообменных процессов в теплообменниках.....	308
12.	Жайнаков А., Усенканов Дж.О Сквозной расчет характеристик плазменной дуги.....	312
13.	Ткачук Г.Н.	

	Формула для прогиба плоской фермы с усиленными раскосами с произвольным числом панелей.....	317
14.	Оморев Р.О. Робастность интервальных динамических систем: Алгебраический метод.....	322
15.	Жайнаков А. Ж., Калмурзаева А. Т., Турганбаева А. Б. Алгоритм моделирования обтекания двумерных отрывных течений в пакете OPENFOAM.....	328
16.	Жайнаков А.Ж., Курбаналиев А.Ы., Акназарова С.С., Калмурзаева А.Т. Моделирование турбулентного течения методом крупных вихрей.....	332

CONTENTS

TRANSPORT AND MECHANICAL ENGINEERING

1. Matkerimov T.Y., Razzakov M.I.	
Analysis of the need transport and logistic terminal in the Issyk-Kul region of the Kyrgyz Republic.....	17
2. Istomin S.G.	
Study of the effect of train movement modes on the electric power consumption by the auxiliary equipment of the electric mobile composition of the current.....	20
3. A.A. Platonov, M.A. Platonova	
Low-intensity railway lines - as an object of transport infrastructure (on the example of the Ural region).....	27
4. Kalmanbetova A.Sh., Alseitov M. T.	
Analysis of the condition and perspectives of the development of trade and logistics centers in the Chuyi region of the Kyrgyz Republic.....	33
5. Davljatov U.R., Dresvyannikov S.Y., Mamtsev A.N.	
Surveying the existing road-transport situation in Bishkek city and development of the algorithm (procedure) of experimental study of the ecological characteristics of cars and traffic.....	38
6. Zhumaliev Zh.M., Ablakaev A.B.	
Microplasma installation.....	47
7. Abdylidaev Ch.S., Davlyatov U.R.	
Improving the efficiency of cargo transportation in the agricultural complex of the Kyrgyz Republic.....	53
8. Volkova N.	
Transport accessibility of the Altai rural districts as a factor of territorial loyalty of the population.....	58
9. Atamkulov U.	
Solution of the problems in management by cargo transportation at the regional level as a pledge of prosecuting the country in whole.....	64
10. Kuznetsov A., Zaprudskiy A., Bryukhova A., Fomichenko K.	
Improvement in diagnostics technology of catenary corrosion condition of railway...	67
11. Moldaliev E.D., Matkerimov T.Y., Atabekov K.K., Sarymsakov B. A.	
Optimization of logistic centers as a factor of regional development.....	76
12. Sarbanov S.T.	
Role of the technological rigging in providing for the precision and productivity of the group assemblage.....	81
INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORKS AND SYSTEMS	
1. Kossyakov I.O., Mailybayev Y.K., Batyrkanov Zh.I., Kainarbekov A.K.	
Development and design of scheme protective automation of air conditioner for use in mobile complexes.....	88
2. Kalchoroeva A.T., Barakova Zh.T.	
The study of methods for detecting threats to an object in an infocommunication environment.....	92
3. Mailybaev E.K., Umbetov U.U., Batyrkanov Zh.I., Kossyakov I.O., Shynykulova A.B.	
Building fault-tolerant decentralized systems.....	100

4.	<i>Bobrov M.A., Tutaev G.M., Kulaev N.A.</i> Development of flux linkage observer for sensorless control algorithms of double-fed induction motor drive implementation.....	104
5.	<i>Shishov O.V., Slavkin A.S., Dorofeev A.M.</i> Development of a control system with adaptive controllers for distiller of the distillery.	109
6.	<i>Volkov A.V., Shishov O.V., Troyanskiy A. V.</i> Identification of high-pressure sodium lamp mathematical model nonlinear parameters on the neural networks basis.....	113
7.	<i>Niiazova S.J., Tentieva S.M.</i> Analysis of circulation and weather conditions during the northwestern invasions of the Chui valley.....	120
8.	<i>Pankova G.D.</i> Computer technology to explore a function on extremum in the Mathcad media.....	125
9.	<i>Ashymova A.Zh., Bekkulova K.A.</i> Survey of protection of the information system of the restaurant.....	133
10.	<i>Stamkulova G.K., Akysh u. Nurseit</i> Information system of the registration of awards of the ministry of education and science of the Kyrgyz Republic.....	138
11.	<i>Rayeva B.Zh.</i> Use of automated learning system in higher education institutions.....	142
12.	<i>Tokonov A.T., Brimkulov U.N., Asperdieva N. M.</i> Development of an automated method for measuring the information characteristics of Fourier holograms speckle field.....	148
13.	<i>Ukhanova V.Yu.</i> Technologies of russian production for poultry on the example of an automated control system OWEN	157
14.	<i>Dzhamanbaev M.Zh., Shekeev K., Dushenova U.J.</i> Estimation of the degree of the effect of natural factors on the ground freezing.....	163
15.	<i>Omorov T.T., Takyrbashev B.K., Koibagarov T.D., Zhanybaev T.O.</i> Problems of improving modern automated meter reading and control system (AMRCS).....	168
16.	<i>C.M. Zerkal, N.A. Murzakulov</i> Mathematical model of changing the temperature parameters and air humidity for crop yield modeling in greenhouse.....	176
17.	<i>Isaev B., Umarov T., Duishenbek k. G.</i> Creating a topographic base with the use of an unmanned aerial vehicle and improving the accuracy of topographical survey with reference to reference points with known coordinates.....	182
18.	<i>Omorov R., Roman N.</i> Analiz of indicators innovative index of the Kyrgyz Republic in data of GII 2018....	187
19.	<i>Khrenov S.P., Kabaeva G. Dzh.</i> The system of estimation of knowledge of students with multidiciplinary base.....	194
ACTUAL PROBLEMS OF ENERGETICS		
1.	<i>Bochkarev I.V., Galbaev Zh.T., Gunina M. G.</i> Development of a system of control of drive electromagnets of power mechanisms...	201
2.	<i>Ormushev A.S.</i> State and prospects of hydropower of Kyrgyzstan.....	206
3.	<i>Urusova I.R.</i> Numerical studies of formation mechanisms of a screw form of electric arc.....	209

4.	<i>Asan u. A., Nurlan u. S., Zhaparov K.S.</i> Distributive system voltages: load effects, measurements and theory.....	216
5.	<i>Osmonova R. Ch., Eralieva A.Sh., Temirkulova N.T.</i> Identification of the distribution electric network model as an objectives of control...	223
6.	<i>Shorshanbiev S.R., Shvedov G.V.</i> Analysis of electric power losses in 0.4-500 kv electrical networks of the Sogd region - Republic of Tajikistan.....	230
7.	<i>Saidmirov N.Ch., Shorshanbiev S.R., Khudomunov A.R.</i> Evaluation of parallel operation of OJSC “Pamir Energy” power system with electrical networks of OSHC “Barki Tojik” of the Republic of Tajikistan.....	238
APPLIED MECHANICS. MATHEMATICS AND PHYSICS		
1.	<i>Pankov P.S., Tagaeva S.B.</i> Search of new phenomena by means of numerical experiments with multidimensional equations.....	247
2.	<i>Abdyldaev M. Yu., Volik N.N., Dzhamankulov A.A.</i> Application of the Cox-Clayden cavitation scheme for the study of fluid flow through the ledge.....	253
3.	<i>Dzhamanbaev M. Dzh., Omuraliev S.B.</i> About the application of the value of the end mass of slopes to determine the distance of its displacement.....	257
4.	<i>Kulkov D.S., Imashev S.A.</i> Analysis of acoustic emission signals in geomaterial specimens during uniaxial compression.....	262
5.	<i>Cheshev M.E., Kulkov D.S.</i> Method of noise components rejection in acoustic emission signals of rocks under uniaxial compression.....	268
6.	<i>Imashev S.A., Cheshev M.E.</i> Fractal analysis of geoacoustic signals registered at Bishkek geodynamic polygon.....	274
7.	<i>Duishenaliyev T.B., Khromatov V.E., Askarbekov R.N., Duishembiev A.S., Orozbaev A.A.</i> Transformation of material surfaces and final deformations of elastic bodies.....	280
8.	<i>T.B. Duishenaliyev, V.E. Khromatov, V.E. Tsoi, V.N. Shchugorev</i> The boundary value problem of statics in a non-classical formulation.....	290
9.	<i>Sultanalieva R.M., Konushbaeva A.T., Turdubaeva Ch.B.</i> Research of the effect of temperature-time impact on the strength characteristics of rocks.....	299
10.	<i>Mukhambetzhanoov S.T., Toleuov T. Zh.</i> On one approximate model of isothermal filtration theory.....	304
11.	<i>Tatybekov A.T., Akhmadiyev B.A., Baktigulova A.B.</i> Researches of heat exchange processes in heat exchangers.....	308
12.	<i>Zhainakov A., Usenkanov D. O.</i> Calculation of end-to-end characteristics of plasma arc.....	312
13.	<i>Tkachuk G.N.</i> Formula for deflection of a flat truss with reinforced braces with an arbitrary number of panels.....	317
14.	<i>Omorov R.O.</i> Robustness of the interval dynamic systems: Algebraic method.....	322
15.	<i>Zhainakov A. Zh., Kalmursaeva A.T., Turganbaeva A.T.</i> The algorithm of modelling of two dimensional recirculating flows using openfoam....	328

16. *Zhainakov A. Zh., Kurbanaliev A. I., Aknazarova S. S., Kalmurzaeva A. T.*
Les modelling of turbulent flows..... 332

УДК: 338.35:629.4.013(575.23)

АНАЛИЗ ПОТРЕБНОСТИ ГРУЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ТЕРМИНАЛА В ИССЫК – КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Маткеримов Таалайбек Ысманалиевич, д.т.н., профессор, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, п-т Манаса 66. Тел.: 0312-54-51-24, talai_m@bk.ru

Раззаков Медер Иматбекович, к.т.н., и.о. доцента, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, п-т Манаса 66. Тел.: 0312-56-14-55, razzakoff@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается потребность транспортно – логистических центров в Иссык – Кульской области Кыргызской Республики. Рассмотрена работа логистического центра г. Балыкчи.

Ключевые слова: логистика, транспортно – логистический центр.

ANALYSIS OF THE NEED TRANSPORT AND LOGISTIC TERMINAL IN THE ISSYK-KUL REGION OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Matkerimov Taalaibek Ysmanalievich, Doctor of Engineering Science, Professor, Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, KSTU named after I.Razzakov. Phone: 0312-54-51-24, e-mail: talai_m@bk.ru

Razzakov Meder Imatbekovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov. Phone: 0312-56-14-55, e-mail: razzakoff@mail.ru

Abstract. This article discusses the need for transport and logistics centers in Issyk - Kul region of the Kyrgyz Republic. Considered the work of the logistics center of the city of Balykchi.

Keywords: logistic, transport and logistic terminal.

С момента вступления Кыргызской Республики в ЕАЭС создание транспортно – логистических центров приобрело важный характер, т.к. экономические показатели любой страны напрямую зависят от уровня развития логистики.

В настоящее время по республике функционируют 17 логистических центров (рис. 1).

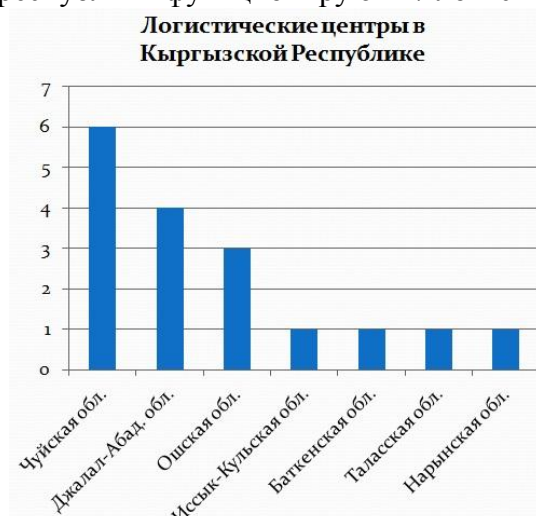


Рис.1. Количество ЛЦ в КР по областям

Логистический центр — это специализированное предприятие, занимающееся обработкой и хранением грузов, таможенным оформлением, информационными услугами.

По данным Управления стратегического планирования и развития регионов Министерства экономики КР планируется в ближайшие годы строительство еще 23 логистических центров по республике (рис. 2).

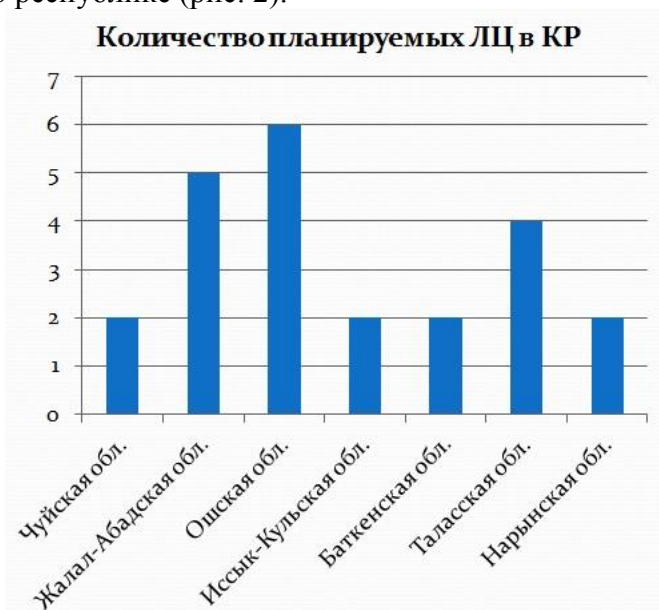


Рис.2. Количество планируемых ЛЦ по регионам КР

На рассматриваемом рисунке 2 видно, что в Иссык – Кульской области планируется строительство всего двух логистических центров, хотя данная область является лидером по производству основных видов сельскохозяйственной продукции в республике (рис. 3).

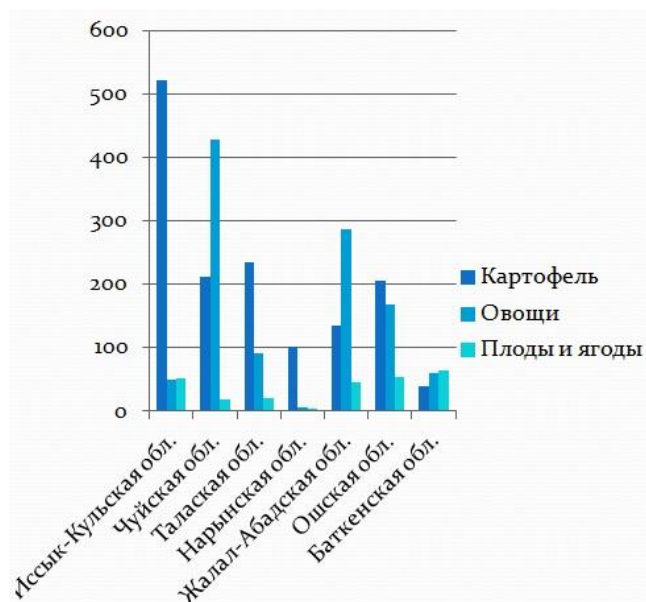


Рис. 3. Производство основных видов с/х продукции за 2018 год

Целью данного исследования является изучение потребности в транспортно – логистических центрах в Иссык – Кульской области КР.

В 2017 году в г. Балыкчи ОсОО «Оберон» при поддержке Кыргызско – Российского фонда развития открыла крупный логистический центр. В течении 7 лет шла разработка этого проекта развития именно этой отрасли в регионе. Не случайно город Балыкчи стал точкой

размещения данного объекта, потому как, именно этот город при Советском Союзе являлся промышленным в республике. Однако, с развалом СССР этот город пришел в упадок.

Город Балыкчи имеет хорошее стратегическое расположение и обладает практически всеми видами транспортных путей сообщения.

Логистический центр в городе Балыкчи отвечает всем современным требованиям и имеет хранилище вместимостью 2400 тонн. Общая стоимость инвестиций в данный проект составила 4 млн 450 тыс. долларов США. На кредитные средства было построено помещение и закуплено оборудование для промышленных холодильных складов – фруктохранилище с регулируемой газовой средой. Система ULO (РГС – регулируемая газовая среда) хранения фруктов позволяет хранить фрукты до 270 дней без потери качественных характеристик. Данная технология дает возможность импортозамещения продукции зарубежных производителей - отечественными. В данный момент создана линия производства замороженной плодоовощной продукции и замороженных фруктов. Также налажена дилерская сеть по поставкам данной продукции во все города Кыргызстана и ближайшие страны ЕАЭС (Казахстан, Россия) (рис. 4).



Рис. 4. Информация о ЛЦ в г. Балыкчи Иссык – Кульской обл. КР

Логистический центр предназначен для хранения фруктов и ягод от 60 до 80 дней. После вывоза из центра товар не теряет своего качества в течение нескольких дней. Управляет центром электронная автоматизированная система (рис. 5).



Рис. 5. Вид ЛЦ снаружи (слева) и фруктохранилище (справа)

Строительство фруктохранилища было стратегическим решением, так как в Иссык-Кульской области произрастают лучшие яблоки и груши по вкусовым, качественным и

экологическим характеристикам. Договор по поставке и монтажу промышленных холодильных складов был заключен с российско-германской компанией Plattenhardt + Wirth GmbH из Германии, все оборудование соответствует Евростандартам.

Логистический центр города Балыкчи дает возможность местным фермерам наращивать производственную мощность и обеспечить продукцией всех желающих из дальнего и ближнего зарубежья.

Руководство Иссык-Кульской области решило открыть подобные объекты в каждом районе. В планах открытие еще двух транспортно – логистических центров. Один в городе Балыкчи (ОсОО «Глобаллогистик») и второй на участке «Кара-Бак» в селе Барскон Жети-Огузского района (рис. 6).



Рис. 6. Местоположение планируемых ЛЦ в Иссык – Кульской обл. КР

Заключение

Из проведенного исследования потребности в транспортно – логистических центрах в Иссык – Кульской области Кыргызской Республики, следует, что потребность есть и с каждым годом эта потребность будет только расти. Строительство еще минимум двух - трех аналогичных Балыкчинскому логистических центров даст экономическое развитие данному региону нашей республики.

Библиографический список

1. Маткеримов Т.Ы. и др. Разработка научно – практических рекомендаций по оптимизации логистических центров в Кыргызской Республике [Текст]: Отчет по НИР / Т.Ы. Маткеримов и др. – Бишкек, 2018. – 123 с.
2. Кыргызское Национальное Информационное Агентство «Кабар». www.kabar.kg

УДК 629.423:621.331

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА НА РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Истомин С.Г., доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), e-mail: istomin_sg@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается вопрос повышения энергетической эффективности электроподвижного состава. На основе данных современных регистраторов параметров движения электровозов постоянного тока серии 2ЭС6 проводится анализ

составляющих расхода электроэнергии данного электровоза в режимах тяги, выбега, пневматического и рекуперативного торможения. На основе проведенного исследования сделано заключение, что на равнинном профиле пути существенное влияние на полный расход электроэнергии оказывает общий расход с учетом расхода на собственные нужды ЭПС в режимах тяги, выбега и пневматического торможения и не существенное в режиме рекуперативного торможения. Также на равнинном профиле возникает парадоксальная ситуация: при увеличении рекуперированной электроэнергии увеличивается полный расход электроэнергии электроподвижного состава. Подобное явление объясняется большим значением расхода на собственные нужды в течение всей поездки. В качестве дальнейшего развития темы исследования предлагается провести подобные эксперименты с электровозом 2ЭС6 на участках с профилем пути 2, 3 и 4 типа, а также рассмотреть более подробно в режиме тяги распределения токов и напряжений, как тяговых электродвигателей, так и преобразователя собственных нужд с целью установления оптимальных режимов их согласной работы.

Ключевые слова. Электроподвижной состав, расход на собственные нужды, режимы движения, тяга, выбег, рекуперативное торможение, пневматическое торможение.

STUDY OF THE EFFECT OF TRAIN MOVEMENT MODES ON THE ELECTRIC POWER CONSUMPTION BY THE AUXILIARY EQUIPMENT OF THE ELECTRIC MOBILE COMPOSITION OF THE CURRENT

Istomin S.G., assistant professor of the department "Rolling stock of electric railways", Omsk State University of Communications (OmGUPS), e-mail: istomin_sg@mail.ru

Abstract. The article discusses the issue of increasing the energy efficiency of electric rolling stock. On the basis of data from modern recorders of motion parameters of electric locomotives of the 2ES6 series, an analysis is made of the components of the electric power consumption of this locomotive in the modes of thrust, coasting, pneumatic and regenerative braking. On the basis of the conducted research, it was concluded that on a flat profile of the path, the total consumption is significantly affected by the total consumption, taking into account the own needs of EPS, in the modes of thrust, coasting, and air braking and not significant in the mode of regenerative braking. Also, a paradoxical situation arises on the flat profile: with an increase in the recovered electric power, the full electric power consumption of the electric rolling stock increases. This phenomenon is due to the large value of consumption for own needs throughout the trip. As a further development of the research topic, it is proposed to conduct similar experiments with the 2ES6 electric locomotive on sections with a 2, 3 and 4 type track profile, and also to consider in more detail in the thrust mode the distribution of currents and voltages of both traction electric motors and the auxiliary converter to establish optimal modes of their consonant work.

Keywords. Electric rolling stock, consumption for own needs, driving conditions, thrust, coasting, regenerative braking, air braking.

Одной из приоритетных задач Энергетической стратегии холдинга «Российские железные дороги» на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года является значительное повышение энергетической эффективности тяги поездов. Так, в целом по ОАО «РЖД» прогнозируемое снижение удельного расхода тягово-энергетических ресурсов на тягу поездов к уровню 2015 года должно составить к 2020 году – 2,5 - 4,4%, к 2030 году 8,0 - 9,0% [3].

На реализацию этой приоритетной задачи, в частности, направлены мероприятия по повышению энергетических характеристик электроподвижного состава (ЭПС) при их создании на

заводах-изготовителях или модернизации эксплуатируемых локомотивов за счет подбора оптимальных по энергопотреблению параметров вспомогательного электрооборудования и организации контроля и управления за его энергоэффективной работой.

В настоящее время на значительной части ЭПС ОАО «РЖД» отсутствует учет расхода электроэнергии на собственные нужды, что препятствует проведению оценки энергетической эффективности работы вспомогательного оборудования и разработке рекомендаций по ее повышению. В общем случае оценку расхода электроэнергии на собственные нужды ЭПС возможно выполнить на основе анализа параметров вспомогательного электрооборудования, заявленных в руководствах по эксплуатации ЭПС [4-8, 14-15], однако, подобный метод оценки не позволяет достоверно определить значение и характер потребления электроэнергии данного оборудования, так как не учитываются режимы его работы.

Наиболее достоверную информацию о расходе электроэнергии на собственные нужды ЭПС возможно получить экспериментальным путем.

На электровозах постоянного тока серии 2ЭС6, оснащенных преобразователем собственных нужд, позволяющего управлять асинхронными приводами вспомогательных машин, отсутствует учет электроэнергии на собственные нужды, однако, на картриджах регистраторов параметров движения электровоза 2ЭС6, являющихся составляющими микропроцессорной системы управления движения МПСУиД, имеется информация о токе собственных нужд электровоза и напряжении на токоприемнике, что позволяет при проведении дополнительной обработки массива данных получать информацию о расходе электроэнергии на собственные нужды и оценивать энергетическую эффективность вспомогательного оборудования [9,10].

Автором впервые подобный метод анализа был апробирован применительно к участку Москва – Барабинск протяженностью 316 км, который отличается преимущественно равнинным профилем пути. Выборка была составлена из поездов порожних и груженых поездов с электровозами серии 2ЭС6, эксплуатирующихся на данном участке в течение календарного года. В результате обработки данных картриджа регистраторов параметров движения электровозов серии 2ЭС6 было установлено, что доля расхода электроэнергии на собственные нужды от общего расхода электроэнергии в четном направлении составляет от 2,91% до 8,66% (рисунок 1), а в нечетном – от 2,72 до 10,14% (рисунок 2).

Данные результаты свидетельствуют о том, что доля расхода электроэнергии на собственные нужды электровозов 2ЭС6 от общего расхода электроэнергии также как и на электровозе ВЛ10 [1,2] достигает 10%. Однако, наличие только этой информации не позволяет сделать вывод о том, что применение статического преобразователя на электровозах 2ЭС6, позволяющего управлять асинхронными приводами вспомогательных машин, неоправданно, так как эксперименты выполнены на различных участках и в различных условиях. На основании полученных результатов можно сделать однозначный вывод о том, что имеется значительный потенциал снижения расхода электроэнергии на собственные нужды, реализовать который возможно за счет совершенствования алгоритмов работы статического преобразователя, подбора оптимальных по энергопотреблению параметров вспомогательного электрооборудования на основе исследования влияния различных случайных факторов, определяющих энергосберегающие режимы его работы.

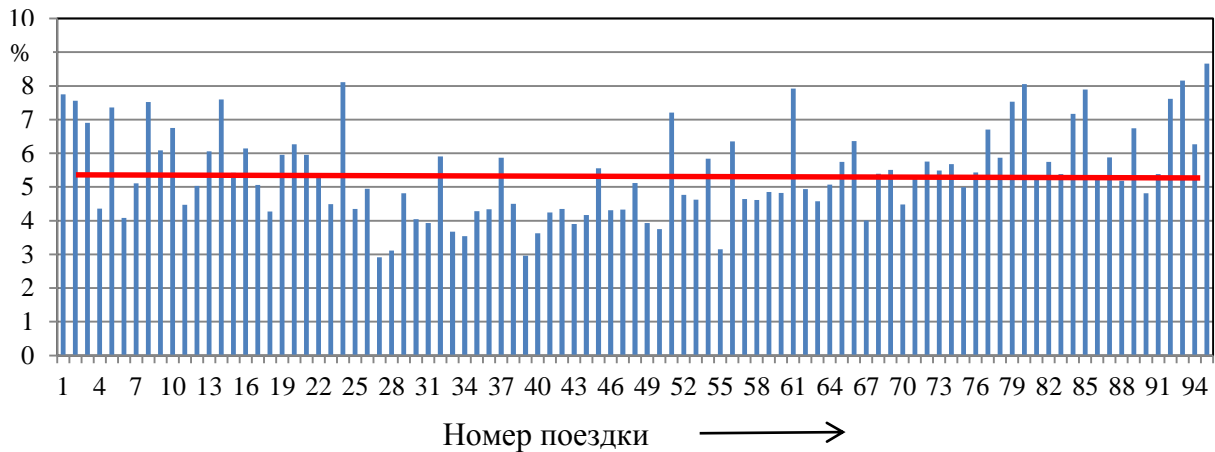


Рисунок 1 – Доля расхода электроэнергии на собственные нужды от общего расхода электроэнергии на тягу на участке Московка – Барабинск (четное направление)

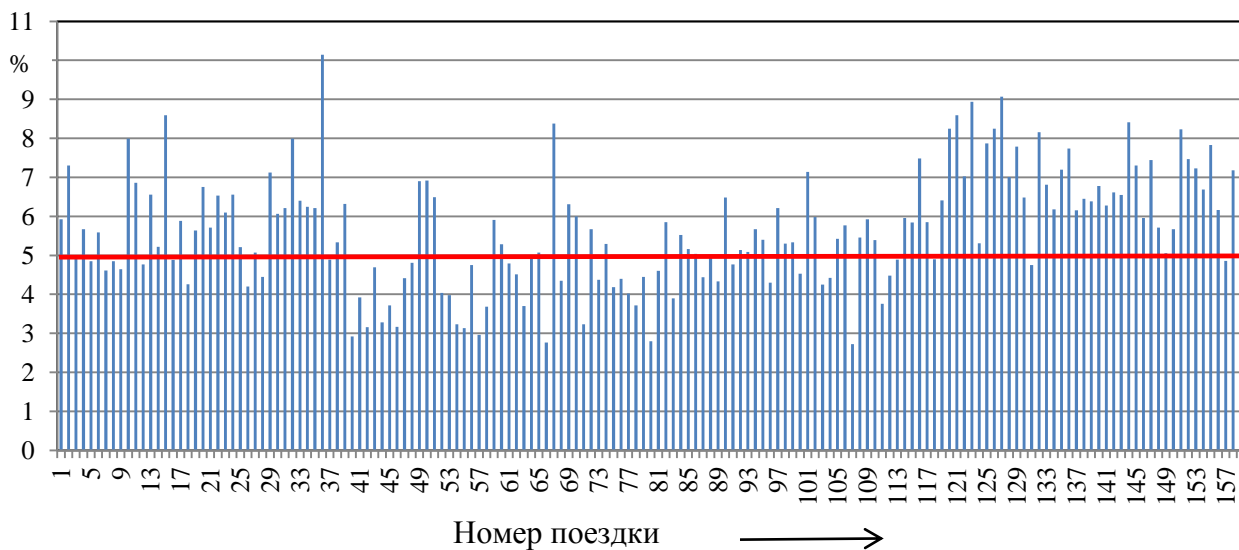


Рисунок 2 – Доля расхода электроэнергии на собственные нужды от общего расхода электроэнергии на тягу на участке Московка – Барабинск (нечетное направление)

В трудах [9-13] автором ранее были выявлены следующие статистически значимые эксплуатационные факторы, оказывающие влияния на удельный расход электроэнергии на собственные нужды электровозов серии 2ЭС6 в четном и нечетном направлении: масса состава, нагрузка на ось и температура окружающего воздуха. Однако помимо исследованных факторов на общую составляющую удельного расхода электроэнергии на собственные нужды электровозов постоянного тока серии 2ЭС6 влияют и эксплуатационные режимы движения поезда по участку: режим тяги, режим торможения, режим выбега.

В связи с этим целью данной работы является исследование влияния режимов движения поезда как на полный расход электроэнергии ЭПС, так и на расход электроэнергии его вспомогательного оборудования.

На рисунке 3 представлены графики зависимости полного расхода электроэнергии от расхода электроэнергии ЭПС в режимах тяги, выбега и пневматического торможения с учетом расхода электроэнергии на собственные нужды ЭПС в четном (а) и нечетном (б) направлениях. Из данного рисунка следует, что расход электроэнергии в рассматриваемых режимах движения поезда по участку оказывает существенное влияние на значение полного расхода электроэнергии (коэффициент детерминации R^2 близок к 1).

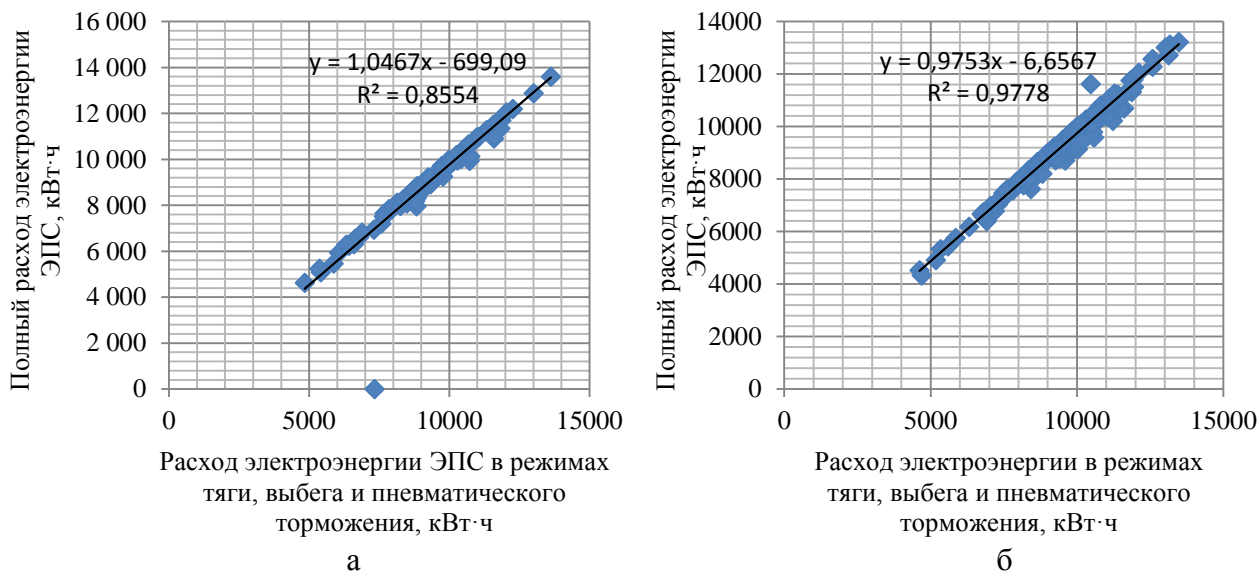


Рисунок 3 – Графики зависимости полного расхода электроэнергии от расхода электроэнергии ЭПС в режимах тяги, выбега и пневматического торможения в четном (а) и нечетном (б) направлениях

На рисунке 4 представлены графики зависимости полного расхода электроэнергии от расхода электроэнергии на собственные нужды ЭПС в режимах тяги, выбега и пневматического торможения в четном (а) и нечетном (б) направлениях. Из данного рисунка следует, что расход электроэнергии на собственные нужды ЭПС в рассматриваемых режимах движения поезда по участку оказывает слабое влияние на значение полного расхода электроэнергии (коэффициент детерминации R^2 не превышает 0,3).

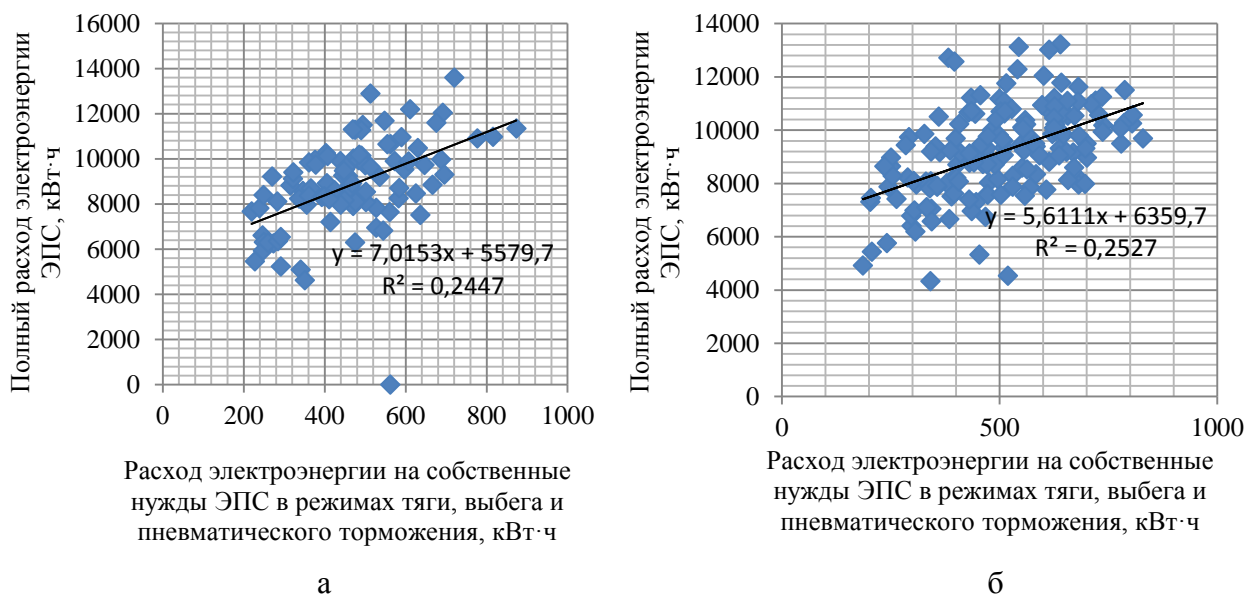


Рисунок 4 – Графики зависимости полного расхода электроэнергии от расхода электроэнергии на собственные нужды ЭПС в режимах тяги, выбега и пневматического торможения в четном (а) и нечетном (б) направлениях

На рисунке 5 представлены графики зависимости полного расхода электроэнергии от расхода (возврата) электроэнергии ЭПС в режиме рекуперативного торможения без учета расхода электроэнергии на собственные нужды ЭПС в четном (а) и нечетном (б)

направлениях. Из данного рисунка следует, что возврат электроэнергии в режиме рекуперативного торможения не оказывает существенное влияние на значение полного расхода электроэнергии (коэффициент детерминации R^2 близок к 0), что объясняется, прежде всего, равнинным профилем пути. Аналогичное заключение можно сделать и по графику зависимости полного расхода электроэнергии от расхода электроэнергии на собственные нужды ЭПС в режиме рекуперативного торможения в четном (а) и нечетном (б) направлениях, который представлен на рисунке 6.

Необходимо также отметить, что увеличение рекуперированной электроэнергии в нечетном направлении приводит к увеличению полного расхода электроэнергии. В первую очередь подобная парадоксальная ситуация связана с более большим значением приращения расхода электроэнергии на собственные нужды в течение всей поездки.

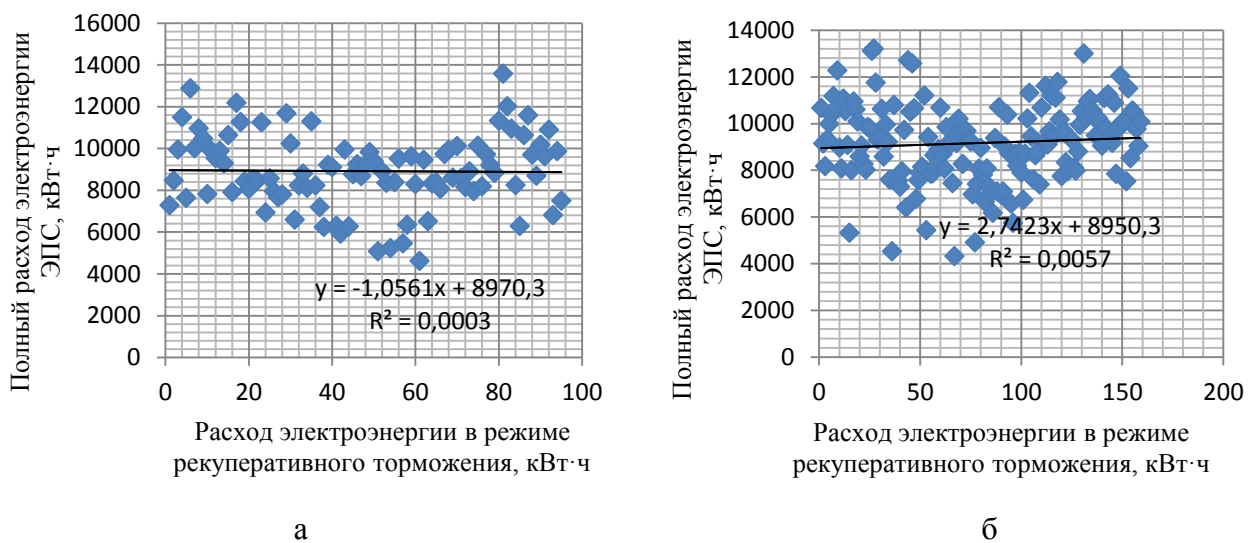


Рисунок 5 – Графики зависимости полного расхода электроэнергии от расхода электроэнергии ЭПС в режиме рекуперативного торможения в четном (а) и нечетном (б) направлениях

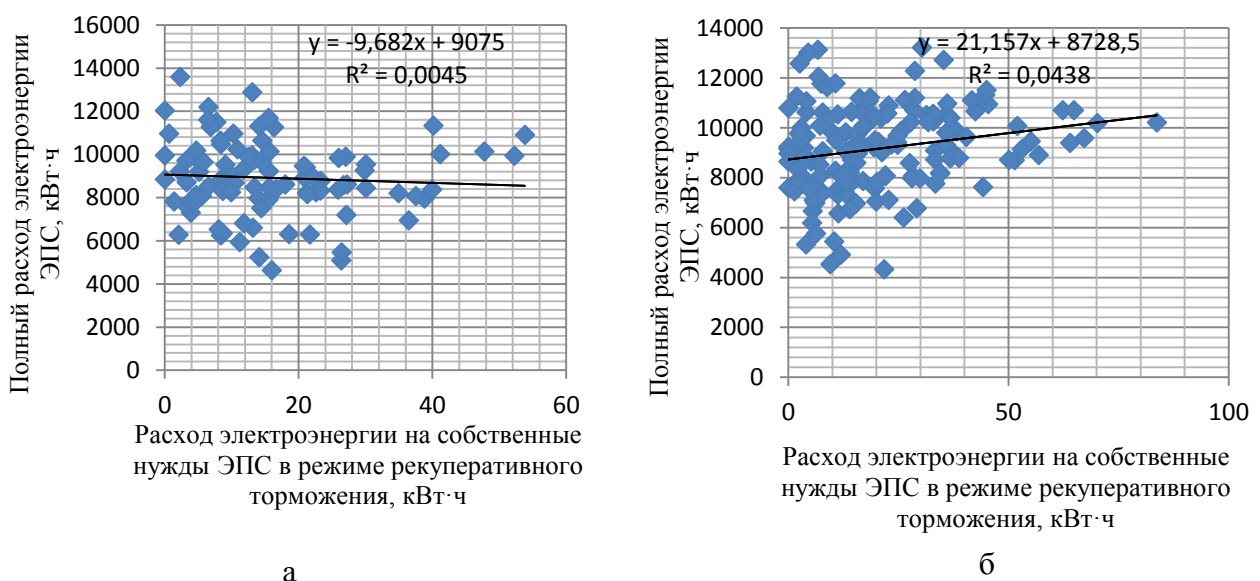


Рисунок 6 – Графики зависимости полного расхода электроэнергии от расхода электроэнергии на собственные нужды ЭПС в режиме рекуперативного торможения в четном (а) и нечетном (б) направлениях

В заключении необходимо отметить, что проведенные экспериментальные исследования на равнинном профиле пути позволили оценить изменение расхода электроэнергии, как тяговым, так и вспомогательным оборудованием электроподвижного состава постоянного тока серии 2ЭС6, однако в качестве дальнейшего развития темы исследования предлагается провести подобные эксперименты с электровозом 2ЭС6 на участках с профилем пути 2, 3 и 4 типа, а также рассмотреть более подробно в режиме тяги распределения токов и напряжений, как тяговых электродвигателей, так и преобразователя собственных нужд с целью установления оптимальных режимов их согласной работы.

Список литературы

1. Бакланов, А. А. Анализ расхода электроэнергии на собственные нужды электровоза ВЛ10 / А. А. Бакланов, Р. Я. Медлин // Исследование работы электрооборудования и вопросы прочности электроподвижного состава: Научные труды / Омский институт инженеров железнодорожного транспорта. Омск, 1974. – 51 – 57 с.
2. Бакланов, А. А. Влияние различных факторов на расход электроэнергии вспомогательными машинами электровоза ВЛ10 / А. А. Бакланов // Исследование работы электрооборудования и вопросы прочности электроподвижного состава: Научные труды / Омский институт инженеров железнодорожного транспорта. Омск, 1977. – 46 – 51 с.
3. Гапанович, В. А. Энергетическая стратегия и электрификация российских железных дорог / В. А. Гапанович, С. Н. Епифанцев, В. А. Овсейчук. – М.: Эко-Пресс, 2012. – 196 с.
4. Истомин, С. Г. К вопросу энергетической эффективности вспомогательного оборудования электровозов серии 2ЭС6 / Истомин, С. Г., Бондаревский, Д. И. // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: Материалы научной конференции / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2017. 151 – 156 с.
5. Истомин С. Г. Анализ параметров и режимов работы вспомогательного оборудования грузовых электровозов постоянного тока железных дорог / С. Г. Истомин, Юрасов О. Д., Рахманов Д. А. // Молодежь и XXI век - 2018: Материалы VIII Международной молодежной научной конференции: В 5 томах. Том. 5. Юго-Зап. гос. ун-т, Курск: ЗАО Университетская книга, 2018. С. 135 – 139.
6. Истомин С. Г. Анализ параметров и режимов работы вспомогательного оборудования пассажирских электровозов постоянного тока железных дорог / С. Г. Истомин, Юрасов О. Д., Рахманов Д. А. // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: Материалы Девятой Международной науч.-практической конференции, 10 – 13 апреля 2018 г. Иркутск: в 2 т. – Иркутск: ИрГУПС, 2018. – Т.2. С 282 – 285.
7. Истомин С. Г. Анализ параметров и режимов работы вспомогательного оборудования пригородных электропоездов постоянного тока серии ЭД4М / С. Г. Истомин, О. Д. Юрасов, А. А. Штраухман // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: Материалы IV всероссийской науч.-техн. конф. с международным участием / Омский гос. ун-т. путей сообщения. Омск, 2018. С. 119 – 123.
8. Истомин, С. Г. Анализ параметров современных статических преобразователей собственных нужд электроподвижного состава постоянного тока железных дорог / С. Г. Истомин, Юрасов О. Д. // Молодежь и XXI век - 2019: Материалы IX Международной молодежной научной конференции: В 5 томах. Том. 5. Юго-Зап. гос. ун-т, Курск: ЗАО Университетская книга, 2019. С. 200 – 211.
9. Истомин С. Г. Применение регрессионных моделей для оценки энергетической эффективности вспомогательного оборудования электровозов серии 2ЭС6 / С. Г. Истомин, Д. И. Бондаревский // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2018. – №1 (33). – С. 22 – 30.
10. Istomin S. The use of correlation and regression analysis for assessment of the energy effectiveness of the dc electric locomotives auxiliary equipment, MATEC Web of Conferences, Vol. 239, 01038 (2018) <https://doi.org/10.1051/matecconf/201823901038>

11. Сидорова Е. А. Применение корреляционно-регрессионного анализа для оценки энергетической эффективности вспомогательного оборудования пассажирских электровозов постоянного тока серии ЭП2К / Е. А. Сидорова, С. Г. Истомин, О. В. Гателюк // Вестник РГУПС. – 2018. – №3 (71). – С. 59 – 68.

12. Истомин С. Г. Оценка энергетической эффективности оборудования для отопления и кондиционирования воздуха электропоездов постоянного тока серии ЭД4М / С. Г. Истомин, А. А. Штраухман // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока / Новосибирская гос. акад. водного транспорта. Новосибирск. – 2018. – № 2. – С. 148 – 152.

13. Истомин С. Г. Анализ применения регрессионных моделей для оценки энергетической эффективности вспомогательного оборудования пригородных электропоездов постоянного тока серии ЭД4М / С. Г. Истомин, А. А. Штраухман // Транспорт Урала. 2018. № 4 (59). С. 81–85.

14. Истомин С. Г. Анализ методов и средств контроля и управления потреблением электроэнергии вспомогательным оборудованием электроподвижного состава постоянного тока / С. Г. Истомин // Разработка и эксплуатация электротехнических комплексов и систем энергетики и наземного транспорта: Материалы третьей международной науч.- практ. конф. / Омский гос. ун-т. путей сообщения. Омск, 2018. С. 257 – 265.

15. Истомин С. Г. Анализ нормативно-технической документации на режимы работы вспомогательного оборудования электроподвижного состава постоянного тока железных дорог / С. Г. Истомин // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭК-2018»): Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, 1 – 2 марта 2018 г. Ростов-на-Дону: в 2 т. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2018. – Т.2. С. 44 – 47.

УДК 625.111

МАЛОИНТЕНСИВНЫЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ЛИНИИ – КАК ОБЪЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (НА ПРИМЕРЕ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА)

*Платонов А.А., ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,
e-mail: paa7@rambler.ru;*

Платонова М.А., ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»

Аннотация: При исследовании региональных транспортных систем отсутствует общепринятая классификация объектов транспортной инфраструктуры. Анализ законодательно утверждённых объектов железнодорожной транспортной инфраструктуры выявил, что во всех подобных определениях в качестве объектов инфраструктуры выделяются железнодорожные пути общего пользования. В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий общего пользования. При этом на примере Уральского региона России приведена характеристика малоинтенсивных линий, их конкретная типизация (включая наименование, протяжённость и класс). Установлено, что для сокращения расходов на содержание малоинтенсивной линии для перевозки грузов и пассажиров целесообразно использовать различные виды транспорта, а также вовлекать в перевозочный процесс предприятия, расположенные в зонах относительной доступности к участкам малоинтенсивных железнодорожных линий.

Ключевые слова: железная дорога, инфраструктура, малоинтенсивные железнодорожные линии, оптимизация обслуживания.

LOW-INTENSITY RAILWAY LINES - AS AN OBJECT OF TRANSPORT
INFRASTRUCTURE (ON THE EXAMPLE OF THE URAL REGION)

A.A. Platonov, Rostov State Transport University, e-mail: paa7@rambler.ru;

M.A. Platonova, Rostov State Transport University.

Annotation: In the study of regional transport systems there is no generally accepted classification of transport infrastructure facilities. The analysis of legally approved railway transport infrastructure objects revealed that in all such definitions, public railways stand out as infrastructure objects. The article discusses the issues of improving the efficiency of operating low-intensity public railway lines. At the same time, by the example of the Ural region of Russia, the characteristics of low-intensity lines, their specific typification (including name, length and class) are given. It has been established that in order to reduce the cost of maintaining a low-intensity line for the transport of goods and passengers, it is advisable to use various types of transport, as well as to involve enterprises located in areas of relative accessibility to sections of low-intensity railway lines in the transportation process.

Keywords: railway, infrastructure, low-intensity railway lines, optimization of service.

В настоящее время транспортная инфраструктура является необходимым ресурсом по обеспечению связи между различными хозяйствующими субъектами как в России, так и во всём мире. От того, насколько она будет развита, зависит динамика продвижения целого ряда предприятий на рынке, а также перспективы реализации совместных (в том числе, международных) проектов с партнёрами. При этом отдельного внимания исследователей транспортной инфраструктуры заслуживает перечень (а также характеристики) её объектов.

В Российской Федерации понимание об объектах транспортной инфраструктуры закреплено в Федеральном законе «О транспортной безопасности», в соответствии с которым указанные объекты рассматриваются как технологический комплекс, включающий в себя участки автомобильных и железных дорог, железнодорожные и автомобильные вокзалы и станции, тоннели и мосты, а также иные сооружения, обеспечивающие перемещения грузов и людей [7].

Проведённый нами анализ целого ряда работ выявил, что, невзирая на данный закон, множество исследователей предлагают свои определения того, что они понимают под термином «транспортная инфраструктура» (фактически плавно переводя его в определение транспортного комплекса), а также излагают своё видение проблемы влияния на неё/него целого ряда основополагающих факторов. При этом различия в пониманиях того, что именно следует относить к объектам транспортной инфраструктуры, обусловлено на наш взгляд широкой совокупностью исследуемых научным сообществом объектов, а также непрерывно усложняющимися технологическими процессами. Следствием этого является то, что классификация объектов транспортной инфраструктуры авторов зачастую отличается друг от друга по глубине и широте признаков их разделения. В частности, на наш взгляд, к объектам транспортной инфраструктуры могут быть отнесены (укрупнённо) пути сообщения, технологические объекты, обслуживающие объекты, а также центр/центры управления движением (рис. 1):

Транспортная инфраструктура



Рисунок 1 – Объекты транспортной инфраструктуры

В более развёрнутом виде рассматриваются объекты транспортной инфраструктуры например в Законе Кыргызской Республики «О железнодорожном транспорте» [2], где под инфраструктурой подразумевается технологический комплекс, включающий магистральные и станционные пути, объекты электроснабжения, сигнализацию, связь, устройства, оборудование, здания, строения, сооружения, ремонтные, эксплуатационные и иные объекты, и предназначенный для обеспечения перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Анализ приведённого в данном законе (а также в иных, например, в Уставе железнодорожного транспорта Российской Федерации) определений инфраструктуры показывает его приближённость к реальным условиям работы, при этом во всех подобных определениях в качестве объектов инфраструктуры выделяются железнодорожные пути общего пользования.

С учётом вышесказанного, целью настоящей работы являлся детальный анализ таких особенных объектов железнодорожной транспортной инфраструктуры, как малоинтенсивные железнодорожные линии общего пользования, с разработкой рекомендаций по совершенствованию технологий их работы.

Одним из важнейших направлений государственной транспортной политики России является модернизация и развитие инфраструктуры железнодорожного транспорта. В условиях экономических реформ, сопровождавшихся спадом объёмов производства и старением материально-технической базы транспорта, по сети железных дорог ОАО «РЖД» в настоящее время активизировалась работа по повышению эффективности эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий общего пользования.

Подобные линии ещё не так давно именовались «малодеятельными». Однако, как справедливо отмечалось в [3] законодательное определение понятия «малоинтенсивных линий (участков)» было дано в статье 2 Федерального закона от 10.01.2003 № 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации»: «малоинтенсивные линии (участки) – это железнодорожные пути общего пользования с невысокой грузонапряжённостью и низкой эффективностью работы, критерии отнесения к которым утверждаются Правительством Российской Федерации».

В 2017 г. дочернее предприятие ОАО «Российские железные дороги» – АО «Институт экономики и развития транспорта» (ИЭРТ) – разработало Программу по повышению эффективности малоинтенсивных линий. Данная Программа предполагает максимально возможное сокращение убыточных веток на сети. Это позволит государственной компании

существенно сократить издержки, связанные с их содержанием. Перед разработкой были уточнены критерии малоинтенсивных линий [6].

Исследованиями, проведенными ИЭРТ, было установлено, что на сети ОАО «РЖД» существует 359 малоинтенсивных линий общей протяженностью 15,47 тыс. км. Однако в дальнейшем эксперты института исключили 118 линий, «использующихся для чисто технологических целей». В итоге авторы программы рассматривали 241 линию длиной 4,759 тыс. км. По каждой был утверждён «паспорт», учитывающий особенности линии и содержащий конкретные мероприятия по повышению эффективности её использования.

Для целей разработки Программы весь полигон малоинтенсивных железнодорожных линий на сети ОАО «РЖД» был сгруппирован по 5 основным типам в зависимости от функционального назначения, социальной значимости и характера эксплуатации (табл. 1).

Таблица 1 – Типизация малоинтенсивных железнодорожных линий

Типы линий (обозначение)	Характер эксплуатации и функциональное назначение
Линии, имеющие государственное значение, в том числе обеспечивающие перевозки для объектов Министерства обороны (МГЗ)	Наличие на линии объектов Министерства обороны в количестве 1 и более. На линии осуществляется движение как пассажирских, так и грузовых поездов.
Линии с грузовым движением (МГ)	На линии отсутствует движение пассажирских и пригородных поездов.
Линии с пассажирским движением (МП)	На линии отсутствует движение грузовых поездов.
Линии со смешанным движением (МС)	На линии осуществляется движение грузовых и пассажирских поездов. Отсутствуют объекты Министерства обороны РФ.
Технологические линии (МТ)	Транзитные и внутриузловые линии, внутристанционные соединения.

Низкая эффективность работы малоинтенсивных железнодорожных линий в целом ряде регионов Российской Федерации (в т.ч. в Уральском регионе) выражается в экономическом эффекте (а вернее, в его полном отсутствии) – расходы на содержание малоинтенсивных линий (а также штата сотрудников, осуществления перевозок по этим линиям и управления ими) больше чем доходы, получаемые от перевозок грузов и пассажиров, т.е. финансово-экономический результат не обеспечивает рентабельности рассматриваемых участков от собственной деятельности [1].

В соответствии с указанной Программой в Уральском регионе (в частности, в Свердловской области) был выделен целый ряд малоинтенсивных железнодорожных линий (МИЛ) общего пользования, относящихся к Свердловской железной дороге. Типизация и расположение некоторых малоинтенсивных линий по Свердловской области представлены соответственно в табл. 2 и на рис. 1 (МИЛ были выделены нами утолщённым типом линий).

Таблица 2 – Типизация малоинтенсивных линий в Свердловской области

Наименование	Протяжённость, км	Класс
Линии типа МГ, км		
Воронцовка – Карпинск	13	4
Ивдель II – Полуночное	24	5
Перегрузочная – Моховой	28	5
Верхнетагильская – Нейва	16	5
Линии типа МС, км		
Устье-Аха – Тавда	185	4
Линии типа МТ, км		
Каква – Серов-Заводской	7	5
Кушва – Азиатская	15	4

Анализ табл. 2 и рис. 1 показывает, что в исследуемом регионе порядка 50% малоинтенсивных линий относятся к однозначно тупиковым в пределах рассматриваемого региона, при этом участок Устье-Аха – Тавда является транзитным в пределах Свердловской области, однако при этом является тупиковым в Ханты-Мансийском автономном округе.



Рисунок 1 – Некоторые малоинтенсивные железнодорожные линии в Свердловской области (выделены **утолщённым** типом линий)

Для компенсации (уменьшения) убытков при деятельности малоинтенсивных железнодорожных линий в Свердловской (а также в иных) областях можно наметить несколько направлений работы.

Так, для сокращения расходов на содержание малоинтенсивной линии может быть проведена оптимизация технологии её работы. При этом нами может быть рекомендовано комбинированное использование различных видов транспорта для перевозки грузов и пассажиров. В частности, для перевозки пассажиров в пригородных направлениях возможно более широкое использование транспортных средств небольшой вместимости, а именно рельсовых автобусов (например, РА-3 производства АО «Метровагонмаш», рис. 2, а; или более простых РА-1 и РА-2), при этом два рельсовых автобуса могут эксплуатироваться по системе многих единиц, образуя состав, включающий в себя до 6 вагонов, а их применение возможно в том числе на не электрифицированных участках железных дорог, оборудованных как низкими, так и высокими платформами. Кроме этого, для перевозки пассажиров по малоинтенсивным линиям нами может быть рекомендован специализированный подвижной состав на комбинированном ходу [5], способный перемещаться как по автомобильным дорогам, так и по железнодорожной колее. При этом подобные транспортные средства, изначально предназначенные для перемещения ограниченного количества людей и/или небольших партий грузов, сочетают в себе преимущества каждого типа транспортного средства, избегая при этом их отдельных недостатков. Как отмечается в [4] организация перевозочного процесса пассажиров, стремящихся переместиться из одного населённого пункта в другой по малоинтенсивной железнодорожной линии, выглядит следующим образом. Пассажир, приходя на остановочный пункт дорожно-рельсового транспортного средства (ДРТС) в начальной точке своего путешествия, садится в рассматриваемое транспортное средство, которое начинает движение в соответствии с установленным маршрутом и графиком по обычной автомобильной дороге до ближайшей железнодорожной станции, расположенной на участке МИЛ. Затем, перейдя на железнодорожные рельсы малоинтенсивной линии, ДРТС продолжает свой путь по железнодорожной колее до требуемой железнодорожной станции, по достижении которой транспортное средство вновь переходит на обычную автомобильную дорогу и продолжает свой путь до конечного населённого пункта. Классическим примером существования подобного транспортного средства служит (рис. 2, б) японское двухрежимное транспортное средство DMV (Dual Mode Vehicle).



а)



б)

Рисунок 2 – Некоторые перспективные виды пригородного подвижного состава

Справедливости ради следует отметить, что препятствием для перевозок пассажиров в пригородном направлении дорожно-рельсовыми транспортными средствами может стать такой внешний фактор, оказывающий влияние на транспортную инфраструктуру, как природно-географический (и, в частности, такие его составляющие, как метеорологические и климатические факторы). Данные факторы, характеризующие воздействие на транспортную инфраструктуру суровости климата, неустойчивости сезонов года и значительных колебаний среднегодовых температур, могут отрицательно сказаться на возможности планирования

транспортных потоков как внутри рассматриваемого в данной статье региональной транспортной инфраструктуры, так и между регионами.

Ещё одним путём для сокращения расходов на содержание малоинтенсивной железнодорожной линии (а вернее, повышения её доходности) может стать на наш взгляд более широкое вовлечение в перевозочный процесс предприятий, расположенных в зонах относительной доступности к участкам МИЛ, при этом нам представляется целесообразным разработать соответствующую математическую модель оптимального расположения промышленных предприятий, подробный структурный анализ которой выходит за рамки данной статьи.

С учётом вышесказанного, можно сделать следующий вывод.

При исследовании транспортной инфраструктуры конкретных регионов отдельное внимание следует уделять таким их объектам, как малоинтенсивные железнодорожные линии общего пользования (а именно, расположению указанных линий, их протяжённости и классификации). Для компенсации (уменьшения) убытков при деятельности малоинтенсивных железнодорожных линий рекомендуется использование различных видов транспорта для перевозки грузов и пассажиров, в частности рельсовых автобусов и дорожно-рельсовых транспортных средств, а также вовлечение в перевозочный процесс предприятий, расположенных в зонах относительной доступности к участкам МИЛ.

Список литературы

1. Балаганская А.С. Организация работы железнодорожных участков малодеятельных линий / А.С. Балаганская // Научные труды SWorld. 2016. Т. 1. № 2 (43). С. 23-28.
2. Закон Кыргызской Республики от 18 июля 2016 года № 121 «О железнодорожном транспорте»
3. Кожевников Ю.Н. Методологические аспекты определения, классификации и расчета финансовых результатов малоинтенсивных линий (участков) / Ю.Н. Кожевников, И.П. Ильин, Н.С. Мороз // Экономика железных дорог. 2015. №7.
4. Платонов А.А. К вопросу обеспечения транспортной доступности отдаленных населенных пунктов дорожно-рельсовыми автобусами / Платонов А.А. // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2017. Т. 1. № 1-1. С. 45-49.
5. Платонов А.А. Социальная значимость организации пассажирских перевозок дорожно-рельсовыми транспортными средствами / А.А. Платонов // Ученые заметки ТОГУ. 2015. Т. 6. № 1. С. 109-113.
6. РЖД разработали программу по повышению эффективности малодеятельных линий [Электронный ресурс] // ОАО «РЖД» [сайт] [2018]. – URL: http://press.rzd.ru/smi/public/ru?STRUCTURE_ID=2&layer_id=5050&refererLayerId=5049&id=300581 (Дата обращения: 5.11.2018)
7. Федеральный закон РФ от 09.02.2007 № 16-ФЗ «О транспортной безопасности»

УДК 656.02(575.2-17):338.439.65

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТОРГОВО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ В ЧУЙСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Калманбетова Айгул Шакировна, к.т.н., доцент, КНАУ им. К.Скрябина, Кыргызстан, 720005, г. Бишкек, ул. Медерова 68, e-mail: shakirovna-64@mail.ru

Алсеитов Мирлан Тилегенович, к.т.н., доцент, КРСУ, Кыргызстан, 720000, г. Бишкек, ул. Киевская 44, e-mail: alseitov80@mail.ru

Аннотация. В данной статье приведены исследования в области научной проработки

внедрения торгово-логистических центров (ТЛЦ) в Кыргызской Республике, а так же в Российской Федерации, приведены результаты анализа и состояния деятельности торгово-логистических центров в Чуйской области Кыргызской Республики и причины неполноценного функционирования торгово-логистических центров.

Ключевые слова: сельскохозяйственная продукция, логистический центр, экспорт агропродукции, проблемы сбыта с/х продукции.

ANALYSIS OF THE CONDITION AND PERSPECTIVES OF THE DEVELOPMENT OF TRADE AND LOGISTICS CENTERS IN THE CHUYI REGION OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Kalmanbetova Aigul Shakirovna, Ph.D., Associate Professor, KNAU them. K. Scriabin, Kyrgyzstan, 720005, Bishkek, Mederov street 68, e-mail: shakirovna-64@mail.ru

Alseitov Mirlan Tilegenovich, Ph.D., Associate Professor, KRSU, Kyrgyzstan, 720000, Bishkek, Kiev street 44, e-mail: alseitov80@mail.ru

Abstract. This article presents research in the field of scientific development of the implementation of trade and logistics centers (TLC) in the Kyrgyz Republic, as well as in the Russian Federation, the results of the analysis and activity of trade and logistics centers in the Chui region of the Kyrgyz Republic and the reasons for the inadequate functioning of trade and logistics centers.

Keywords: agricultural products, logistics center, export of agricultural products, problems of marketing agricultural products.

Введение. Проблема сбыта готовой сельскохозяйственной продукции в Кыргызской Республике всегда остро стоит. Реализуют выращенную продукцию, зачастую не зная конъюнктуры рыночных цен. Отсутствие взаимосвязи между сельскохозяйственными товаропроизводителями, перерабатывающей промышленностью и торговлей; ценовое давление, оказываемое на аграриев со стороны посредников и спекулянтов; низкая конкурентоспособность отечественной продукции, в связи с отсутствием должных способов хранения, доработки, сортировки; неустойчивый сбыт у большинства мелких фермеров делает актуальным создание ТЛЦ сельскохозяйственной продукции. Перевозка овощей и фруктов, как и других скоропортящихся грузов, требует от логистов и экспедиторов бережного обращения к товару.

Существует ряд обязательных правил, несоблюдение которых гарантированно приведёт к порче продукции. От условий хранения и транспортировки овощей и фруктов зависит многое – от взаимоотношений между поставщиком и торговой сетью, до конечной стоимости продуктов для потребителя. Поэтому транспортные компании должны предпринимать целый ряд мер, позволяющих сохранить свежесть, аромат, приятный вкус и внешний вид плодов. На сегодняшний день власти нашей страны осознали свою ответственность по продвижению экспорта агропродукции из Кыргызстана на Евразийские и прежде всего Российские прилавки. Поэтому помощь фермерам в реализации продукции на внешние рынки должно быть главной задачей «Сельскохозяйственной политики» нашей страны.

Материалы и методы. Для решения этой проблемы в августе 2015 года принято постановление «Об утверждении Основных направлений создания и развития системы торгово-логистических центров сельскохозяйственной продукции в Кыргызской Республике на 2015-2017 годы»[6].

Почему на протяжении всего этого времени эта проблема не решается, а фермеры не доверяют существующим ТЛЦ и самостоятельно стараются сбыть свою продукцию? По

нашему мнению, не было изначально научного подхода для решения этой проблемы - научного подхода разработки методики создания логистических центров в условиях Кыргызской Республики. Научные исследования в данной области опубликованы в работах отечественных и российских исследователей [1,2,3,4,7,8].

На сегодняшний день логистические центры юридически существуют, но функционируют в основном как хранилище. Конечно, упущено очень много времени. Тем не менее для решения этой проблемы в КГТУ им. Раззакова по госбюджетной теме МОН КР «Разработка методики создания логистических центров в условиях Кыргызской республики» в течении двух лет работают группа ученых со всех вузов нашей страны.

Примечательно, что разговоры по поводу создания ТЛЦ ведутся на протяжении нескольких лет, причем, еще до вступления страны в евразийский экономический союз. Подобными мерами отечественные власти планировали решить одну из основных проблем страны – мелкотоварность, которая для кыргызских экспортеров является главным препятствием в поиске серьезных заказчиков. Крупные торговые сети, заинтересованные в сельхозпродукции из нашего государства, ориентированы на большие объемы, которые местные производители не могут обеспечить. Создание ТЛЦ позволит снизить затраты сельхозпроизводителей, связанные с хранением, распределением и транспортировкой выращенной плодоовощной продукции, в среднем на 30–50 процентов. А цена продукции может реально снизиться за счет правильного ее хранения, оптимального распределения и централизованных процедур таможенного оформления экспорта. Эффективность подобного подхода хорошо видна на примере России и Белоруссии. Торгово-логистические центры — это хабы, где продукцию собирают, проводят стандартизацию, отбирают в соответствии с нормами ЕАЭС, чтобы товар мог беспрепятственно входить на рынки государств союза[5].

Для сельхозпродукции это и централизованное обеспечение фермеров качественными семенами, удобрениями, фитосанитарный контроль готовой продукции. Досмотр, отбор образцов, лабораторная экспертиза подкарантинных материалов при экспорте, импорте, а также оформление и выдача фитосанитарных документов по принципу «Единого окна». Это позволит потребителю напрямую получать нашу качественную продукцию.

Экспериментальная часть. Согласно календарно плана мы исследовали состояние ТЛЦ Чуйской области. Объектом исследования являются процессы формирования механизмов функционирования логистических систем и их состояние в Чуйской области. Произведен анализ современного состояния и определены основные тенденции развития рынка логистических услуг в данном регионе.

В Московском районе Логистический центр ОсОО «Кыргызцентрпродукт», введен в действие в сентябре месяце 2017 года. Производственная мощность: 4200 тонн с линией по мойке, сортировке и фасовке овощей (картофель, морковь, капуста, лук, свекла) на имеющейся в собственности земельном участке площадью 2,9 га, расположенном в Чуйской области, Московском районе, с. Ак-Суу. Сумма полученного кредита от РКФР составляет 2,3 млн.долл.США. Основной вид деятельности хранение, калибровка и расфасовка овощей[9].

В Аламединском районе ОсОО “Кыргыз Лоджистик”- склады временного хранения и таможенного склада. В настоящее время логистический центр не работает в связи с отсутствием заказов. Перспективы развития - организация логистического центра для торговли со странами дальнего зарубежья, странами СНГ и Таможенного союза.

В Ысык-Атинском районе ГК «Милан» (логистический центр). Основной вид деятельности: планирование информационных и материальных ресурсов, разработка маршрута, оптимизация вариантов хранения, погрузки, транспортировки ТМЦ. Временно не работает.

В Иссык-Атинском районе ОсОО «UNILAB» создан логистический центр, общая площадь земельного участка - 37,5 га. В настоящее время не работает, не имеет лицензию.

10 октября 2018 года состоялось официальное открытие логистического центра в Кеминском районе Чуйской области (г. Кемин ул. Советская б/н) в рамках проекта ФАО

«Наращивание потенциала по укреплению продовольственной безопасности и улучшению питания в ряде стран Кавказа и Центральной Азии», который осуществляется Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО ООН) при финансовом содействии Российской Федерации и техническом содействии Института отраслевого питания (SIFI, РФ).

Самый крупный логистический центр в Кыргызской республике ОсОО «Агропродукт Азия» находится в Сокулукском районе, Чуйской области (рис.1). С целью развития экспорта и в оказании поддержки местных предприятия.

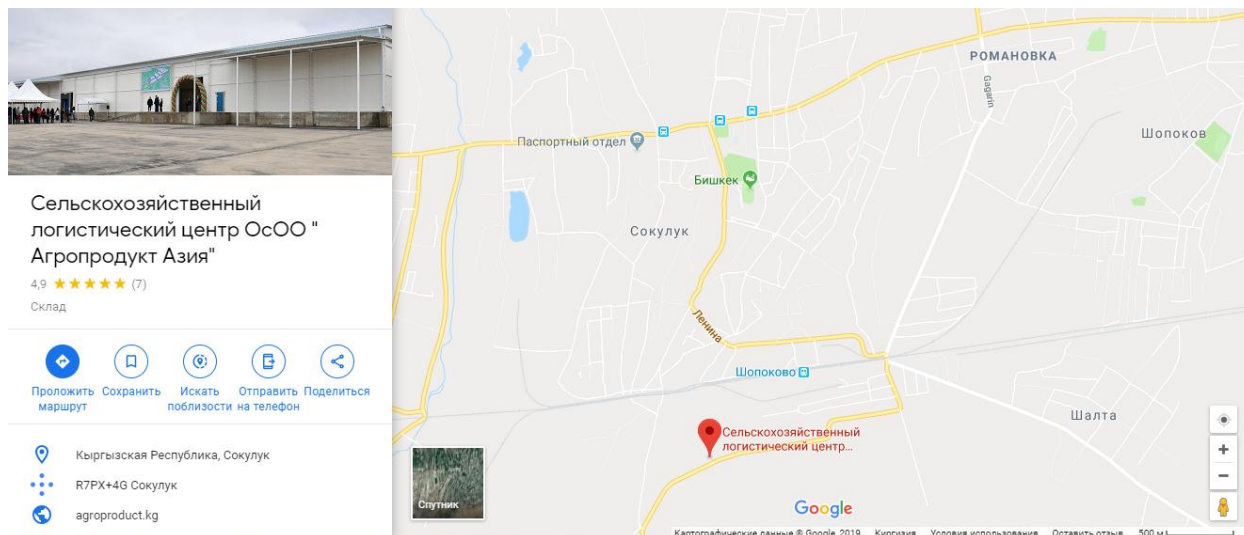


Рис.1 – Карта размещения ОсОО «Агропродукт Азия» в Сокулукском районе, Чуйской области.

Компания ОсОО «Агропродукт Азия» – это первое в Кыргызской Республике предприятие по холодному хранению и переработке фруктов и овощей построенное на основе самых современных технологий и передового международного опыта. Проект и оборудования Голландское. За семь лет ТЛЦ «Агропродукт Азия» проделала огромную работу по организации логистических подходов сбыта сельхозпродукции, произведённой малыми формами хозяйствования, открывая возможности улучшения обслуживания потребителей. Имеют 50га территории садового участка под яблони (рис.2).

Работает с 2015 года. Производственная мощность: объем хранения – почти 7000 тонн. Хранилище состоит: из 32 камер каждая по 120 т., 6 камер по 180 т., 4 камеры по 500т.(рис.3). Численность работников: 30 человек. В перспективе планируется построить завод по переработке и упаковке продукции для поставок свежей продукции в страны ЕАЭС и внутренний рынок страны.

Результаты и обсуждение. Мы считаем, что сегодня наступило время консолидации фермеров, транспортных компаний. Логистические центры, объединяя на одной платформе компании разных отраслей и транспортные коммуникации, устанавливают качественно новые стандарты в обслуживании клиентов и управлении логистикой. По своей сути логистический центр - это совокупность участников процесса товародвижения: экспедиторов, поставщиков услуг, логистических операторов с оптимально удобным расположением на территории региона.

Для полноценного функционирования ТЛЦ необходимо решение следующих задач:

1. Дефицит высококвалифицированных кадров; (подготовка кадров по логистике сельскохозяйственных грузов).
2. Создание одного информационно-аналитического центра по Чуйской области.
3. Информационно-аналитический центр должен тесно сотрудничать с фермерами и хозяйствами, централизованно обеспечивая их семенами, удобрениями, кормами для

животных, оказывая консультационные услуги.

4. Консолидация фермеров по региону - «Одно село – один продукт».

5. Консолидация транспортников. Создание автопарка.



Рис.2 – Яблоневые сады ОсОО «Агропродукт Азия»



Рис.3 – Хранилища ОсОО «Агропродукт Азия»

Выводы: Мы полагаем, что для поддержки фермеров Чуйского региона необходимо разработать программу, основанную на построении замкнутой цепочки: от снабжения семенами в овощеводстве, растениеводстве, племенным скотом в животноводстве до сбыта

готовой продукции. Процессы обеспечения производства, переработки, логистики и сбыта должны осуществляться централизованно через созданные кооперативы, которые как раз и будут координировать взаимодействие владельцев хозяйств с различными структурами.

Список литературы:

1. Асанакунуова Г.Б., Аманкулов Б. Логистические центры и их роль в развитии малого и среднего бизнеса в регионах Кыргызской Республики. Известия Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова. 2016. № 1 (37). С. 397-400.
2. Джаилов Д.С., Мардалиева Л.А., Кожомкулова А.К. Развитие и конкурентоспособность аграрного сектора Кыргызской республики в условиях экономической интеграции. Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. 2017. № 4 (45). С. 24-32.
3. Исагалиева А.К. Создание торгово-логистических центров – один из путей повышения экспорта сельхозпродукции Кыргызской Республики. Вестник международного Института управления. 2018. № 2 (147). С. 47-52.
4. Исраилов М.И., Касейинов К.У. Совершенствование механизмов развития агропродовольственного рынка в Кыргызстане. Известия Иссык-Кульского форума бухгалтеров и аудиторов стран Центральной Азии. 2013. № 2 (2). С. 10-18.
5. ОБЗОР: КЫРГЫЗСТАН: ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКИ. . – Режим доступа: <http://www.ca-portal.ru/article:46154> (дата обращения 14.04.2019), свободный. – Загл. с экрана. – яз. рус.
6. Постановление Правительства КР от 25 августа 2015 года № 600 "Об утверждении Основных направлений создания и развития системы торгово-логистических центров сельскохозяйственной продукции в Кыргызской Республике на 2015-2017 годы". <http://cbd.minjust.gov.kg/act/properties/ru-ru/97868/10>
7. Пьянков А.Г. Перспективы развития региональных распределительных систем агропромышленной продукции. В сборнике: Российские регионы в фокусе перемен сборник докладов XII Международной конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Высшая школа экономики и менеджмента. Екатеринбург, 2018. С. 546-552.
8. Санников Г.Г. Оптово распределительные центры сельскохозяйственной продукции: проблемы и перспективы развития. Человек. Общество. Инклюзия. 2016. № 3-1 (27). С. 91-100.
9. Торгово-логистические центры (ТЛЦ) – Режим доступа: <http://mineconom.gov.kg/ru/question/31> (дата обращения 14.04.2019), свободный. – Загл. с экрана. – яз. рус.

УДК 504.6:629.016

**ОБСЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИТУАЦИИ
В Г. БИШКЕК И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА (ПРОЦЕДУРЫ)
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ**

Давлятов Улукбек Рыскулович, д.т.н., профессор, каф. «АТ» КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, Тел: 0771604006, e-mail: uluk-2000@mail.ru;

Дресвянников Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент, каф. «АТ» КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, Тел: 0777138220, e-mail: sergeydres@mail.ru;

Мамцев Александр Николаевич, преподаватель, каф. «АТ» КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, Тел: 0558988788, e-mail: alexander_m94@mail.ru.

Аннотация. Приведены оценка существующей дорожно-транспортной ситуации в г.Бишкек и показатели протяженности элементов улично-дорожной сети. Произведена оценка отрицательного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду по вредным выбросам и уровню транспортного шума. Авторами разработан и предлагается алгоритм (процедура) экспериментального исследования экологических характеристик автомобилей и транспортных потоков. Содержащий определенные конкретные узловые точки (пункты наблюдения) проведения экспериментального исследования, подготовленное аппаратное обеспечение экспериментального исследования экологических характеристик автомобилей и транспортных потоков, процедуру оценки характеристик транспортного потока и состояния улично-дорожной сети, процедуру измерения шести наиболее вредных компонентов отработавших газов, процедуру измерения уровней шума от транспортного потока, процедуру измерения вредных выбросов в отработавших газах двигателей автомобилей.

Ключевые слова: дорожно-транспортная ситуация, улично-дорожная сеть, вредные выбросы в отработавших газах, транспортных шум, карта шума, организация дорожного движения, аппаратное обеспечение экспериментального исследования, экологические характеристики автомобилей и транспортных потоков.

SURVEYING THE EXISTING ROAD-TRANSPORT SITUATION IN BISHKEK CITY AND DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM (PROCEDURE) OF EXPERIMENTAL STUDY OF THE ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CARS AND TRAFFIC

Davljatov Ulukbek Riskulovich, doctor of technical Sciences, Professor, dep. "AT", KSTU named by I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek c., Ave. Aitmatov 66, Tel: 0771604006, e-mail: uluk-2000@mail.ru;

Dresvyannikov Sergey Yuryevich, candidate of technical Sciences, associate Professor, dep. "AT", KSTU named by I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek c., Ave. Aitmatov 66, Tel: 0777138220, e-mail: sergeydres@mail.ru;

Mamtsev Alexander Nikolaevich, teacher, dep. "AT", KSTU named by I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek c., Ave. Aitmatov 66, Tel: 0558988788, e-mail: alexander_m94@mail.ru.

Abstract. An assessment of the existing traffic situation in Bishkek city and indicators of the length of the elements of the road network are given. The assessment of the negative impact of road transport on the environment by harmful emissions and the level of traffic noise was made. The authors have developed and proposed an algorithm (procedure) for the experimental study of the environmental characteristics of automobiles and traffic flows. Containing certain specific nodal points (observation points) of a pilot study, prepared hardware for an experimental study of the environmental characteristics of vehicles and traffic flows, a procedure for evaluating traffic flow characteristics and the state of the road network, a procedure for measuring the six most harmful components of exhaust gases, a procedure for measuring noise levels from traffic flow, the procedure for measuring emissions in the exhaust gases of the car's engine.

Key words: road traffic situation, street-road network, harmful emissions in exhaust gases, traffic noise, noise map, traffic management, hardware for experimental research, environmental characteristics of cars and traffic flows.

Город Бишкек является не только столицей нашей республики, но и центром, интегрирующим международные, общегосударственные, региональные, городские и местные функции. К тому же, он является крупнейшим транспортным узлом-центром автомобильных перевозок. Здесь сходятся 14 автомобильных дорог, по которым организованы автобусные маршруты пригородного и дальнего сообщения, обеспечиваются перевозки различных видов грузов.

С запада на северо-восток проходит дорога международного значения ЭМ-01 на связи Ташкент – Бишкек - Алматы, в пределах города она проходит по пр. Чуй, пр. Жибек-Жолу и ул. Курманжан Датки, другая международная дорога ЭМ-02 на связи Бишкек – Карабалта – Ош – Иркештам - граница с Китаем. С востока к городу подходит ЭМ-07 международная магистраль Бишкек – Балыкчы – Торугарт, связывающая город с курортной зоной оз. Иссык-Куль, Тянь-Шаньской котловиной и с границей Китая, продолжением ее в городе является пр. Жибек-Жолу. С северо-запада к городу подходит дорога ЭМ-09 Бишкек - аэропорт «Манас», продолжением которой является дорога М-004 аэропорт «Манас» - Камышановка, имеющая выход в Казахстан. Продолжением этой дороги в Бишкеке является ул. Фучика.

В городе для обслуживания пригородных и междугородних перевозок функционируют Бишкекский (западный) автовокзал, Аламединский (восточный) автовокзал, автостанция «Ош» и автостанция «Ак-Жол».

Внутригородские пассажирские перевозки в Бишкеке реализуются сложившейся транспортно-коммуникационной системой, включающей следующие виды массового пассажирского транспорта: автобусы, троллейбусы, а также индивидуальный транспорт (такси, легковые автомобили государственной, муниципальной, частной и др. принадлежности). В Бишкеке суммарно всеми видами городского пассажирского транспорта ежегодно перевозится более 250 млн. пассажиров.

Городские улицы и дороги, объединяющиеся в улично-дорожную сеть, система внешнего и городского пассажирского транспорта, инженерные сети, коммуникации и сооружения представляют собой уникальный комплекс, обеспечивающий жизнедеятельность города, его социально-пространственные взаимосвязи. Транспортная система города несет также и градоформирующую функцию, являясь каркасом планировочной и функциональной структур города.

В результате обследования протяженность улично-дорожной сети г.Бишкек составила 1350,6 км, в том числе протяженность магистральных улиц (общегородского и районного значения и грузового движения) - 238,8 км. Показатели протяженности элементов улично-дорожной сети основной части города, проездов в микрорайонах, улиц и дорог в жилмассивах представлены в табл. 1.

При всех положительных моментах, у автомобильного транспорта, как у комплекса есть и отрицательное воздействие на окружающую среду. Непосредственно одним из отрицательных воздействий считают количество вредных выбросов, выбрасываемых в составе отработавших газов бензиновых двигателей и дизелей транспортных средств. На рис. 1 показан состав отработавших газов бензиновых двигателей и дизелей, и их процентное распределение.

Таблица 1 – Показатели протяженности элементов улично-дорожной сети г. Бишкек (разделенные по функциональному назначению) [1]

Расположение	Общая протяженность, км	Протяженность улиц и дорог, км				
		Магистральные улицы			Улицы местного значения	
		Общегородские	Районные	Грузового движения	Жилые	Внутренние проезды
Основная часть города	813,7	94,6	74,1	56,5	535,3	53,3
Проезды в микрорайонах	21,5					21,5
Улицы и дороги в жилмассивах	515,4		13,6		456,7	45,1
Всего по городу:	1350,6	94,6	87,7	56,5	992,0	119,9
		238,8			1111,9	

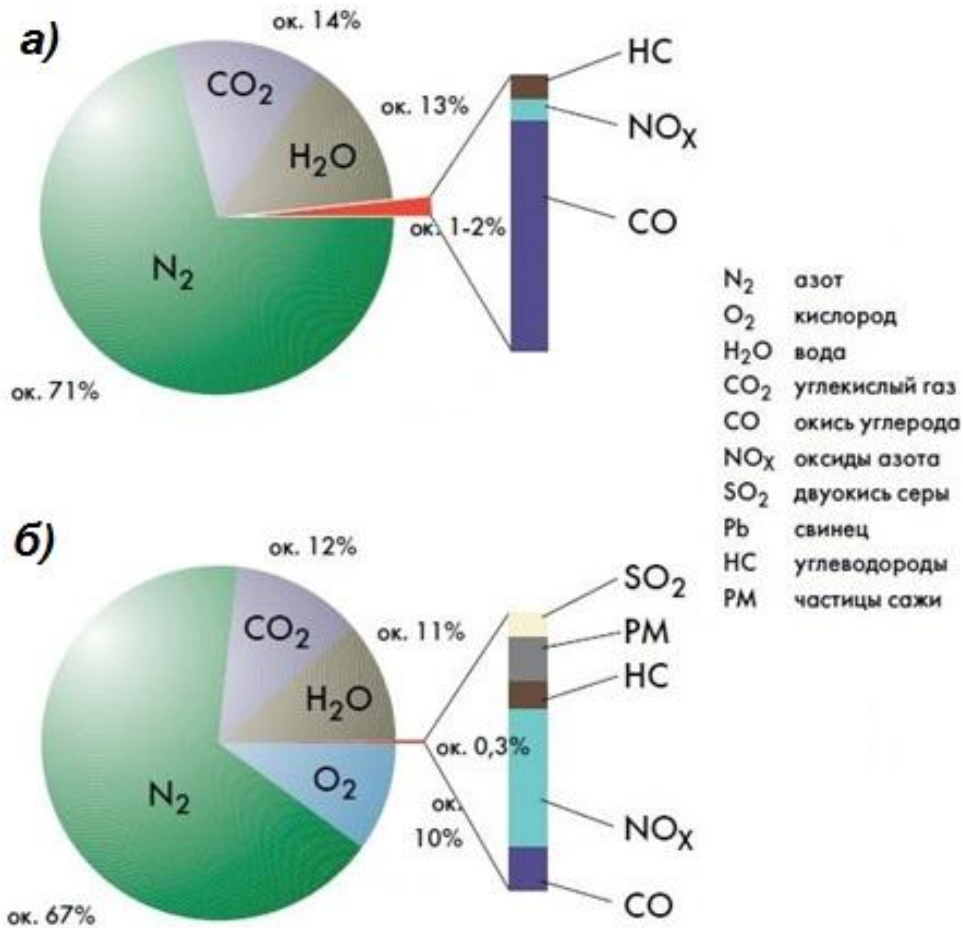


Рисунок 1 – Состав отработавших газов а) бензиновых двигателей и б) дизелей

На следующем рис. 2. представлено процентное распределение выбросов вредных веществ по видам автомобильного транспорта. Распределение представлено для первой группы - легковых автомобилей и для второй группы: автобусов и грузовых автомобилей. Очевидно, по выбросам окиси углерода CO и углеводородов HC лидируют легковые автомобили. В свою очередь автобусы и грузовые автомобили в большей степени выбрасывают оксиды азота NO_x и частицы сажи PM .

Еще одним из отрицательных воздействий автомобильного транспорта является транспортный шум, точнее шум от транспортного потока. Его воздействие измеряется, как это показано на рис. 3 с помощью измерителя шума и вибраций ИШВ-1. Поскольку в транспортном потоке присутствуют автомобили различного класса и состава, а сам транспортный поток обладает интенсивностью, плотностью и скоростью движения, то только расчетным путем определяется общий эквивалентный уровень шума от транспортного потока в определенном сечении улицы или дороги. Как раз этот показатель сравнивают с предельно-допустимым уровнем (ПДУ) шума по гигиеническим нормам, установленным ГОСТами, и тем самым определяется степень его отрицательного воздействия. Для полноты картины на всей территории г. Бишкек авторами были проведены замеры уровня шума в узловых точках улично-дорожной сети, и затем после расчета эквивалентных уровней шума построена карта шума от транспортных потоков на территории г. Бишкек (рис. 4). Карта почти повсеместно демонстрирует превышение ПДУ на 5-15 %.

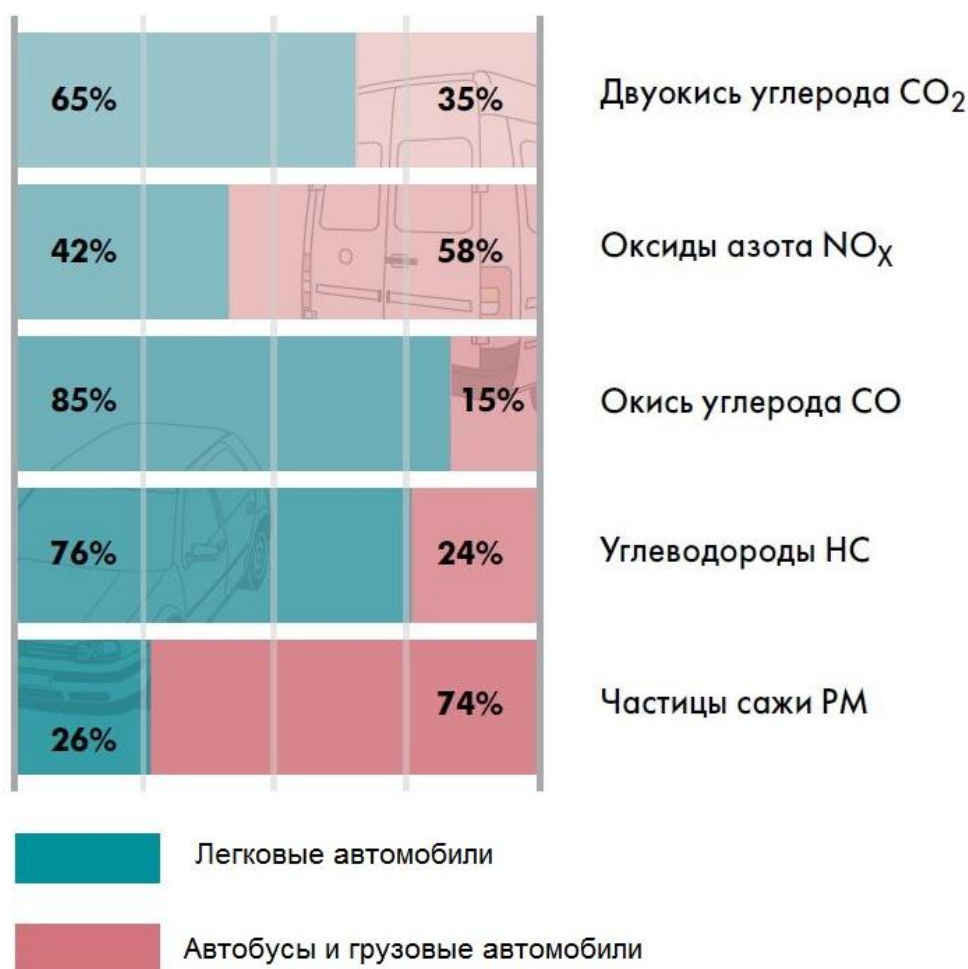


Рисунок 2 - Процентное распределение выбросов вредных веществ по видам автомобильного транспорта



а)



б)

Рисунок 3 - Рабочие моменты измерения уровня шумового воздействия:
а) на пересечении ул. Московская и ул. Советская, б) в микрорайоне Джал



Рисунок 4 - Карта шума от транспортных потоков на территории г. Бишкек (по характерным точкам измерения) [4]

Эти вышеперечисленные виды отрицательного воздействия во многом определяются интенсивностью всех видов перевозок, техническим состоянием парка транспортных средств, развитием видов транспортных услуг, дорожно-транспортной ситуацией, т.е. распределением транспортных потоков по улично-дорожной сети в единицу времени, интенсивностью, плотностью и составом транспортного потока, архитектурно-градостроительной ситуацией и др. [3].

За последние годы резко повысилась подвижность населения, увеличилось количество перевозимых грузов автомобильным транспортом. В этих условиях наблюдается быстрый рост численности автомобильного парка, что может привести к еще большему негативному воздействию на окружающую среду. Как следствие, возросла и интенсивность транспортного потока (рис. 5).

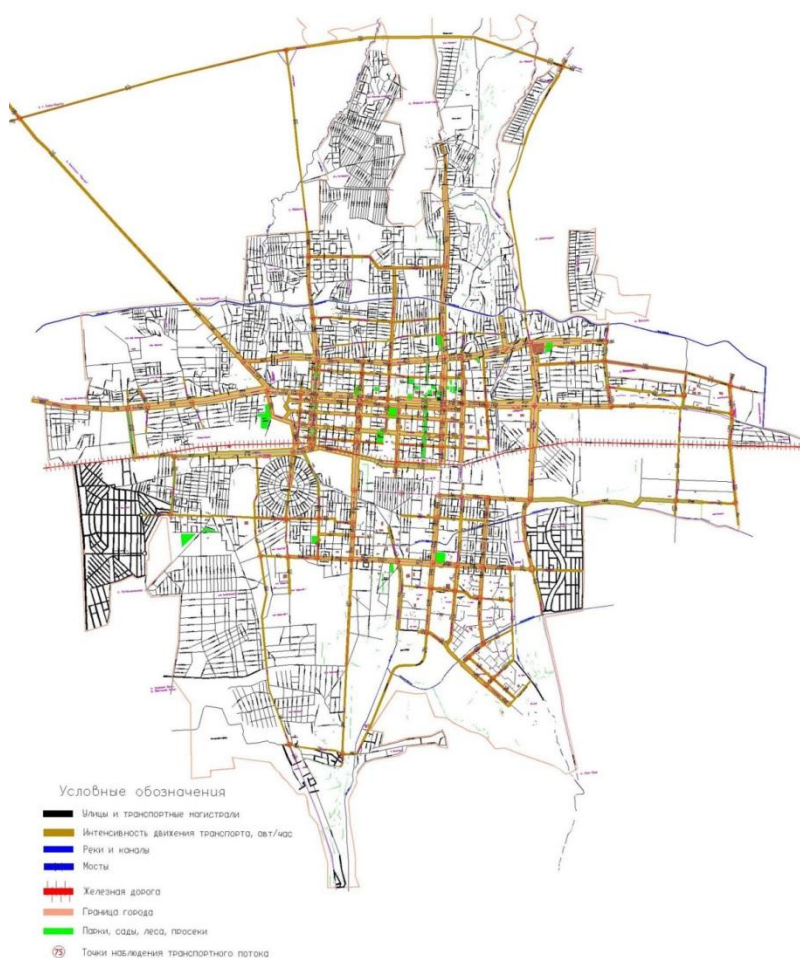


Рисунок 5 – Масштабная картограмма интенсивности транспортных потоков на улично-дорожной сети г. Бишкек (по результатам наблюдений)

Механизм воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду г. Бишкек имеет ряд специфических особенностей:

- массовость и постоянно растущие темпы процесса автомобилизации;
- широкий спектр отрицательных явлений, сопровождающих процесс развития автомобилизации;
- низкие удельные показатели экологической безопасности транспортных средств на единицу выполненной транспортной работы;
- сложности значительного улучшения показателей экологической безопасности в ближайшей перспективе;

- концентрация большого количества транспортных средств на сравнительно ограниченной территории и их массовое проникновение в зоны жилой застройки, трудность локализации неблагоприятных последствий;
- хроническое отставание темпов развития улично-дорожной сети от темпов автомобилизации;
- практически неизменная технология транспортного процесса.

Сочетание этих факторов в определенных условиях приводит по отдельным параметрам к доминирующему воздействию автомобильного транспорта на окружающую среду.

Проведенный анализ развития и функционирования всех основных систем и подсистем городского автомобильного транспорта позволил выявить основные проблемы и болевые точки в развитии транспортной сферы города. Проблема вредного воздействия автомобильного транспорта может быть решена на основе комплексного подхода, включающего совершенствование вариантов технической эксплуатации, организации движения транспортных потоков по улично-дорожной сети города и применение рациональных градостроительных решений.

В настоящий момент Мэрией г. Бишкек и Управлением по капитальному строительству проводятся мероприятия по повышению безопасности, пропускной способности перекрестков, в г. Бишкек заработала система «Безопасный город», разрабатываются новые схемы регулирования и работы светофорной сигнализации. Для оценки данных этих вариантов и разработки новых вариантов с точки зрения экологической безопасности и целесообразности их применения, авторами разработан и предлагается алгоритм (процедура) экспериментального исследования экологических характеристик автомобилей и транспортных потоков.

Во-первых, с учетом специфики определены конкретные узловые точки (пункты наблюдения) проведения экспериментального исследования на территории г. Бишкек близи магистралей и пересечений как показано на рис. 6.

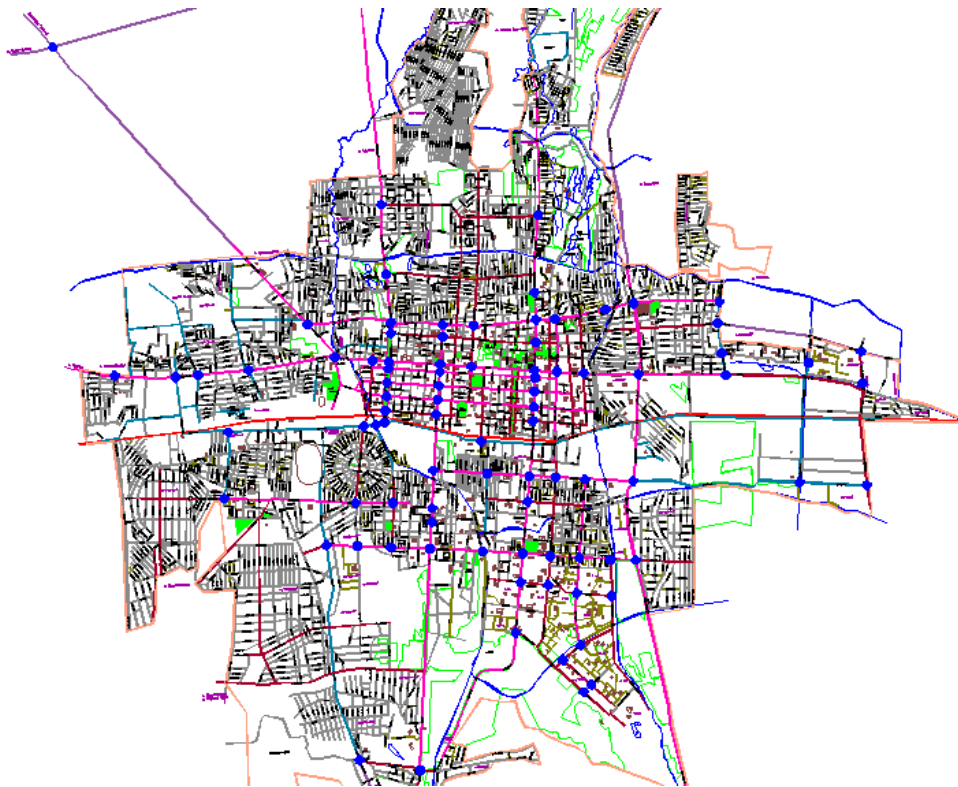


Рисунок 6 - Планируемая расстановка пунктов наблюдения транспортных потоков на территории г. Бишкек

Во-вторых, подготовлено аппаратное обеспечение экспериментального исследования экологических характеристик автомобилей и транспортных потоков (табл. 2). Которое, для повышения мобильности проведения экспериментального исследования установлено на передвижную лабораторию на базе автомобиля Toyota Avensis (рис. 7).

В-третьих, разработана процедура оценки характеристик транспортного потока: интенсивности, плотности, состава и скорости потока, а также состояния улично-дорожной сети: геометрические параметры улиц и дорог, состояния дорог, продольного уклона, типа дорожного покрытия, наличия разделительной полосы между проезжими частями, характера застройки и т. п.

В-четвертых, разработана процедура измерения шести наиболее вредных компонентов отработавших газов на примагистральной территории с помощью переносного шестикомпонентного газоанализатора с принудительным пробоотбором в выбранных узловых точках.

В-пятых, разработана процедура измерения уровней шума от транспортного потока по общепринятой методике измерения в выбранных узловых точках [2].

В-шестых, разработана процедура измерения в отработавших газах двигателей автомобилей объемной доли оксида углерода (CO), углеводородов (CH) (в пересчете на гексан), диоксида углерода (CO₂), кислорода (O₂), окислов азота (NO_x) автомобильным 5-ти компонентным газоанализатором «Инфракар 5М-2Т.01».

Таблица 2 - Аппаратное обеспечение экспериментального исследования экологических характеристик автомобилей и транспортных потоков

№ п.п.	Наименование оборудования	Внешний вид оборудования
1.	Сенсон-М-3007-6 (технологическая модель) переносной шестикомпонентный (4 измеряемых газа, 2 оптических сенсора на CO ₂ и CH) газоанализатор с принудительным пробоотбором	
2.	Измеритель шума и вибраций ИШВ-1	
3.	Автомобильный 5-ти компонентный газоанализатор «Инфракар 5М-2Т.01» предназначен для измерения объемной доли оксида углерода (CO), углеводородов (CH) (в пересчете на гексан), диоксида углерода (CO ₂), кислорода (O ₂), окислы азота (NO _x) в отработавших газах двигателя автомобиля	
4.	Оборудование для видеофиксации характеристик транспортных потоков и проведения исследования (квадрокоптер с видеокамерой высокого разрешения), видеокамеры, подставки-держатели)	
5.	Ноутбук для обработки экспериментальных данных (с поддержкой питания)	



Рисунок 7 – Передвижная лаборатория на базе автомобиля Toyota Avensis с установленным аппаратным обеспечением экспериментального исследования экологических характеристик автомобилей и транспортных потоков

Библиографический список

1. Дресвянников С.Ю., Кульбатыров Д.Б. и др. Генеральный план города Бишкек. Книга 3. Транспорт. Телекоммуникации. Том III. Генеральный план г. Бишкек на период до 2025 г. КыргызНИИП градостроительства. Бишкек, 2006. – 43 с.
2. Экологическая безопасность транспортных потоков / [А.Б. Дьяков, Ю.В. Игнатьев, Е.П. Коньшин и др.]. – М.: Транспорт, 1989. – 128 с.
3. Луканин В.Н., Буслаев А.П., Яшина М.В. Автотранспортные потоки и окружающая среда - 2: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.Н. Луканина. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 646с.
4. Оценка шума наземных источников. Шумовое загрязнение города Бишкек. Генеральный план города Бишкек. Презентационный том. Комплексная оценка современного состояния города Бишкек. КыргызНИИП градостроительства. Бишкек, 2005. – 281 с.

УДК 621.791

МИКРОПЛАЗМАЛЫК ЖАБДЫК

Жумалиев Ж.М. т.и.к., «Машине куруунун технологиясы» кафедрасынын доценти, e-mail: Zhumaliev.zhekshen@gmail.com;

Аблакаев А.Б. МиР (б) 1-16 тайпасынын студенти.

И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети, Бишкек ш., Кыргыз Республикасы

Аннотация. Бул статьяда, плазма жаасын алуу максатында жургузулгон изилдоолордун натыйжасында, керектен чыгарылган турмуш-тиричилик электр приборлорунан чыгарылып алынган дээрлик бекер комплектоочу материалдардан куралган,

озубуз иштеп чыгып, оз колубуз менен чогултулган микроплазмалык жабдыктын суроттолушу жана иштоо принциби келтирилген.

Ачкыч сөздөр: плазма, плазмотрон, электрод, трансформатор, жаа.

МИКРОПЛАЗМЕННАЯ УСТАНОВКА

Жумалиев Ж.М., к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения», КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: Zhumaliev.zhekshen@gmail.com;

Аблакаев А.Б., студент группы МуР(б) 1-16, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66.

Аннотация. В данной статье приведены описание и принцип работы микроплазменной установки разработанного и изготовленного нами в результате проведенных исследований с целью получения плазмы на базе недорогих почти бесплатных комплектующих материалов из утилизированных бытовых электрических приборов.

Ключевые слова: плазма, плазмотрон, электрод, трансформатор, дуга.

MICROPLASMA INSTALLATION

Zhumaliev Zh.M., Ph.D., associate Professor of "Engineering technology", KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave. 66, email: Zhumaliev.zhekshen@gmail.com

Ablakaev A.B., student MuP(б) 1-16. Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Republic of Kyrgyzstan

Abstract. This article provides a description and principle of operation of the device for producing a plasma arc developed and manufactured by us as a result of the research conducted in order to produce plasma based on inexpensive, almost free component materials from reclaimed household electrical appliances.

Keywords: plasma, plasma torch, electrode, transformer, arc.

Как нам известно, что плазма - это четвертое состояние вещества и в наземных условиях применяются низкотемпературная плазма, температура которой достигает до 20000-30000 градусов Цельсия. В настоящее время плазменная технология благодаря своей уникальности и высокой технологичности имеет широкое применение в различных отраслях машиностроения и является актуальным направлением.

Целью нашей научной работы является, разработка лабораторной установки для получения плазменной дуги с применением доступных, недорогостоящих и почти бесплатных комплектующих материалов, снятых из утилизированных бытовых электроприборов и исследование свойства плазменной дуги.

Для достижения вышеуказанной цели поставлены следующие задачи:

1) Путем проведения необходимых расчетов, создание оптимальной электрической схемы обеспечивающий получении плазменной дуги на базе выбранных комплектующих материалов.

2) Собрать устройство согласно разработанной схеме и получить плазменную дугу для проведения исследования.

С целью решения поставленной задачи путем проведения необходимых расчетов мы изготовили последовательно следующие составные части нашей установки. Это как показано на рисунках, компрессор и резервуар для подачи плазмообразующего газа (воздуха) с давлением в пределах 6 атмосфер и расходом до 3 литров в минуту, а также блок питания, система охлаждения и плазменная головка (плазмотрон), что являются необходимыми техническими условиями для получения плазменной дуги. Разработанная нами микроплазменная установка требует дальнейшего усовершенствования и проведения исследовательской работы.

В настоящее время получение плазмы с применением высокого напряжения является одним из актуальных направлений машиностроения. Плазма непосредственного пьезоразряда является типом низкотемпературной, неравновесной плазмы генерируемой непосредственным разрядом высоковольтного пьезотрансформатора в атмосфере рабочего газа в широком диапазоне давлений, включая атмосферное, что увеличивает ее степень применения. В основе генератора плазмы непосредственного пьезоразряда лежит пьезотрансформатор, вторичная цепь которого одновременно является электродом высокого напряжения, через который протекает разряд создающий плазму.

Ниже приведены схемы, фотографии составных частей, общий вид, а также экспериментальный запуск микроплазменной установки.

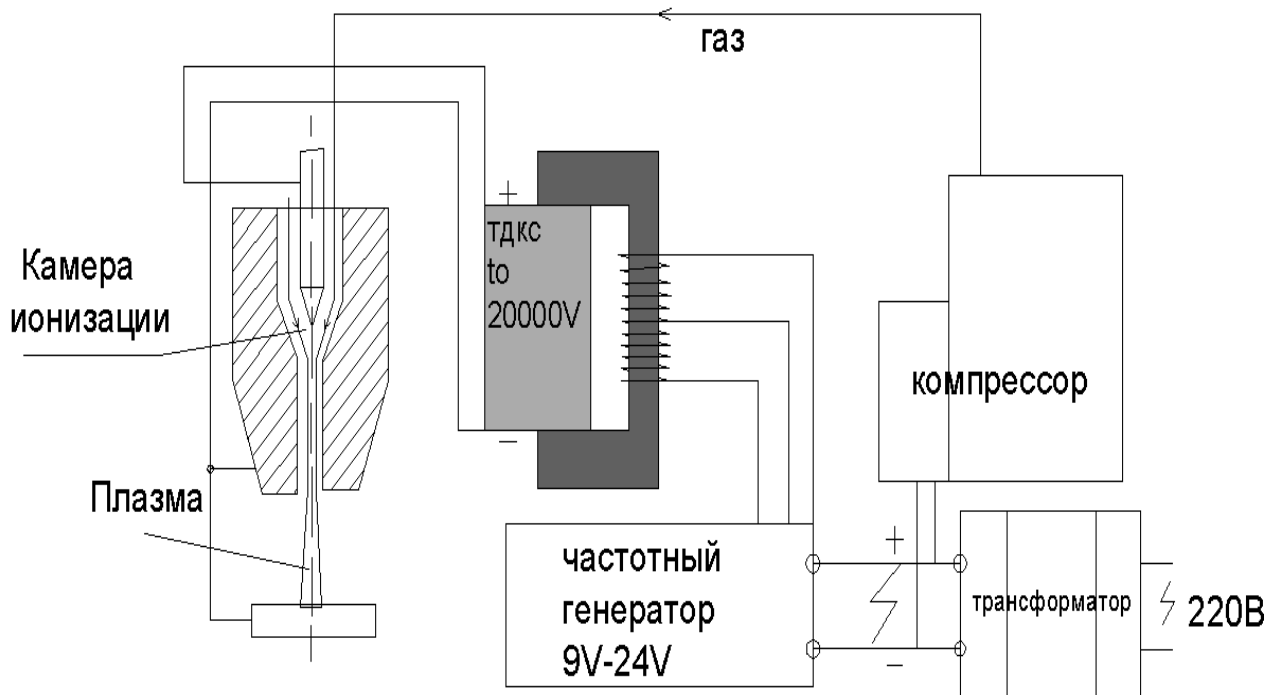
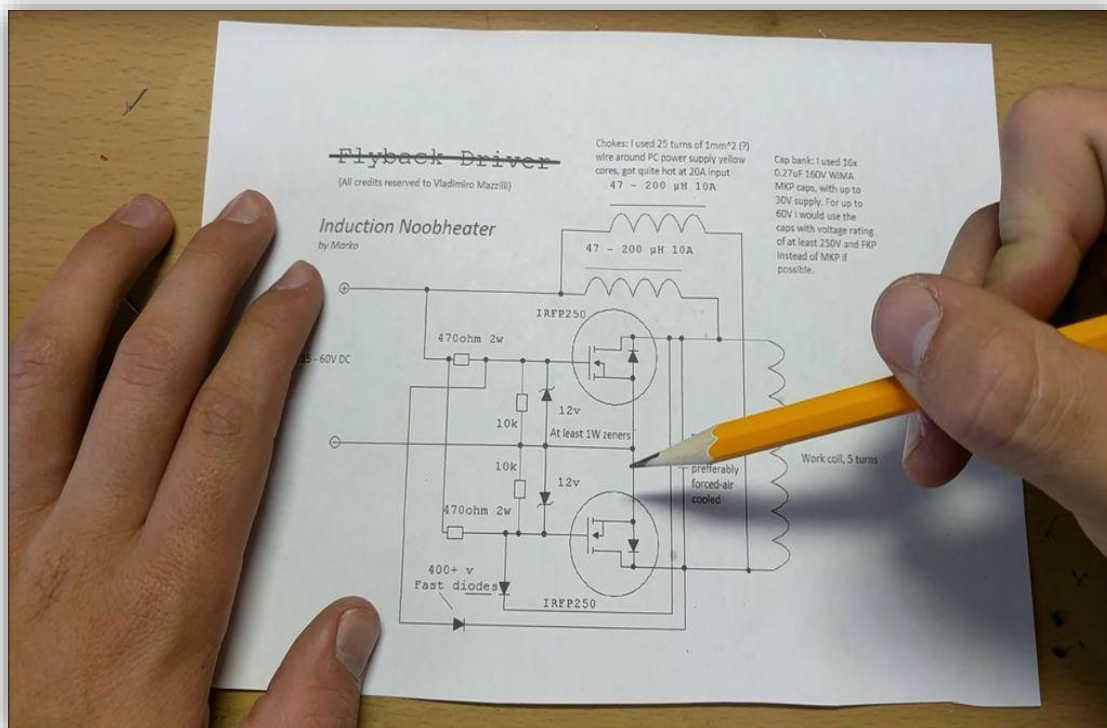


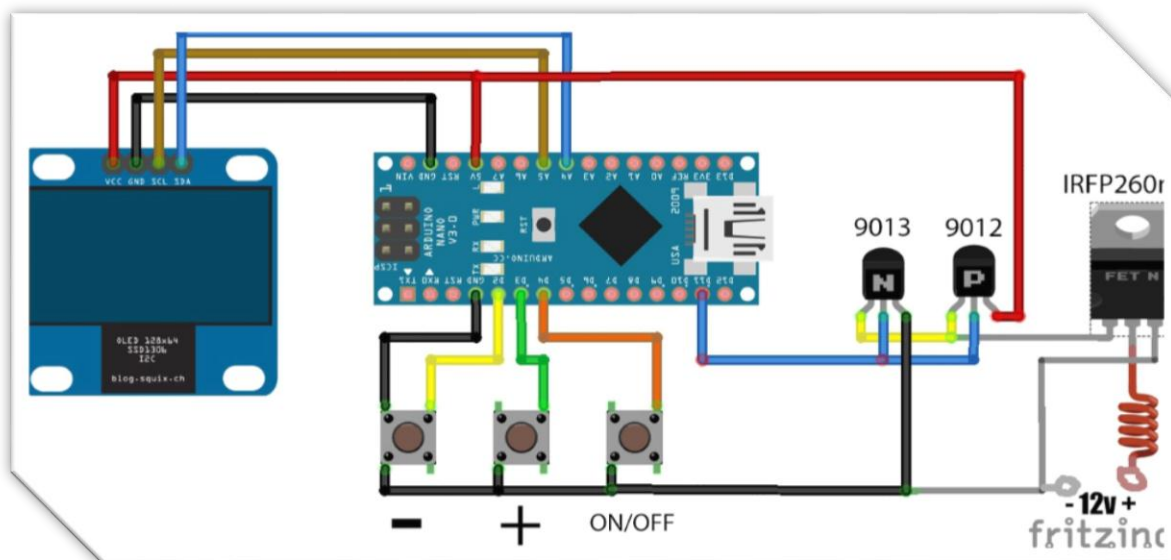
Схема микроплазменной установки.

В данной схеме показан процесс работы микроплазменной установки, что при этом с помощью трансформатора рассчитанный на 220 вольт подается напряжения на частотный генератор. При этом частотный генератор способствует с помощью катушки индуктивности зажечь внутри плазмотрона между катодом и соплом дежурную дугу и в последующем при подачи с помощью компрессора плазмообразующего воздуха, образованию плазменной дуги. Полученная плазменная дуга может быть использована при резке, сварке, напылении, наплавке, а также при термической обработке металлов и различных материалов.



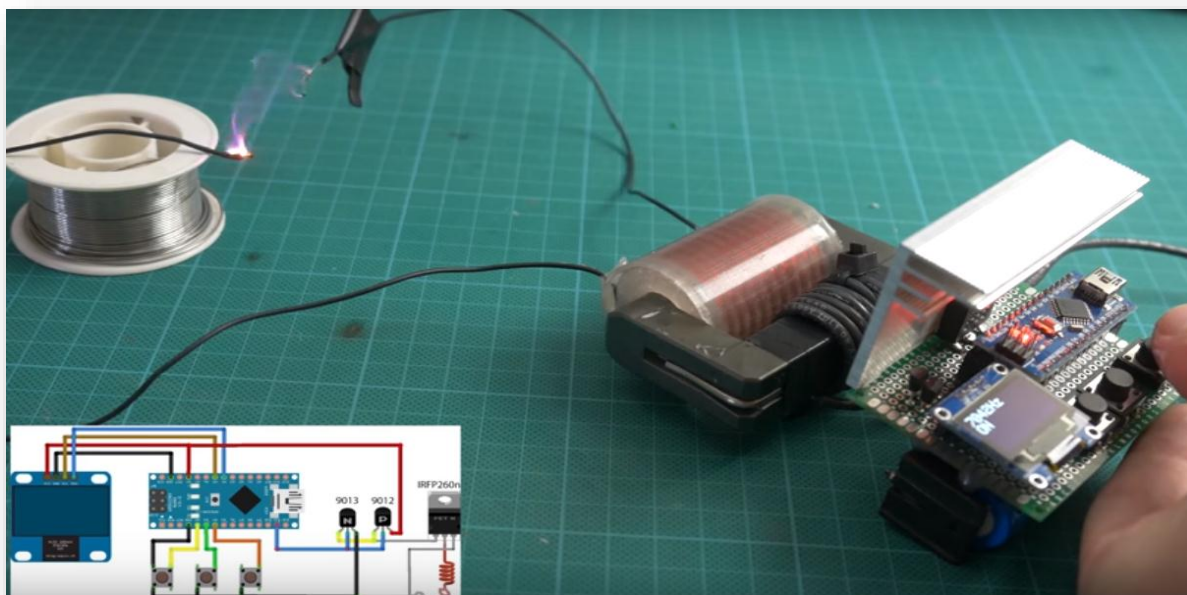
Электрическая схема частотного генератора.

Данная электрическая схема, в которую мы внесли небольшое изменение, связанное с некоторыми расчётами для получения дежурной дуги, была использована при разработке нашей микроплазменной установки.



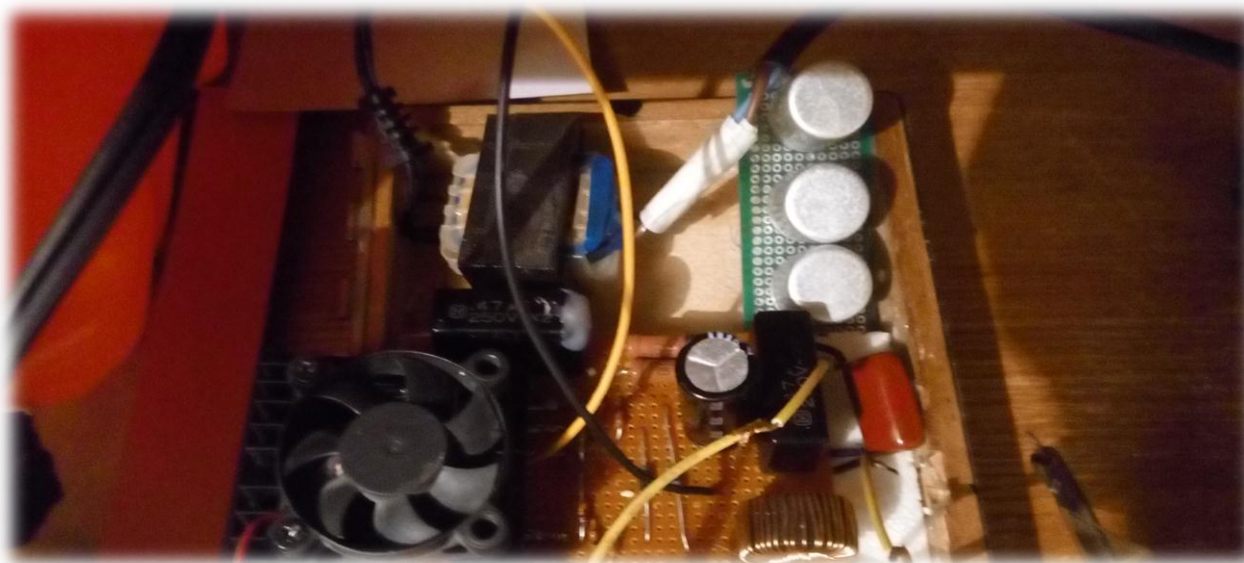
Частотный генератор: на базе ардуино.

Генератор частоты на ардуино способствует преобразованию электрической энергии источника постоянного тока в энергию, не поддающуюся затуханию, для расчета и частоты и образованной формы электрических колебаний. Данный генератор мы применили для регулирования длины плазменной дуги.



Процесс получения дуги с помощью ардуино.

На этой фотографии показан предварительный экспериментальный процесс получения плазменной дуги с помощью генератора частоты на ардуино согласно модернизированной нами электрической схеме источника питания нашей установки.



Система охлаждения Fly Dr.

При работе разработанной нами микроплазменной установки предусмотрено система охлаждения электронных комплектующих от их перегрева путем принудительного обдува с помощью микровентилятора, так как перегрев, как и в других таких установках может привести к сбою их работы.



Система подачи плазмообразующего воздуха с помощью компрессора

Как было выше замечено о том, что наша установка было собрана из доступных комплектующих материалов снятых из утилизированных бытовых электроприборов, что мы показали в данной фотографии систему подачи плазмообразующего воздуха состоящий из электрического насоса для подкачки шин, а также герметичная пластиковая ёмкость в качестве ресивера для сжатого воздуха.



Общий вид устройства с плазмотроном.



Экспериментальный запуск микроплазменной установки.

В данной фотографии показано, как мы осуществили запуск разработанной нами микроплазменной установки в лабораторных условиях кафедры «Технологии машиностроения».

Вывод:

- В результате проведенных исследований была разработана микроплазменная установка для получения плазмы.
- Полученная нами плазма имеет широкий спектр применения в таких сферах машиностроения как напыления, наплавка, сварка, резка металлов и различных материалов.
- Разработанная нами микроплазменная установка может быть применена для проведения лабораторных работ по дисциплинам машиностроительных направлений.

Список использованной литературы

1. Жумалиев Ж. М. К расчету технологических параметров процесса плазменной резки металлов С. К. Кыдыралиев, Ж. М. Жумалиев. Известия ВУЗов. М.: Машиностроение. № 7-9.1991- с.103-106
2. Васильев К. В. Воздушно-плазменная резка К. В. Васильев. М.: Машиностроение, 1976. – 31 с.
3. Соснин Н. А., Ермаков С. А., Тополянский П. А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. Изд-во Политехнического ун-та. СПб.: 2013. - 406 с.

УДК: 65.011.46:656.025.4:338.436.33(575.2)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Абдылдаев Чынгыз Сагынбекович, старший преподаватель кафедры «Организации перевозок и безопасности движения», КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек,

Давляттов Улукбек Рыскулович, доктор технических наук, профессор, академик ИА КР, заведующий кафедрой «Автомобильный транспорт», КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр.Ч.Айтматова 66. Тел: 0312-54-51-78, 0509 952-121, uluk-2000@mail.ru.

Аннотация. В статье проведен анализ состояния подвижного состава для грузовых автомобильных перевозок. Приведены результаты анализа грузовых транспортных средств по грузоподъемности и типам кузовов в Чуйской области, роль и значение логистического центра в экономике страны, рекомендации для улучшения данных секторов в Кыргызской Республике.

Ключевые слова: грузовые автомобильные перевозки, грузовые транспортные средства, агропромышленный комплекс, логистический центр.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF CARGO TRANSPORTATION IN THE AGRICULTURAL COMPLEX OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Abdyldaev Chyngyz Sagynbekovich, Senior Lecturer of the Department "Organization of traffic and traffic safety", Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch.Aytmatova Ave. 66. Tel: 0312-54-51-39, 0555 997- 699, Chyngyz15@mail.ru ORCID ID 0000-0003-4194-0288;

Davlyatov Ulukbek Ryskulovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of IA KR, Head of the Department of Automobile Transport, I. Razzakov State Technical University, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch.Aymatova Ave. 66. Tel: 0312-54-51 -78, 0509 952-121, uluk-2000@mail.ru.

Annotation. The article analyzes the state of the rolling stock for road freight transport. The results of the analysis of freight vehicles by carrying capacity and body types in the Chui region, the role and importance of the logistics center in the country's economy, recommendations for improving the data sectors in the Kyrgyz Republic are presented.

Keywords: road freight transport, cargo vehicles, agro-industrial complex, logistics center.

Введение.

В силу имеющихся специфических природно-географических особенностей Кыргызстана основным видом транспорта является автомобильный транспорт, обеспечивающий 95% от общего объема грузовых и 97% – пассажирских перевозок. Значение автомобильного транспорта на сегодняшний день остается важнейшим фактором устойчивого социально-экономического развития страны, одним из главных инструментов в решении экономических и социальных задач республики.

В период с 1990 по 2005 годы в Кыргызской Республике отмечено падение объемов грузовых перевозок всеми видами транспорта, в том числе падение объемов перевозок на автомобильном транспорте.

Катастрофическое падение объемов грузовых перевозок явилось следствием ухудшения общей социально-экономической ситуации на постсоветском пространстве и в Кыргызской Республике в частности. На протяжении продолжительного периода времени наблюдался общий промышленный спад, ухудшения в агропромышленном секторе экономики. Имевшиеся технологические и производственные связи были разорваны.

Эта ситуация самым негативным образом сказалась на транспортной отрасли республики. Созданная в советский период система организации грузовых автомобильных перевозок, технического обслуживания и ремонта подвижного состава была практически полностью разрушена. Крупные автотранспортные предприятия на протяжении непродолжительного периода путем многочисленных трансформаций были уничтожены.

Начиная с середины двухтысячного года, постепенно транспорт в республике стал оживать. Объемы перевозок всеми видами транспорта, в частности на автомобильном транспорте стали постепенно расти. Этому способствует улучшение социально-экономического состояния страны. Увеличение перевозок грузов, на масштабных проектах страны, такие как, реконструкция и строительство крупнейших проектов в энергетическом секторе, строительство крупных проектов в дорожной отрасли, проекты доступного жилья и другие.

Цели работы – учитывая вышеизложенное важно провести анализ состояния подвижного состава для грузовых автомобильных перевозок, определить роль и значение логистических центров в агропромышленном комплексе страны.

Анализ состояния подвижного состава для грузовых автомобильных перевозок.

Альтернативы автомобильному транспорту у республики нет, и в ближайшие годы не предвидится. В основе организации грузовых автомобильных перевозок лежат две составляющие: подвижной состав (автотранспортные средства) и дорожная инфраструктура.

Для осуществления эффективных грузовых автоперевозок необходима оценка имеющегося подвижного состава республики, его технико-экономических параметров и технического состояния от которых напрямую зависит организация грузовых перевозок.

На сегодняшний день согласно данным Департамента регистрации транспортных средств и водительского состава при Государственной регистрационной службе при Правительстве Кыргызской Республики автомобильный парк Кыргызской Республики превысил 1 млн. автотранспортных средств, из которых основную долю, как и во многих странах мира, оставляют легковые автомобили, используемые для индивидуальных поездок и в пассажирских таксомоторных перевозках [1].

В хозяйственной деятельности для перевозочного процесса используется только грузовые автомобили с различными типами кузовов. На сегодняшний день в Кыргызстане состоит на учете более 120 тысячи грузовых автомобилей, при этом подавляющее количество автомобилей было зарегистрировано за физическими лицами (более 85%). При этом статистические данные свидетельствуют о стремительном старении грузового автопарка республики. У основной доли грузовых автомобилей срок эксплуатации превышает 15 лет (более 60%), при этом доля автомобилей со сроком эксплуатации до 5 лет не превышает 3%, а со сроком эксплуатации от 5 до 10 лет порядка 5%. Значительная часть грузового автотранспорта зарегистрирована в Ошской области включая г.Ош (30%), в Чуйской области (18%) и в г.Бишкек (18%) [2].

При этом следует учитывать, что транспортные средства независимо от места регистрации могут эксплуатироваться на всей территории Кыргызской Республики и приведенные данные являются оценочными. Кроме того следует учитывать, что часть зарегистрированных автомобилей не участвует в дорожном движении по причине технической неисправности. Объективные данные по данному вопросу в настоящее время отсутствуют.

Например, основным видом грузовых транспортных средств в Чуйской области являются грузовые автомобили грузоподъемностью от 1,5 до 7,0 тонн (рис. 1).

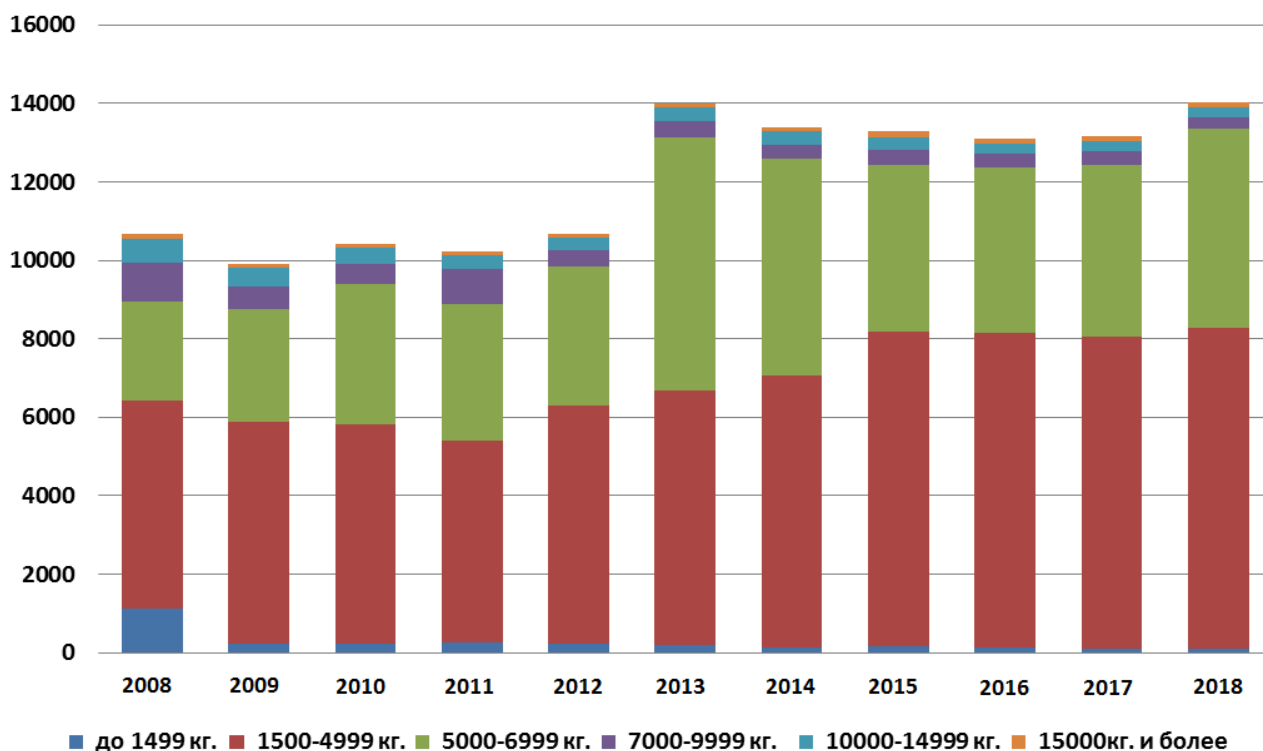


Рисунок 1. Парк грузовых автотранспортных средств Чуйской области (по грузоподъемности).

Основными типами кузовов грузовых транспортных средств в Чуйской области являются грузовые бортовые автомобили, самосвалы, фургоны (рис. 2).

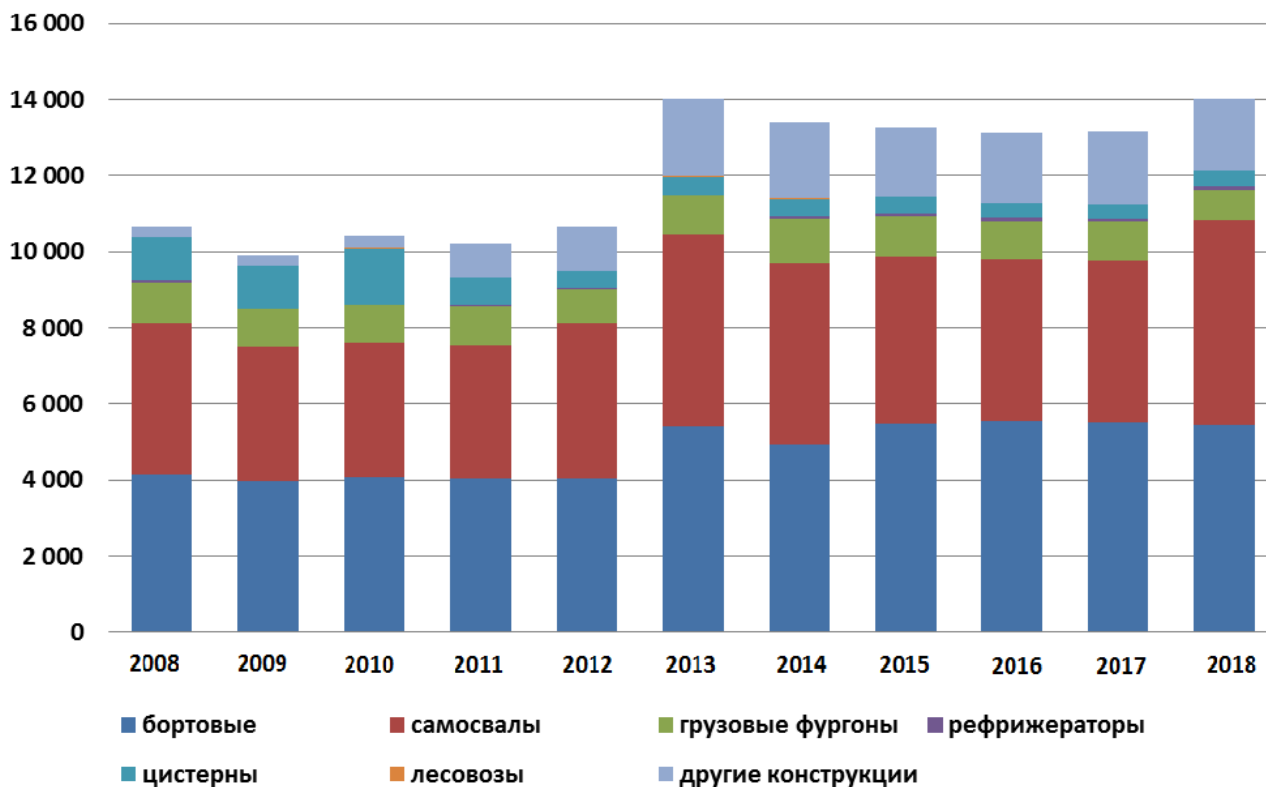


Рисунок 2. Парк грузовых автотранспортных средств Чуйской области (по типу кузова).

Основу грузового автопарка Кыргызской Республики на протяжении длительного времени составляли бортовые автомобили ГАЗ-53А, ЗиЛ-130-76, КамАЗ-5320, МАЗ-5335 и их модификации, в том числе со специальными и специализированными кузовами. В сегменте автомобилей малой грузоподъемности на протяжении многих десятилетий практически не было альтернативы автомобилям ИЖ-2715 и УАЗ-452.

В настоящее время в силу различных обстоятельств модельный ряд эксплуатируемых грузовиков существенно изменился. Автопарк республики пополнился грузовыми автомобилями дальнего зарубежья, который существенно потеснил ранее эксплуатируемые автомобили советского производства, а позднее производства стран СНГ. Широкое распространение получили малотоннажные автомобили «Hyundai-Porter», «Mercedes-Benz».

В сегменте грузовых автомобилей большой грузоподъемности также основу стали составлять автомобили европейского производства (Mercedes-Benz, Volvo, DAF, MAN, Scania, IVEKO), производства Китая (Howo, Dongfeng, FAW, Foton, Xin Kai, ChengGong), а также грузовики производства США (Freightliner, Kenworth).

Логистический центр - сектор агропромышленного комплекса.

Агропромышленный комплекс – состоит из трех секторов.

1. Производство - вид продукции, объем продукции, где выращено и т.д;
2. Хранение - погреба, склады, логистические центры;
3. Перевозка - грузовыми автомобильными и другими видами транспорта.

В данной статье рассматриваются сектора хранения продукции, в частности в логистических центрах, а также перевозка данной продукции, посредством грузовых автомобилей.

Каждая область Кыргызстана характеризуется производством конкретных сельскохозяйственных продуктов.

- Талас (бобовые, овощи, фрукты и продукты животноводства);
- Чуй (овощи, фрукты и ягоды);
- Ыссык-Куль (яблоки, абрикос и картофель);
- Нарын (продукты животноводства, картофель);
- Ош (овощи и фрукты, продукты животноводства);
- Джалал-Абад (овощи и фрукты);
- Баткен (абрикос, овощи, фрукты и сухофрукты).

При рассмотрении агропромышленного комплекса необходимо исследовать логистический центр, где будет консолидироваться продукция. Ниже рассмотрим, для чего нужен логистический центр:

1. Снижение цены на сельскохозяйственную продукцию:

а) сокращение пост урожайных потерь – при не надлежащем хранении продукции у себя во дворе, в погребах (потери составляют до 40%);

б) ценообразование, не смотря на сезонность продукции – в нашей стране производители продукции массово продают по дешевой цене, когда идет уборка урожая, это ухудшает состояние фермеров-производителей. Ближе к весне или когда уменьшаются запасы продукции, цена на нее возрастает в разы, это влияет на бюджет конечного потребителя. Тогда как в Европе и других развитых странах, цена на продукцию в течение года не меняется. Это достигается путем хранения всей продукции в логистических центрах и равномерным распределением ее в течение года, где не будет дефицита и роста цен.

в) позволит реализовать продукцию, минуя посредников на рынке, что позволит фермерам продавать продукцию по хорошей цене. Также будет выгодно и для конечных потребителей.

2. Будет способствовать конкуренции, в итоге получим качественную продукцию.

3. Систематизация всей цепочки движения продукции, от поля до потребителей (информационное обеспечение), кто вырастил, какие семена использованы, где выращено,

какие удобрения использованы, какой объем, как перевозили, хранили, куда реализовали и т.д.

4. Оптимизировать цепочку транспортной составляющей (транспортная логистика).

5. Предоставление большого объема, качества, сорта, сертификата.

6. Возможность получить широкий спектр логистических услуг в одном месте (хранение, обработка, упаковка, страхование, таможенные, налоговые, банковские услуги, лаборатории, перевозка продукции).

Выводы.

Необходимость обновления грузового парка транспортных средств связана также с несоответствием его сложившемуся к настоящему времени потребительскому спросу на рынке транспортных услуг по типу кузова и грузоподъемности.

Несоответствие парка подвижного состава требованиям рынка транспортных услуг приводит к не эффективному использованию подвижного состава. В одном случае доход теряется из-за отсутствия или нехватки нужных автомобилей, в другом случае автомобили простаивают по причине отсутствия заказов.

Физический износ транспортных средств влечет за собой снижение уровня безопасности транспортного процесса, рост транспортных издержек, может стать причиной возникновения определенного дефицита провозных возможностей в отдельных частях транспортной системы.

Государству необходимо разработать систему льгот для приобретения новых грузовых автомобилей (снижение ставок по лизингу, временные налоговые послабления) [3].

Необходимо при рассмотрении логистических центров, учитывать транспортную логистику для снижения издержек.

Необходимо разработать концепцию по оптимальному размещению логистических центров в стране с привлечением, ученых, государственных служащих, инвесторов и др.

Внутри страны необходимо создать взаимодействие логистических центров, с информационно-аналитическими центрами.

Список литературы

1. Государственная регистрационная служба. <https://grs.gov.kg>
2. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. www.stat.kg
3. Электронный ресурс. <https://gruzovoy.ru>

ТРАНСПОРТНАЯ ДОСТУПНОСТЬ СЕЛЬСКИХ РАЙОНОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ КАК ФАКТОР ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ЛОЯЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Волкова Наталья Викторовна

Бийский технологический институт (филиал)

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»,

кафедра экономики предпринимательства

volkova.nv@bti.secna.ru

Аннотация. В статье проводится проверка гипотезы, в соответствии с которой территориальная лояльность сельского населения находится в прямой зависимости от транспортной доступности территории. В качестве индикаторов территориальной лояльности рассматриваются два показателя: миграционный и естественный прирост населения. Транспортная доступность оценивается с двух точек зрения: рассчитываются показатели потенциальной и транспортной ценовой доступности. По результатам проведенного анализа сделан вывод о том, что миграционный прирост населения сельских районов Алтайского края не зависит от транспортной доступности территории. В то же время между естественным

приростом населения района и транспортной доступностью его районного центра существует слабая прямая связь.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-010-00233 «Факторы территориальной лояльности жителей сельских поселений (на примере Алтайского края)».

Ключевые слова: территориальная лояльность, транспортная доступность, миграционный прирост, естественный прирост, сельские территории.

TRANSPORT ACCESSIBILITY OF THE ALTAI RURAL DISTRICTS AS A FACTOR OF TERRITORIAL LOYALTY OF THE POPULATION

Volkova Natalia

Biysk Technological Institute – a branch of the Polzunov Altai State Technical University,

Department of Business Economics

volkova.nv@bti.secna.ru

Abstract. The article tests the hypothesis according to which the territorial loyalty of the rural population is directly dependent on the transport accessibility of the territory. Two marks are considered as indicators of territorial loyalty: migration and natural population growth. Transport accessibility is estimated from two points of view: indicators of potential and transport price availability are calculated. According to the results of the analysis, it was concluded that the migration increase in the population of Altai rural areas does not depend on the territory transport accessibility. At the same time, there is a weak direct link between the natural increase in the population of the district and the transport accessibility of its district center.

The reported study was funded by RFBR according to the research project № 19-010-00233 «Factors of territorial loyalty of rural settlements residents (on the example of the Altai Territory)».

Key words: territorial loyalty; transport accessibility; migration increase; natural population growth; rural areas.

Введение. Не секрет, что, несмотря на проводимую работу по развитию сельских территорий через федеральные целевые программы, качество жизни их жителей продолжает оставаться низким. В начале 2019 г. в докладе министра сельского хозяйства Д.Н. Патрушева было отмечено, что многие значимые индикаторы социально-экономического развития села существенно отстают от городских: «Уровень безработицы на сельских территориях достигает 8 %, тогда как в городе этот показатель составляет 4,3 %. Доля сельского населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума – 20 %. В городе – 11,2 %. Более 67 % жилищного фонда в сельской местности оборудовано не всеми видами благоустройства, в городе – менее 21 %. 400 тысяч сельских школьников вынуждены обучаться в две и даже три смены. Нормативным требованиям отвечают только 53 % местных и немногим более 43 % региональных дорог. Менее 63 % сельских домохозяйств имеют персональный компьютер, тогда как в городе показатель – 78,3 %. И чуть более половины домохозяйств имеют скоростной доступ в интернет, в городе – порядка 80 %. На сегодняшний день в значительном повышении уровня жизни нуждаются более 37 миллионов сельских жителей – более четверти всего населения Российской Федерации» [5]. И как результат: «Сельское население за 10 лет сократилось на 500 тысяч человек» [5].

Не способствуют повышению качества жизни сельского населения и специфические характеристики социальной инфраструктуры сельских территорий [4, с. 8]:

- измельченность и рассредоточенность предприятий и учреждений социальной инфраструктуры, обусловленные характером сельского расселения;

- размещение на селе в основном низовых звеньев инфраструктурных отраслей;
- более низкая по сравнению с городом удельная обеспеченность населения основными непродовольственными фондами, худший качественный состав материально-технического обеспечения и кадрового потенциала.

И ситуация в ближайшее время, скорее всего, не изменится в связи с низкой рентабельностью объектов социальной инфраструктуры [4, с. 8].

Зачастую, качественные социальные услуги для сельского населения доступны только в расположенном неподалеку городе, и, как правило, чем крупнее город, тем более качественные и разнообразные услуги можно получить. Однако, как уже было отмечено выше, доходы сельского населения ниже, чем городского, а для получения доступа к городским объектам социальной инфраструктуры сельские жители должны решить задачу проезда до города, понести транспортные расходы. И, как показывают исследования, сложность решения этих задач иногда становится причиной того, что сельские жители в итоге принимают решение о смене места жительства.

Соответственно, **цель представленной работы** – проведение анализа влияния транспортной доступности сельских территорий на величину миграционного и естественного прироста, которые рассматриваются в качестве индикаторов территориальной лояльности [2, с. 13–14]. Объектом исследования являются сельские районы Алтайского края.

Необходимо сразу пояснить, что в работе представлена оценка транспортной доступности только сельских поселений, являющихся административными центрами районов Алтайского края, и только с позиции автобусного сообщения. Иные виды транспорта, а также внутрирайонное сообщение не учитывалось (следует отметить, что в настоящее время внутрирайонные перевозки в Алтайском крае практически отсутствуют).

Информационную базу исследования составляют статистические данные о величине миграционного потока [6], а также материалы экспедиций, реализованных в 2018 г. при финансовой поддержке РФФИ в рамках реализации научно-исследовательского проекта «Состояние дорожной сети как фактор социально-экономического развития сельских территорий (на примере Алтайского края)» (проект 18-010-00701А).

Методика оценки транспортной доступности. Анализ автобусного сообщения сельских районов Алтайского края был проведен в двух аспектах:

- во-первых, с точки зрения самой возможности уехать из районного центра регулярными автобусными маршрутами и вернуться обратно (показатель потенциальной транспортной доступности);

- во-вторых, с экономической точки зрения – с учетом цены проезда и средней заработной платы в районе (показатель ценовой транспортной доступности).

Показатель потенциальной транспортной доступности $TД_{п}$ характеризует возможности жителей района приехать в столицу субъекта Российской Федерации и ближайший город (показывает количество регулярных автобусных рейсов на 100 км пути):

$$TД_{п} = \frac{100R_k}{L_k} + \sum_l \frac{100R_l}{L_l}, \quad (1)$$

где R_k – число пар регулярных автобусных рейсов из районного центра в столицу субъекта Российской Федерации и обратно;

L_k – расстояние от районного центра до столицы субъекта Российской Федерации;

R_l – число пар регулярных автобусных рейсов из районного центра в другой город и обратно (без учета рейсов до столицы субъекта Российской Федерации);

L_l – расстояние от районного центра до другого города;

l – количество городов, с которыми у данного районного центра имеется автобусное сообщение.

Показатель ценовой транспортной доступности $T_{Дц}$ учитывает затраты жителей на проезд в столицу субъекта Российской Федерации и ближайшие города (показывает, сколько условных поездок в месяц в одну сторону может совершить житель района, получающий среднюю заработную плату):

$$T_{Дц} = \frac{\bar{W}}{\bar{Ц}}, \tag{2}$$

где \bar{W} – средняя заработная плата в муниципальном районе;

$\bar{Ц}$ – средневзвешенная стоимость проезда из центра муниципального района до других городов, с которыми имеется автобусное сообщение.

В качестве примера определим коэффициенты потенциальной и ценовой транспортной доступности для Ключевского района Алтайского края. Для определения коэффициента транспортной доступности необходимо выделить рейсы, которые следуют в столицу Алтайского края – г. Барнаул – и обратно, и рейсы, которые соединяют с. Ключи с другими городами (таблица 1; расстояния между населенными пунктами определены в соответствии с [1]). В данном случае показатель потенциальной транспортной доступности для Ключевского района составит:

$$T_{Дп}^{Ключи} = \frac{100 \cdot 4,43}{374} + \frac{100 \cdot 2}{96} + \frac{100 \cdot 1}{208} + \frac{100 \cdot 1}{511} + \frac{100 \cdot 2}{180} = 5,055.$$

Для расчета коэффициента ценовой транспортной доступности необходимо определить средневзвешенную стоимость автобусных билетов; все цены приведены на момент проведения экспедиции (2018 г.). Различия в стоимости билетов у различных перевозчиков наблюдаются для билетов в г. Славгород (185 руб., 190 руб. и 197 руб., средневзвешенная стоимость – 191 руб.) и для билетов в г. Барнаул (от 675 руб. до 900 руб.). В последнем случае с учетом периодичности рейсов средневзвешенная стоимость билетов составит:

$$\bar{Ц}^{Барнаул} = \frac{(675 + 765 + 800 + 900 + \frac{3}{7} \cdot 800) \text{руб.}}{4,43} = 789 \text{руб.}$$

Тогда средневзвешенная стоимость автобусных билетов для Ключевского района равна:

$$\bar{Ц} = \frac{789 \text{руб.} \cdot 4,43 + 191 \text{руб.} \cdot 2 + 450 \text{руб.} \cdot 1 + 1100 \text{руб.} \cdot 1 + 300 \text{руб.} \cdot 2}{10,43} = 578 \text{руб.}$$

Таблица 1 – Анализ потенциальной транспортной доступности Ключевского района Алтайского края, рейсы

Рейс	Барнаул (374 км)		Славгород (96 км)		Рубцовск (208 км)		Новосибирск (511 км)		Павлодар (180 км)	
	в	из	в	из	в	из	в	из	в	из
Новосибирск – Михайловка								1		
Михайловка – Павлодар									1	
Ключи – Барнаул	1	1								
Славгород – Барнаул	1									

Михайловка – Славгород			1						
Павлодар – Михайловка									1
Яровое – Барнаул	1								
Славгород - Рубцовск				1	1				
Рубцовск - Славгород			1			1			
Славгород - Михайловка				1					
Михайловка – Павлодар								1	
Михайловка – Новосибирск						1			
Барнаул – Яровое		1							
Павлодар – Михайловка									1
Ключи - Барнаул	1	1							
Барнаул - Славгород		1							
Ключи – Барнаул	3/7	3/7							
Число пар рейсов в день	4,43		2		1		1		2

Показатель ценовой транспортной доступности для Ключевского района составит (средняя начисленная заработная плата в районе по итогам 2017 г. равна 18307 руб.):

$$T_{ДЦ}^{Ключи} = 18307 \text{ руб.} / 578 \text{ руб.} = 31,681.$$

Результаты исследования. Таким образом, была проведена оценка потенциальной и ценовой транспортной доступности 25 районов Алтайского края (из 59), результаты оценки и величина миграционного и естественного прироста в 2017 г. по этим районам приведены в таблице 2, результаты корреляционного анализа взаимосвязи между рассматриваемыми показателями – в таблице 3. Необходимо пояснить, что в таблице 3 приведены только коэффициенты корреляции, величина которых по модулю превышает 0,1, что соответствует как минимум наличию слабой связи по шкале Чеддока [3, с. 74].

В результате корреляционного анализа, выявлено, что показатели транспортной доступности не оказывают статистически значимого влияния на миграционный прирост населения (данный показатель исключен из таблицы 3). В то же время обнаружена слабая зависимость естественного прироста населения района от показателей транспортной доступности его районного центра, причем зависимость данного показателя территориальной лояльности от ценовой транспортной доступности несколько выше, чем от потенциальной транспортной доступности.

Таблица 2 – Показатели транспортной доступности сельских поселений – районных центров и величины миграционного и естественного прироста населения районов Алтайского края

Районный центр	Потенциальная транспортная доступность	Ценовая транспортная доступность	Миграционный прирост по району, ‰	Естественный прирост по району, ‰
Алтайское	14,975	62,877	-1,62	-3,62
Быстрый Исток	1,099	50,631	-5,62	-7,98
Волчиха	8,419	41,862	-11,50	-4,50
Ельцовка	3,712	29,950	7,36	-5,72
Залесово	4,727	37,684	2,57	-4,06
Ключи	5,055	31,681	-13,42	-6,38
Красногорское	4,089	49,973	-1,38	-1,97
Крутиха	21,418	40,128	14,24	-6,05
Кулунда	20,917	40,448	1,49	-4,11
Кытманово	2,363	48,842	-6,42	-6,50
Мамонтово	9,297	38,423	0,99	-4,98
Михайловское	4,368	26,201	-2,54	-5,24
Павловск	91,769	95,591	-6,34	-4,27
Ребриха	14,331	50,693	-0,44	-7,20
Родио	5,601	30,337	-8,73	-4,82
Романово	8,238	32,661	-5,87	-7,82
Смоленское	40,201	41,660	-7,73	-6,27
Советское	13,387	66,834	-6,29	-5,58
Солонешное	0,554	29,513	-7,55	-5,66
Тальменка	16,551	122,715	0,90	-4,49
Троицкий	0,000	0,000	-0,57	-6,54
Тогул	5,314	45,071	-4,77	-6,19
Усть-Калманка	4,874	37,364	-1,63	-8,67
Целинное	6,648	41,970	-3,22	-5,91
Чарышское	1,064	21,856	-9,18	-1,77
Минимальное значение	0,000	0,000	-13,42	-8,67
Максимальное значение	91,769	122,715	14,24	-1,77
Среднее значение	12,359	44,599	-3,09	-5,45

Таблица 3 – Матрица коэффициентов корреляции между показателями транспортной доступности районных центров и миграционным и естественным приростом населения районов Алтайского края

	Потенциальная транспортная доступность	Ценовая транспортная доступность	Естественный прирост по району
Потенциальная транспортная доступность	–	0,539	0,127
Ценовая транспортная доступность	0,539	–	0,169
Естественный прирост по району	0,127	0,169	–

Напомним, что показатель ценовой транспортной доступности районного центра определяется как частное от деления средней заработной платы на средневзвешенную

стоимость автобусных билетов. В связи с выявленной зависимостью естественного прироста населения района от показателя ценовой транспортной доступности возникает логичный вопрос о том, в какой степени естественный прирост зависит от доходов населения района, в частности – от заработной платы. Для ответа на него был рассчитан коэффициент корреляции естественного прироста населения и средней начисленной заработной платы в районе, величина которого оказалась менее 0,1. Это означает, что естественный прирост населения в большей степени зависит от расстояния до ближайших городов (которое определяет стоимость автобусных билетов), чем от получаемой заработной платы.

Вывод. Таким образом, можно сделать заключение, что транспортная доступность оказывает слабое влияние только на один показатель территориальной лояльности населения – естественный прирост. Следовательно, при разработке программ повышения территориальной лояльности жителей сельских территорий особое внимание следует уделять населению отдаленных районов, характеризующихся сравнительно низкой транспортной доступностью.

Список литературы

- 1) Автодиспетчер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.avtodispatcher.ru/distance/>
- 2) Волкова Н.В. Статистический анализ взаимосвязи территориальной лояльности жителей сельских районов Алтайского края с результатами деятельности агропромышленного комплекса // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК: Сборник трудов III Международной научно-практической конференции / Под. ред. С.И. Ткачева. – Саратов: Саратовский ГАУ – Амирит, 2019. – С. 12–18.
- 3) Гостенина В.Г., Карандин К.С. Особенности применения корреляционного анализа в социологических исследованиях // Научный журнал «Экономика. Социология. Право». – 2017. – № 4 (8). – С. 73–81.
- 4) Иванова С.В. Социальная инфраструктура как фактор развития сельских территорий (на примере Псковской области): Автореф. дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – М., 2010. – 22с.
- 5) О ходе подготовки государственной программы комплексного развития сельских территорий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/news/35538/>
- 6) Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://akstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/akstat/ru/statistics/altayRegionStat/db/db_default

УДК 629.3.072.8(23.0)

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ В УПРАВЛЕНИЕ ГРУЗОВЫМИ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ КАК ЗАЛОГ ПРОЦВЕТЕНИЯ СТРАНЫ В ЦЕЛОМ

Атамкулов Улан Токтогазыевич, к.т.н., доцент ОшТУ им. М. Адышева, Кыргызстан, 723503, г.Ош, ул. Н. Исанова, 81, e-mail: aut75@rambler.ru

Аннотация: В статье рассмотрены и проанализированы современные принципы и методы управления грузовыми перевозками на региональном уровне. Сложившаяся ситуация в сфере грузовых автомобильных перевозок это проблема в несогласованности интересов внутри региона и в целом внутри государства. А интересы транспортных компаний и производителей как мы видим в ситуации неуправляемого рынка не совпадают с интересами региональных властей и тем более с интересами населения страны, которые являются конечными потребителями и они же страдают от завышенных цен стоимости продукции и глобального загрязнения окружающей среды. Исследования посвящены разработке

приоритетных направлений формирования регионального рынка грузовых автомобильных перевозок как главной составляющей подсистемы транспортного комплекса региональной экономики и в целом страны.

Ключевые слова: автомобильные перевозки, перевозочный процесс, управление, контроль.

SOLUTION OF THE PROBLEMS IN MANAGEMENT BY CARGO TRANSPORTATION AT THE REGIONAL LEVEL AS A PLEDGE OF PROSECUTING THE COUNTRY IN WHOLE

Ulan Atamkulov, Ph.D., Associate Professor of Osh Technical University named after M. Adysheva, 723503, Kyrgyz Republic, Osh city, Isanov Street 81, e-mail: aut75@rambler.ru

Abstract: The article reviews and analyzes modern principles and methods of freight transportation management at the regional level. The current situation in the field of road freight transport is a problem in the inconsistency of interests within the region and in general within the state. And the interests of transport companies and manufacturers, as we see in the situation of an uncontrolled market, do not coincide with the interests of regional authorities and even more so with the interests of the country's population, who are end users and they also suffer from overpriced product costs and global environmental pollution. The studies are devoted to the development of priority areas for the formation of a regional market for road freight transport as the main component of the subsystem of the transport complex of the regional economy and the country as a whole.

Key words: automobile transportation, transportation process, management, control.

Введение

Экономическая развитость страны неразрывно связана с развитостью ее регионов, а в частности с уровнем транспортного потенциала, дорожно-транспортной инфраструктуры и в целом перевозочного процесса. В условиях рыночных отношений, экономика регионов и поддержание в них соответствующего уровня жизни людей не представляется возможным без участия грузового автомобильного транспорта, т.к. он является одним из главных составляющих в цепи товарооборота любой продукции. Поэтому на современном этапе развития регионов ключевую роль в повышении уровня развития играет управление грузовыми перевозками. К решению проблем связанных в этой области были посвящены труды многих исследователей и ученых, но большой упор в них делался на проблемы связанные с управлением перевозочным процессом на конкретных автотранспортных предприятиях.

Сложившаяся ситуация в управлении на автомобильном транспорте

Обобщенно сферу управления на грузовом автомобильном транспорте можно разделить на три уровня это государственный, региональный (город, район, область) и уровень управления на предприятии. Цели и задачи на каждом уровне могут принципиально отличаться, т.к. они в основном базируются на социальных, политических и экономических интересах. Но эти уровни тесно связаны между собой и представляют собой иерархию управления, где каждый большой уровень состоит из предшествующих уровней и интересы соответственно постепенно глобализируются. Из представленной ниже таблицы видно как колеблется объемы перевозок на региональном уровне[6].

Перевозки автомобильным транспортом по территории КР, тыс.тонн

Области и города КР	2011 г	2012 г	2013 г	2014г	2015 г	2016 г	2017 г	2018 г
Баткенская	1557	1548,3	1612,4	1186,8	1198,3	1231	1242,2	1260
Жалал-Абадская	3273,5	3532,2	3579,7	2068,6	2114,7	2363,5	2449,1	2540,4
Ысык-Кульская	4439	4626	4674,9	3638,5	3640,3	3840	3903,9	4083,2
Нарынская	1176,9	1245,4	1257	1045,2	1085,8	1128,4	1161,3	1183,1
Ошская	2978,9	3208,5	3218,8	2466,9	2489,7	2515	2531,2	2552,3
Таласская	1048,7	1053,2	1086,3	927,9	935,9	946,1	957,2	971,4
Чуйская	11280,3	11961,6	12426,3	10360	10964,1	11237,8	11394,2	11475
г. Бишкек	9477,5	9893,2	10070,4	4967,9	5226	5543,2	5603,7	5886,3
г. Ош	1191,7	1324,4	1476,2	497	505	516	543,6	563,5
Всего	36423,5	38392,8	39402	27158,8	28159,8	29321	29786,4	30515

На первом низшем уровне управления предприятием основной целью являются интересы руководителей предприятий, на втором уровне регионального управления грузовыми автомобильными перевозками лежат интересы жителей городов, районов или области, где приоритетную роль играют различные целевые программы и проекты регионального характера, и, на третьем уровне лежат интересы государственного масштаба связанные с целостностью и безопасностью страны.

Управление грузовыми автомобильными перевозками на уровне предприятий автомобильного транспорта в преобладающем случае преследует чисто экономические выгоды в отличии от двух остальных, где основополагающую роль все-таки играют социальные и политические составляющие [4]. Поэтому региональные и государственные уровни управления грузовыми автомобильными перевозками имеют свои отличия в методах и механизмах для достижения поставленных целей. Но успешные научные и практические достижения в управлении автомобильными перевозками предприятий можно использовать и на региональном уровне адаптируя их к условиям связанных с территориальными границами, методами, задачами и формами управления.

Министерство транспорта и дорог Кыргызской Республики является субъектом управления за автомобильными перевозками на уровне государства, а на уровне региона субъектами управления выступают муниципальные и региональные власти, которые контролируют деятельность транспорта [6].

В отличии от управления на государственном уровне или на предприятии за грузовыми перевозками в региональном уровне имеются свои отличительные особенности, которые выражены в том, что город, район или область является самостоятельной ячейкой в государственной системе и поэтому в зависимости от экономических, социальных особенностей региона и формируются основные потребности в перевозках. Однако на современном этапе развития грузовых перевозок и обслуживания потребности населения видно, что эффективность управления на региональном уровне не на должном уровне, о чем свидетельствуют существующие проблемы в транспортном секторе страны [2].

На данном этапе, управления перевозками в регионах ограничиваются только функциями контроля соответствующих ведомств, которые обусловлены в основном на проверке транспортных средств, груза и документов (приказы, распоряжения, стандарты, правила и т.д.), а также выдачей разрешительных документов. Такая система управления на

региональном уровне, т.е. сужение функций, привело к тому, что себестоимость продукции увеличилась в разы, за счет транспортной составляющей и необоснованно увеличилось количество грузовых транспортных средств.

Поэтому можно констатировать, что сложившаяся ситуация в сфере грузовых автомобильных перевозок это проблема в несогласованности интересов внутри региона и в целом внутри государства. А интересы транспортных компаний и производителей как мы видим в ситуации неуправляемого рынка не совпадают с интересами региональных властей и тем более с интересами населения страны, которые являются конечными потребителями и они же страдают от завышенных цен стоимости продукции и глобального загрязнения окружающей среды.

Выводы

1. Происходит противоречие интересов между транспортными организациями, производителями, региональными властями и населением страны в достижении общей цели.
2. Законодательная база в сфере управления, планирования и регулирования грузовыми автомобильными перевозками не совершенна.
3. Необходимо уделить особое внимание к научным разработкам в сфере управления грузовыми автомобильными перевозками на региональном уровне.

Обобщая можно сказать, что названные проблемы очень тесно связаны между собой и для решения их необходимо в первую очередь, повысить контроль и управление в развитии транспорта за счет государственного регулирования и повышения уровня эффективности нормативно-правового поля.

Список литературы:

1. Агабабов А.Г. Исследования по эксплуатации автомобилей в горных условиях [Текст]./ А.Г. Агабабов. - Ереван: Айстан, 1967. -131 с.
2. Бауэрсокс, Доналд Дж., «Логистика»: интегрированная цепь поставок 2-е изд. [Текст]: / Доналд Дж. Бауэрсокс, Дейвид Дж. Клосс.- М.: ЗАО Олимп-Бизнес , 2008 г. - 640 с.
3. Борисюк, Н.В. Исследование надежности оценки водителем режима движения с помощью средств организации [Текст]: Автореф. дис. канд. техн. наук. / Н.В. Борисюк.: М., 1973. - 25 с.
4. Маткеримов, Т.Ы. Повышение эксплуатационной эффективности большегрузных автомобилей в горных районах Кыргызстана. Дис.канд.тех.наук [Текст] / Т.Ы.Маткеримов. - Бишкек: Кырг. СХИ, 1995.С. 246-247
5. Седюкевич, В.Н. Международные автомобильные перевозки грузов и транспортно-экспедиционная деятельность [Текст] / В.Н. Седюкевич. – Минск: БНТУ, 2007. – 235 с.
6. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. - Режим доступа: <http://www.stat.kg/ru/statistics/transport-i-svyaz/>, свободный.

УДК 629.064.5:543.423

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Кузнецов Андрей Альбертович, д.т.н., профессор, ОмГУПС, Россия, 644046, г. Омск, проспект Карла Маркса, 35. Тел: (3812) 31-06-88, e-mail: kuznetsova.a.omgups@gmail.com
Запрудский Александр Алексеевич, к.т.н., доцент, ОмГУПС, Россия, 644046, г. Омск, проспект Карла Маркса, 35. Тел: (3812) 31-06-88

Брюхова Анна Сергеевна, аспирант, ОмГУПС, Россия, 644046, г. Омск, проспект Карла Маркса, 35. Тел: (3812) 31-06-88, e-mail: annaivan29@gmail.com

Фомиченко Кирилл Игоревич, студент, ОмГУПС, Россия, 644046, г. Омск, проспект Карла Маркса, 35. Тел: (3812) 31-06-88

Аннотация. В статье рассматриваются процессы возникновения коррозии в железобетонных опорах контактной сети и описаны реакции, сопровождающие коррозию стальной арматуры. Описан эксперимент электрохимической коррозии арматуры. Изготовлены образцы с различной степенью коррозии стальной арматуры. Для задания требуемых свойств изменяли концентрацию водного раствора электролита, ускоряющего процесс коррозии. Изменение степени коррозии исследовали при пропускании электрического тока в системе анод – катод. В качестве анода выступала стальная арматура, а в качестве катода – медный электрод. В эксперименте участвовали образцы с различной пористостью бетона. Дополнительно выполнялась имитация трещин, возникающих при эксплуатации и ускоряющих процесс коррозии. Проведен рентгено-графический контроль стальной арматуры, находящейся в бетоне, определено количество железа, вышедшего на поверхность бетона. Выполнен анализ графических изображений рентгеновских снимков и дана количественная оценка изменения поперечного сечения стержней стальной арматуры до и после воздействия влияющих факторов. Проведен спектральный анализ, для определения количественного содержания продуктов коррозии на поверхности бетона. Результаты анализа подтвердили зависимость концентрации продуктов коррозии на поверхности бетона с выносом металла из объема стальной арматуры. Сделаны выводы о возможности применения мобильных спектроанализаторов совместно с представленной методикой.

Ключевые слова: железная дорога, железобетон, арматура, контактная сеть, коррозия, диагностирование, рентгенография, спектральный анализ, интенсивность, спектр.

IMPROVEMENT IN DIAGNOSTICS TECHNOLOGY OF CATENARY CORROSION CONDITION OF RAILWAYS

Kuznetsov Andrey, doctor of technical science, professor, 644046, Russia, Omsk, Omsk State Transport University. Phone: (3812) 31-06-88, e-mail: kuznetsovaa.omgups@gmail.com

Zaprudskiy Alexandr, candidate of technical science, Associate Professor, 644046, Russia, Omsk, Omsk State Transport University. Phone: (3812) 31-06-88

Bryukhova Anna, post-graduate student, 644046, Russia, Omsk, Omsk State Transport University. Phone: (3812) 31-06-88, e-mail: annaivan29@gmail.com

Fomichenko Kirill, student, 644046, Russia, Omsk, Omsk State Transport University. Phone: (3812) 31-06-88

Annotation. The article deals with the processes of corrosion in the reinforced concrete supports of the catenary and describes the reactions accompanying corrosion of steel reinforcement. The experiment of electrochemical corrosion of reinforcement is described. Samples with different corrosion degree of steel reinforcement are made. To set the required properties, the concentration of the aqueous electrolyte solution accelerating the corrosion process was changed. The change in the degree of corrosion was investigated by passing an electric current in the anode – cathode system. The anode was steel reinforcement and the cathode was a copper electrode. The experiment involved samples with different porosity of concrete. In addition, the simulation of cracks that occur during operation and accelerate the corrosion process was performed. The x-ray graphic control of steel reinforcement in concrete was carried out, the amount of iron that came to the surface of concrete was determined. The analysis of graphic images of X-ray images is analyzed and the quantitative estimation of the change in the cross-section of the steel reinforcement rods before and after the influence of the influencing factors is given. Spectral analysis was performed to determine the

quantitative content of corrosion products on the concrete surface. The analysis results confirmed the dependence of the corrosion products concentration on the concrete surface with the removal of metal from the steel reinforcement volume. Conclusions are made about the possibility of using mobile spectral analyzer in conjunction with the presented methodology.

Keywords: railway, reinforced concrete, reinforcement, catenary, corrosion, diagnosis, X-ray radiography, spectral analysis, intensity, spectrum.

Введение

При прокладке воздушных линий электропередач и контактной сети для подвески проводов используются железобетонные опоры. Основным видом опор контактной сети являются железобетонные (95%) от общего количества. Надежность, опор определяет бесперебойность электроснабжения и безопасность движения поездов. Известно, что тяжелая железобетонная опора способна повалить весь анкерный пролет, и поэтому контроль их состояния позволяет предупредить аварии и избежать больших затрат на восстановление и простой участка железнодорожного пути.

Для диагностирования коррозионного состояния в настоящее время используются различные методы контроля, среди которых наиболее распространены акустические и электрохимические. Недостатком таких методов является измерение косвенных величин, связанных с коррозионным состоянием функциональными зависимостями.

В работе предложен прямой анализ продуктов коррозии на поверхности железобетонных конструкций. Приводятся результаты экспериментальных исследований, подтверждающих возможность применения спектральных методов контроля. Перспективой выполненных исследований является применение мобильных спектроанализаторов совместно с методикой, приведенной в работе.

Причины возникновения коррозии стальной арматуры

Аварии случаются при утере несущей способности опоры, причинами которой являются трещины, заводские дефекты и коррозионные разрушения. Бетон имеет щелочную среду с $\text{pH} = 12\text{--}13$, иногда больше. При этом стальная арматура находится в пассивном состоянии, то есть устойчива к щелочной среде, потенциал стали находится в положительной области и окисление не происходит. Однако из-за того что, подземная часть опоры, находится в условии повышенной влажности и имеет доступ кислорода к арматуре, за счет пористости бетона возникает коррозия арматуры, которая носит электрохимический характер. В качестве электролита выступает пористый слой бетона, заполненный водой и кислородом. А за счет блуждающих токов и токов утечки скорость реакции возрастает.

Бетон по своей структуре пористый материал, и может активно впитывать влагу и воздух из окружающей среды.

Пористость связана со степенью наполненности общего объема материала воздухом. Причина возникновения пор заключается в соблюдении технологии изготовления и качества компонентов бетона. При процессе затвердевания некоторое количество воды химически связывается с минералами цемента, а оставшаяся часть воды испаряется, вследствие чего образуются поры. Значение пористости можно определить, зная массу влажного и просушенного бетонного образца. В работе вычислялась общая пористость образцов в объеме бетона $P_{\text{общ}}$, %, по выражению (1):

$$P_{\text{общ}} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100, \quad (1)$$

где ρ_0 – плотность не насыщенного водой образца, $[\text{кг}/\text{м}^3]$; ρ – плотность насыщенного образца, $[\text{кг}/\text{м}^3]$.

Для проведения эксперимента были подготовлены 4 образца бетона, размером 60×60×200, со стержнем арматуры диаметром 10 мм. Внешний вид образца до испытаний представлен на рис. 1.



Рис.1. Внешний вид железобетонного образца до испытаний

Два образца имели однородную структуру бетона и не содержали дефектов арматуры. Третий образец был изготовлен с повышенной пористостью, по сравнению с другими, а также имел искусственные трещины в бетоне и не имел дефектов арматуры, четвертый образец также имел искусственные трещины в бетоне и дефект арматуры в виде утоньшения диаметра. Искусственные трещины моделировались цилиндрическим отверстием диаметром 2 мм от поверхности образца до арматурного стержня. Исходные данные и значения пористости представлены в таблице 1.

Значение пористости в свою очередь напрямую влияет на коррозионную стойкость арматуры, находящейся внутри бетона. Коррозионная стойкость самый важный параметр железобетонных опор контактной сети, который влияет на долговечность и надежность опор.

Таблица 1.

Значения параметров образцов

Номер образц а	Масса насыщенног о образца m, кг	Масса не насыщенного образца m, кг	Объем образца, V, м ³	Плотность насыщенног о образца, ρ , кг/м ³	Плотность не насыщенног о образца, ρ_0 , кг/м ³	Пористость Р _{общ} , %
1	2,551	2,488	0,987	2,585	2,521	2,5
2	2,455	2,377	0,931	2,637	2,553	3
3	1,865	1,721	0,720	2,590	2,390	7,7
4	2,404	2,357	0,987	2,436	2,388	1,9

Коррозия в работе рассматривалась как электрохимический процесс, происходящий за счет взаимодействия воды и кислорода, где основные окислительно-восстановительные реакции могут быть описаны уравнениями (2) и (3), представляющие анодное окисление железа и катодное восстановления меди, соответственно. Общая реакция представлена уравнением (4), здесь Fe(OH)₂, является одним из нескольких возможных продуктов коррозии, в зависимости от окружающей среды.

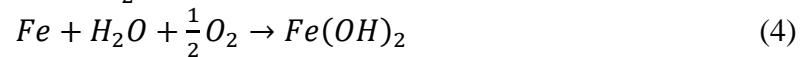
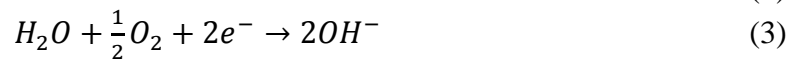


Схема протекания процесса коррозии железобетона представлена на рис. 2. После разрушения пассивного слоя формируется точка, и растворение железа протекает в соответствии с уравнением (3). Электроны переносятся от анода к катоду (электронный ток), где происходит восстановление кислорода, согласно уравнению (4).

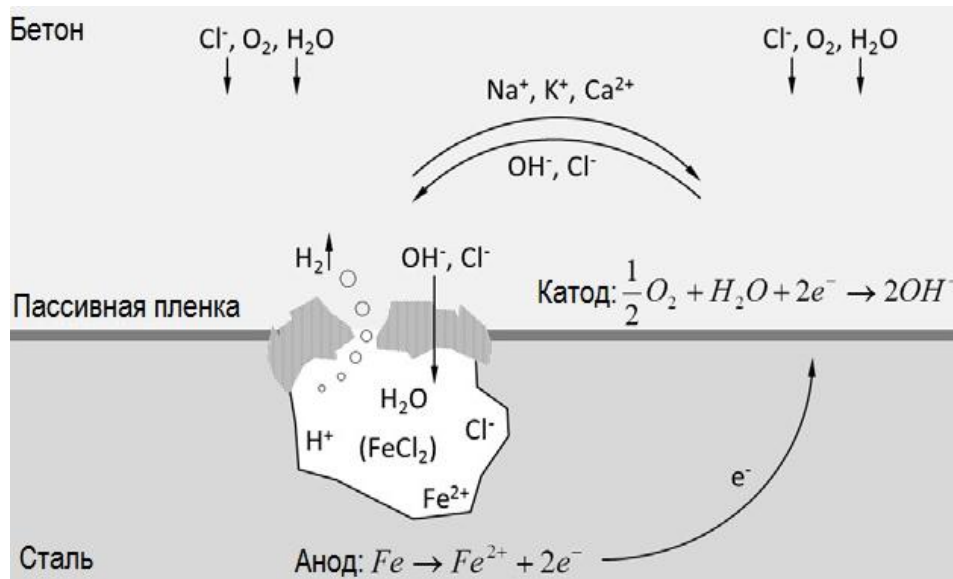


Рис.2. Схематичное изображение процесса коррозии

Изготовленные образцы, с рассчитанной ранее на пористостью, были подвержены электрокоррозии путем помещения в водный раствор электролита с различной концентрацией NaCl и подключением к внешнему источнику напряжения. Электрохимическая коррозия арматуры может усилиться токами утечки или блуждающими токами от электрифицированного рельсового транспорта.

Место стекания электрического тока с арматуры является анодом. На нем происходит окисление железа. В слое бетона, выполняющего роль электролита, насыщенного различными ионами, будет проходить электролиз. Подобный механизм электрокоррозии происходит в грунте под действием блуждающих токов.

Каждый образец был помещен в раствор хлорида натрия, как показано на рис. 3 а, б, в качестве анода выступала стальная арматура, а в качестве катода медная пластина. Которые были подключены к внешнему источнику напряжения.

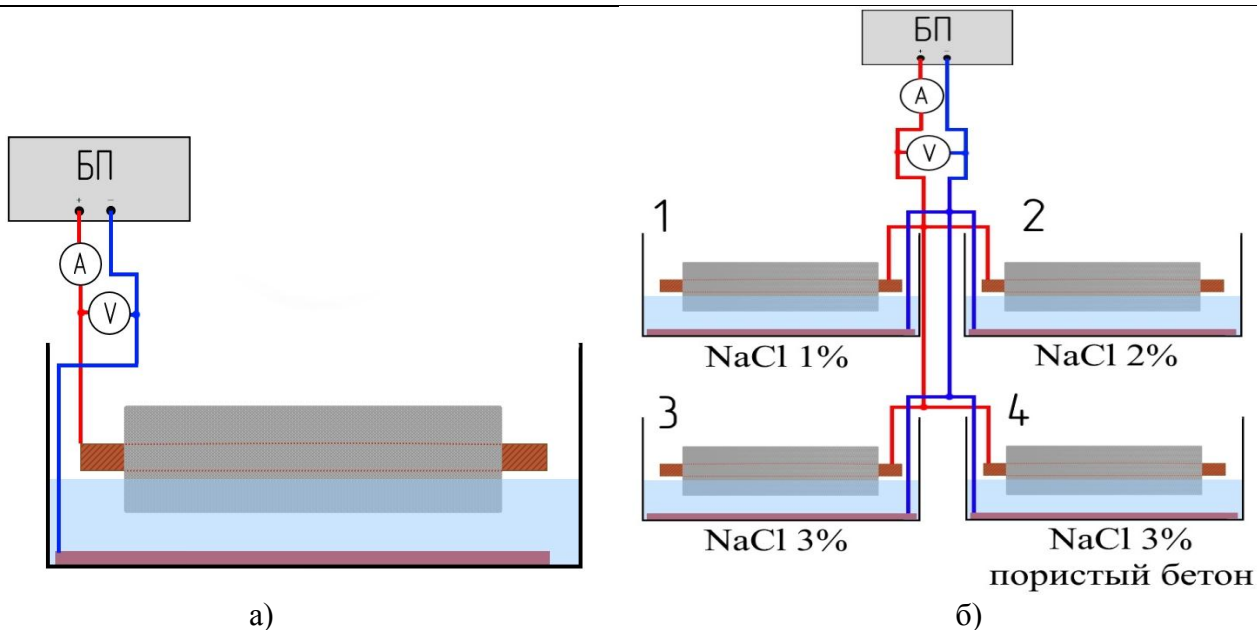


Рис. 3. Схема установки для исследования процесса электрокоррозии
 а) один образец; б) испытание четырех образцов в различных средах.

Образцы 1, 2 и 3 были помещены в одно, двух и трех процентные растворы хлорида натрия, образец 4 был также помещен в трех процентный раствор, но имел пористую структуру бетона. Напряжение, приложенное ко всем четырем образцам, было одинаковым, а ток различный, что объясняется разной концентрацией растворов электролита и пористостью. Электролиз происходил на протяжении 30 часов.

По завершению электролиза на поверхности бетона, как показано на рис. 4, были обнаружены бурые пятна, содержащие продукты коррозии, что свидетельствует о разложении стальных стержней арматуры.

Для анализа изменения диаметра стальных стержней внутри бетона и дальнейшего сопоставления с концентрацией продуктов коррозии на поверхности бетона, был произведен рентгенографический контроль. На рис. 5 а, б показано уменьшение поперечного сечения арматуры.

Сечение арматуры, до того, как она подверглась коррозии и после, было разбито на элементарные области с шагом 1 мм, а площадь рассчитана с помощью интегрирования по контуру изображения заданной яркости. После произведенного расчета площади, было выявлено, что сечение арматуры уменьшилось на 5%. Таким образом, около 5% железа вышло на поверхность железа.

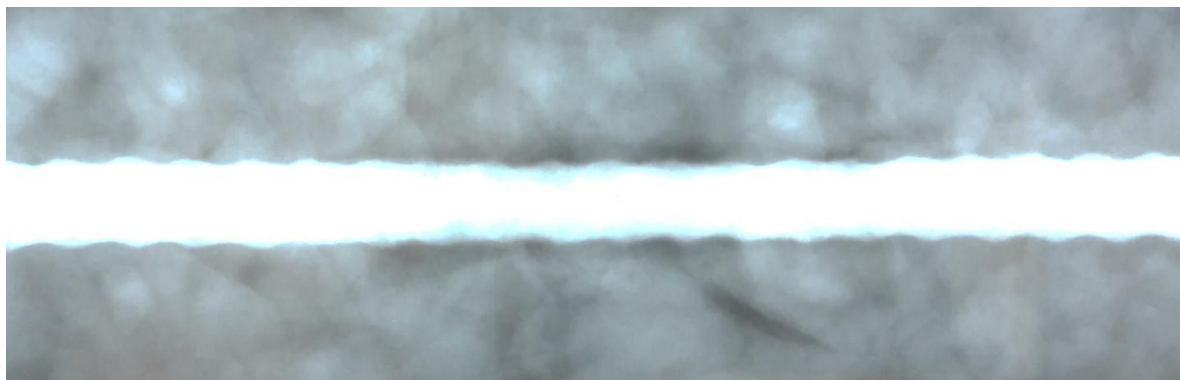


Рис. 4. Образец, подверженный электрокоррозии

Со всех исследуемых образцов и одного не участвующего в электролизе, был снят верхний слой бетона, полученные порошки были помещены в кратеры графитовых электродов и залиты клеем (рис. 6). Кроме того были подготовлены образцы, содержащие только ржавчину, чистый бетон, и чистый электрод с клеем и без него.



а)



б)

Рис.5. Рентгеновские снимки образца №2
а) до воздействия коррозии; б) после воздействия коррозии



Рис. 6. Графитовые образцы для проведения спектрального анализа

Для всех исследуемых электродов был проведен спектральный анализ на эмиссионном спектрометре "АРГОН-5СФ". На рис. 7 приведена схема анализа графитовых стержней.

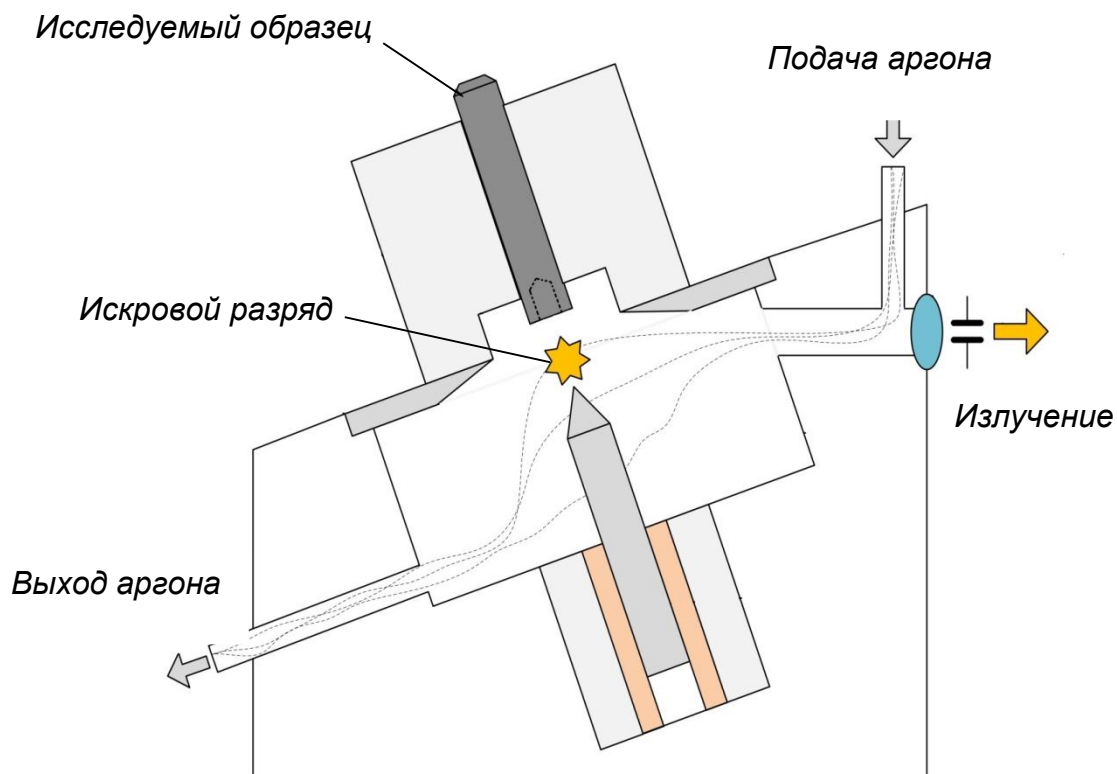


Рис.7. Схема анализа графитовых стержней на спектрометре «Аргон-5СФ»

Численные значения интенсивностей спектральных линий железа (275,574 нм), углерода (193,090 нм), а также относительная интенсивность для исследуемых образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Таблица значений интенсивности углерода и линии сравнения

Образец	I_{Fe}	I_C	$I_{отн}$
1%	1118252	4979994	0,225
2%	2964327	3576839	0,829
3%	1172748	759444	1,544
3%п	1460473	598319	2,441
Ржавчина	4244541	3272797	1,297
Бетон	771789	3350958	0,230
Клей	67166	3647528	0,018
Графит	48344	5942766	0,008

Полученные спектры, наложенные друг на друга, при различной степени коррозии, представлены на рис. 8.

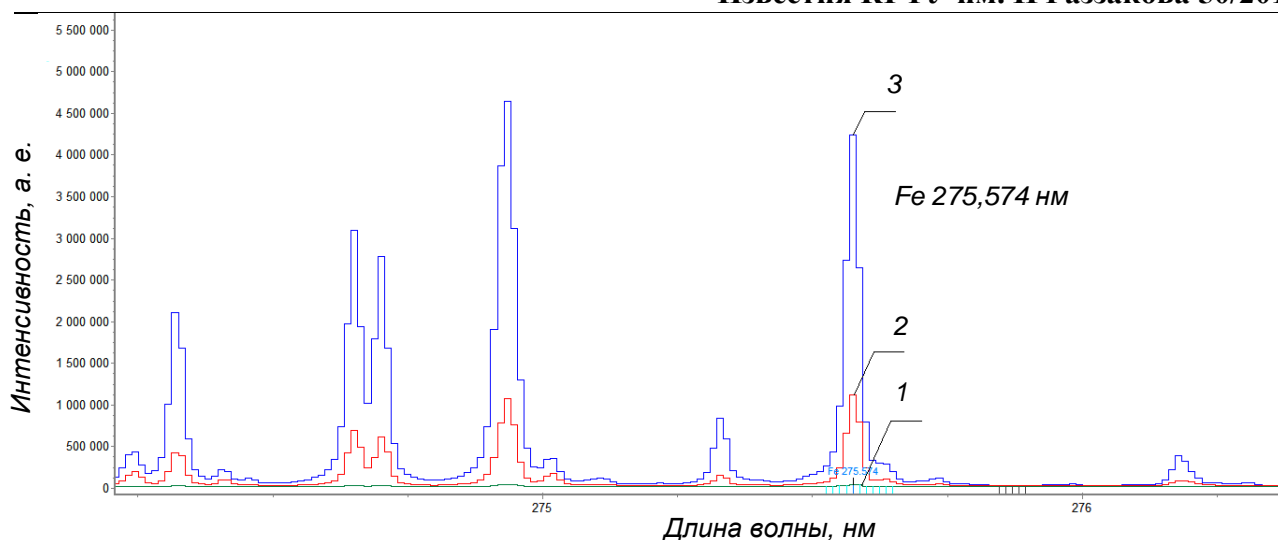


Рис. 8. Спектральные линии трех образцов, с различной степенью коррозии:
1 - чистый графит; 2 - среднее содержание коррозии в бетоне; 3 - ржавчина

Выводы

1. Для определения степени коррозии реальных объектов, были подготовлены образцы армированного железобетона с различной степенью коррозии, полученной при варьировании параметров среды и различным воздействием электрического тока.

2. Проведено рентгенографическое исследование металлической арматуры внутри бетона после различного воздействия факторов, влияющих на скорость ее коррозии.

3. Выполнен спектральный анализ химического состава на поверхности бетона различных образцов. Представлены спектрограммы образцов с различным количественным содержанием элементов на поверхности (*Fe*, *Cl*, *Na*). Предложена методика исследования для спектрометра «Аргон-5СФ».

4. В дальнейших исследованиях предлагается оценить характеристику прочности железобетонных опор контактной сети с результатами инструментальных измерений количества элементов на поверхности, сопровождающих коррозию.

Литература

1. Millar S., Wilsch G., Eichler T., Gottlieb C., Wigggenhauser H. Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) im Bauwesen – automatisierte Baustoffanalyse // Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015), Heft 8. P. 501–510.

2. Алексеев С. Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне. НИИЖБ Госстроя СССР/Стройиздат, 1968. – 233 с.

3. ГОСТ 12730.4-78. Бетоны. Методы определения показателей пористости.

4. Иванов. А. С. Рентгенография металлов. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 77 с.

5. Гончуков С. А. Рамановская спектроскопия каротиноидов [Текст]: учебное пособие/ С. А. Гончуков, М. Е. Дарвин, Ю. Ладеманн; М-во образования и науки Российской Федерации, Нац. исслед. ядерный ун-т "МИФИ". – Москва: НИЯУ МИФИ, 2012. – 36 с.

6. Кремерс Д. А., Радиемски Л. И. Лазерно-искровая эмиссионная спектрометрия, пер. с англ. под ред. Н. Б. Зорова, М.: Техносфера, 2009. 360 с.

7. Кузнецов А. А., Пономарев А. В., Мешкова О. Б., Бучельникова О. С. Возможности приборов ЛИЭС для определения коррозионного состояния железобетонных конструкций при длительной эксплуатации // Современные наукоемкие технологии. Ч.4. № 12. 2015. С. 610 - 615.

8. Лабутин Т. А., Попов А. М., Райков С. Н., Зайцев С. М., Лабутина Н. А., Зоров Н. Б. Определение хлора в бетонах на воздухе методом лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии // Журнал прикладной спектроскопии Т.80, № 3. 2013. С. 325–329.

9. Подольский В. И. Железобетонные опоры контактной сети. Конструкции, эксплуатация, диагностика / Труды ВНИИЖТ. – М.: Интекст, 2007. 152 с.

10. Родников С. Н., Лихачев В. А., Шишкина С. В., Кондратов В. М., Вопросы металловедения в гальванотехнике и коррозии: Учебное пособие. - Горький: изд. ГГУ, 1989. – 104 с.

11. Шлюкер С. Поверхностно-усиленная Рамановская спектроскопия (SERS): аналитические, биофизические и биомедицинские приложения: Монография / под ред. С. Шлюкера. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2017. – 331 с.

УДК 656.073.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

Молдалиев Эгемберди Дуйшекеевич, к.т.н., профессор Нарынского государственного университета им. С. Нааматова, Кыргызстан, 722900, г. Нарын, ул. Сагынбая Орозбака, 25, e-mail: egem66@rambler.ru

Маткеримов Таалайбек Ысманалиевич, д.т.н., профессор, декан факультета транспорта и машиностроения КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: talai_m@bk.ru

Атабеков Калмамат Каримович, к.т.н., и.о., профессора кафедры “Организация перевозок и безопасность движения” КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: atabekov_k@mail.ru

Сарымсаков Бакытбек Ашимбекович, к.т.н., доцент кафедры “Организация перевозок и безопасность движения” КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: basarymsakov@mail.ru

Аннотация. Кыргызская Республика обладает значительным транзитным потенциалом в области международных и региональных грузовых перевозок. Такому потенциалу способствует географическое расположение Республики в самом центре Центральной Азии, а также существующие и строящиеся международные транспортные коридоры. В этом аспекте разработка генеральной схемы размещения транспортно-технологических и распределительных центров позволит обеспечить решение вопросов, связанных с оптимизацией транспортной инфраструктуры на основных направлениях международных транспортных коридоров Кыргызстана и улучшением использования складских мощностей в регионах; освоить новые сегменты внутреннего и международного рынков транспортных услуг, повысить качество транспортного обслуживания при осуществлении экспортно-импортных перевозок грузов, в том числе, в крупнотоннажных контейнерах, а также координации и взаимодействия в работе различных видов транспорта на основе реализации логистического управления товародвижением. В статье рассмотрены вопросы создания и организации работы логистических центров в Кыргызской Республике.

Ключевые слова: логистический центр, грузы, автомобильный транспорт.

OPTIMIZATION OF LOGISTIC CENTERS AS A FACTOR OF REGIONAL DEVELOPMENT

Moldaliev Egemberdi Duyshekeevich, Ph.D., Professor of Naryn State University. S. Naamatov, Kyrgyzstan, 722900, Naryn, ul. Sagynbay Orozbek, 25, e-mail: egem66@rambler.ru

Matkerimov Taalaibek Ysmanalievich, Professor, Dean of the Faculty of Transport and Mechanical Engineering KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: talai_m@bk.ru
Atabekov Kalmamat Karimovich, Ph.D., Acting, Professor of the Department "Organization of traffic and traffic safety" KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave. 66, e-mail: atabekov_k@mail.ru

Sarymsakov Bakytbek Ashimbekovich, Ph.D., Associate Professor of the Department "Organization of traffic and traffic safety" KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: basarymsakov@mail.ru

Annotation. The Kyrgyz Republic has significant transit potential in the field of international and regional freight traffic. This potential is facilitated by the geographical location of the Republic in the very center of Central Asia, as well as existing and under construction international transport corridors. In this aspect, the development of a master plan for locating transport-technological and distribution centers will help ensure the resolution of issues related to the optimization of transport infrastructure in the main directions of international transport corridors of Kyrgyzstan and the improvement of storage capacity in the regions; master new segments of the domestic and international markets for transport services, improve the quality of transport services in the implementation of export-import cargo transportation, including large-capacity containers, as well as coordination and interaction in the work of various types of transport based on the implementation of logistics distribution management. The article deals with the creation and organization of logistics centers in the Kyrgyz Republic.

Keywords: logistics center, goods, road transport.

Кыргызстан является горной аграрной страной. Агропромышленный сектор экономики страны является ключевым сектором в обеспечении продовольственной безопасности страны и занятости населения. Развитие сельского хозяйства напрямую зависит от состояния почвенных ресурсов, являющихся основным средством сельскохозяйственного производства.

Следует отметить, что более 65% населения нашей страны проживает в сельской местности.

Кыргызстан, как полноправный член Евразийского экономического союза (ЕАЭС) должен иметь сертифицированную сельскохозяйственную продукцию. Для вхождения Единый реестр, обновления разрешительной документации по расширению области аккредитации следует создать лаборатории, оснащенные соответствующим оборудованием, отвечающим к международным стандартам. С этой целью в Кыргызской Республике приняты технические регламенты "О безопасности свежих фруктов и овощей", законы Кыргызской Республики "Об идентификации животных", "О продовольственной безопасности", "О ветеринарии".

Вступление Кыргызстана во Всемирную торговую организацию (ВТО) дала толчок преимущественного доступа на международные рынки.

В связи с этим создание торгово-логистических центров (ТЛЦ) в Кыргызской Республике, повышение качества сельскохозяйственной продукции и экспортного потенциала является первостепенной задачей.

Как отмечено [Программа развития «зеленой» экономики в Кыргызской Республике на 2019-2023 годы], в сельском хозяйстве формируется около 14% ВВП республики. В общем объеме сельскохозяйственного производства доля продукции животноводства составляет около 48%, растениеводства около 50%, лесного хозяйства, рыболовства и услуг около 2%. Основной объем продукции обеспечивается крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и личными подсобными хозяйствами граждан (96%). В настоящий момент в стране функционирует более 428 тысяч фермерских хозяйств. Агроклиматические условия в республике благоприятны для возделывания пшеницы, кукурузы, ячменя, картофеля, хлопчатника и некоторых других культур.

Все фермеры стараются осенью закладывать выращенные урожаи закладывать в хранилища и продать весной более выгодной цене в ближнее и дальнее зарубежье (Турция, Европа, Узбекистан, Таджикистан, арабские страны и др.). Но они лишены прямой поставки свои выращенные продукты к потребителям. Начиная с марта месяца активизируются посредники-перекупщики и скупают продукцию по низкой цене. Есть случаи, что гноящиеся продукты фермеры просто выбрасывают. Причиной этому служит слабое развитие единой государственной политики в области сельского хозяйства.

Все это требует тщательной разработки стратегического плана со стороны государства вплоть от заготовки до доставки к потребителям

Для этой цели следует создать системы ТЛЦ с применением современной мировой практики и технологии отвечающим международным стандартам и решить проблемы инфраструктурного характера. Это дает фермерам полный спектр услуг по хранению и доставке произведенной продукции между регионами, а также на международные рынки, доработке, фасовке и сбыту сельхоз продукции.

В настоящее время на территории нашей страны действуют 12 региональных логистических центров (рис. 1).



Рис. 1 Действующие региональные логистические центры

Как показывает анализ существующих ТЛЦ по регионам Чуйской области созданы центры по хранению, переработке и упаковке сельскохозяйственной продукции, где производится хранение, калибровка и расфасовка овощей, а также проверка качества и хранения растениеводческой продукции при температурных режимах и склады временного хранения и таможенные склады. По Иссык-Кульской области созданы промышленные холодильные склады фрукто-хранилище с регулируемой газовой средой. По Джалал-Абадской области созданы холодильное хранилище за счет Кыргызско-Российского Фонда и склад по хранению овощей и плодов. По Баткенской области созданы склад хранения и переработки плодов (яблок, персик и т.д.). По Таласской области созданы склад с вакуумным

холодильником по хранению 200 тонн плодово-ягодных культур. По Ошской области созданы склады по переработке сельхозпродукции, хранению, расфасовке, сортировке и сушке овощей и фруктов. По Нарынской созданы склады по хранению и выращиванию картофеля.



Рис. 2 Планируемые логистические центры

Самым крупным планируемым логистическим центром в Кыргызской республике следует отнести строительства индустриального торгово-логистического комплекса (ИТЛК) в Ак-Талинском а/о Ат-Башинского района Нарынской области. Для создания данного комплекса принято постановление Правительства Кыргызской Республики «О переводе земель, расположенных на территории Кыргызской Республики» №771 от 24.11.2017 года.

ИТЛК станет крупнейшей зоной экспортно-ориентированной индустрии на Кыргызско-Китайской границе, оснащенной современной комплексной инфраструктурой и развитой логистической системой и дает социально-экономическому развитию Нарынского региона. Она состоит из логистической, торговой и индустриальной зоны (рис. 3).

1. В логистической зоне расположены таможенный контроль, терминальная, складская и административная зоны.
2. В торговой зоне организованы центр оптово-розничной торговли, пункты санитарно-карантинного и общественного питания, складские помещения для хранения товаров, центры сертификации, транспортно-экспедиционные и брокерские фирмы, страховые компании и туристические фирмы.
3. В индустриальной зоне расположены пункты производства продуктов питания, и переработка сельхоз продукции, текстильных изделий, минеральной продукции, меда и лекарственных трав, промышленное производство.



а)



б)



в)

Рис. 3 – Внешний облик расположения зон ИТЛК:
а – логистическая зона, б – торговая зона, в – индустриальная зона.

Важнейшим фактором развития рыночных экономических отношений особо следует отметить роль транспорта, так как при его непосредственном участии формируются региональные товарные рынки.

Основными проблемами в нашей республике следует отметить слабую инфраструктуру транспорта, низкий технологический уровень существующих грузовых терминалов, физический и моральный износ подвижного состава, потери от простоя в ожидании погрузки-выгрузки транспортного средства (ТС).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря эти проделанные работы состояние внутреннего рынка и экспорта продукции растениеводства и животноводства в нашей республики остается нерешенной. Этому свидетельствует незнания фермерами спроса и предложения на рынке, нехватка хранилищ. В итоге при реализации своей продукции они несут существенные потери.

В связи с несовершенством сертификационных лабораторий и несоответствием убойных пунктов международным стандартам качества невозможно экспортировать за пределы республики мясо и мясную продукцию. перевозка осуществляется неспециализированным автотранспортом

Так, из 34 молочно-перерабатывающих заводов Кыргызской Республики только 8 имеют разрешение на экспорт молочных продуктов в Казахстан.

Для создания и развития ТЛЦ необходимо уделить особое внимания на выращиваемые сельскохозяйственной продукции, места расположения, объема продукции для хранения с учетом охвата региона и способа управления. В конечном итоге они должны быть конкурентоспособными.

Для эффективной работы ТЛЦ предлагается создать два международных торгово-логистических центра и 7 региональных логистических центров с конкретными целевыми продуктами, при поддержке местных логистических центров, собирающих продукты напрямую от производителей.

Список используемой литературы

1. Инновационные модели развития аграрного сектора в Кыргызской Республике (логистические центры) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arch.kyrlibnet.kg/uploads/GPTB%20INNOVACIONNIE%20MODELI%20RAZVITIYA%20AGRARNOGO%20SEKTORA%20V%20KYRGYZSKOI%20RESPUBLIKE.pdf>
2. Материалы Национального статистического комитета Кыргызской Республики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stat.kg/ru/>
3. Годовой отчет Национального Банка Кыргызской Республики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nbkr.kg>.

УДК 621.757. 621. 9. 012

РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТОЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГРУППОВОЙ СБОРКИ

Сарбанов Советбек Талгарбекович, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова; 720044, Кыргызская Республика, Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66; e-mail: s.sarbanov@mail.ru.

Аннотация. Обоснована необходимость оснащения роботизированного сборочного комплекса, представляющего собой систему «робот – автоматизированное групповое сборочное приспособление», вспомогательным оборудованием, к которому предъявляются

особые требования. В соответствии с приведенной классификацией оно состоит из дополнительного оборудования, обеспечивающего подачу материала из подсистемы межоперационного транспорта и расширяющего функции сборочного робота, а также всевозможных насадных технологических головок и захватов. На основе анализа действующих производств обозначен круг элементов сборочного процесса – на примере выполнения сопряжения прессованием – подвергаемых сплошной автоматизации. Вместе с тем наличие переналаживаемых устройств и сменных частей в роботизированном сборочном комплексе увеличивает подготовительно-заключительное время в общей трудоемкости сборки при смене объекта. В целом эффективность использования автоматизированных групповых сборочных приспособлений повышается путем изменения последовательности выполнения сборочных операций, совмещения переходов во времени и использования принципа агрегатирования при их изготовлении из нормализованных и унифицированных узлов и элементов.

Ключевые слова: роботизированный сборочный комплекс, робот, автоматизированное приспособление, переналаживаемые устройства, захваты, подготовительно-заключительное время, последовательность технологических операций.

ROLE OF THE TECHNOLOGICAL RIGGING IN PROVIDING FOR THE PRECISION AND PRODUCTIVITY OF THE GROUP ASSEMBLAGE

Sarbanov Sovetbek Talgarbekovich, Candidate of Technical Sciences, Associated Professor, KSTU named after I. Razzakov; 66, Ch. Aitmatov av., Bishkek, Kyrgyz Republic, 720044; e-mail: s.sarbanov@mail.ru.

Abstract. It is based the necessity of fitting out by an auxiliary equipment with special orders to robotized assembly complex, consist of the system “robot – automatic group assembly appliance”. In accordance with given classification an auxiliary equipment includes the additional devices provided for supply of materials from the interoperation transport subsystem and expanded functions of assembling robot as well as different setting technological heads and seizures. On the base of working enterprises analysis are marked the cycle of assembly processes elements exposed complete automation on example of carrying out the unit by pressing. At the same time presence over repaired devices and changeable parts in the robotized assembly complex are increasing the preparatory-concluding time on total labor-intensivity in case of object changing. In whole the efficiency of automatic group assembling appliance are raising by means of alteration of consistency fulfilment assembly operations, combination of transitions on-time and using the principle of aggregation when their designed from the standardization units and details.

Keywords: robotized assembly complex, robot, automatic appliance, over repaired devices, seizures, preparatory-concluding time, alteration of consistency fulfilment assembling operations.

Роботизированные сборочные комплексы (РСК) оснащаются вспомогательным оборудованием, к которому относятся различные насадные технологические головки, захваты, магазины, накопители, соединительные элементы входа и выхода РСК с межоперационным транспортом, а также устройства, ориентирующие объекты манипулирования и расширяющие функции робота, в конечном итоге позволяющие автоматизировать весь производственный цикл.

Классификация вспомогательного оборудования, необходимого для автоматизации РСК приведена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация вспомогательного оборудования РСК.

Здесь оборудование, обеспечивающее подачу элементов узлов и сборочных единиц из подсистемы межоперационного транспорта в РСК, включает передвижные и загрузочные механизмы, транспортеры, загрузчики и кантователи поддонов, операционные, поворотные, шаговые, гравитационные и вибрационные бункеры, а также оборудование для ориентации и установки элементов, поворотные шаговые манипуляторы с программным управлением, манипуляционные столы и манипуляторы, подвесные конвейеры непрерывного действия, специальные поддоны и пр.

К оборудованию, расширяющему функции робота, относятся подающие механизмы, кантователи, переключатели, выдвигающие и выбрасывающие механизмы и погрузчики.

Расширять функции сборочного оборудования позволяют механизмы, обеспечивающие автоматизацию технологического процесса сборки и контроля, пневматические устройства для съема кожуха ограждения рабочей зоны, приспособления и зажимы, автоматические обдуватели деталей, выдвигающие механизмы, делительные устройства, держатели, столы-площадки для временного хранения деталей и собираемых узлов, а также автоматические конвейеры отходов и др.

К насадным технологическим головкам относятся собственно сборочные головки, головки для нанесения покрытий, электродуговой и точечной сварки, полировки. В свою очередь различают захваты жесткие (нечувствительные), механические с неподвижными губками, вакуумные, электромагнитные, осязательные (с сенсорами) и специальные, в том числе двойные захваты и захваты с измерительными устройствами.

С целью оценки требований к вспомогательному оборудованию РСК произведен анализ действующих производств, который позволил определить удельный вес его компонентов (результаты сведены в табл. 1).

Вместе с тем выявлено, насколько важно оптимальное распределение функций между вспомогательным оборудованием и роботом, зависящее от технологии сборки, уровня автоматизации, сопрягаемых деталей, структуры сборочного оборудования. Для полной автоматизации производственной системы обязательно наличие автоматической межоперационной транспортировки и промежуточного хранения деталей. Решающим же аспектом при проектировании средств межоперационной транспортировки становится решение задачи по подаче деталей в зону сборки и обеспечение ее взаимосвязи с технологией и управлением производственным процессом. Здесь – главное, чтобы детали перемещались по кратчайшему пути без встречных потоков и задержек. В процессе транспортировки между

двумя смежными технологическими операциями следует добиваться минимума манипуляционных действий с небольшим числом установок и переустановок сопрягаемых деталей.

Таблица 1.

Вспомогательное оборудование РСК

№	Виды вспомогательного оборудования	в %
1	Перемещающие и устанавливающие механизмы	0,92
2	Накопители, магазины	34,20
3	Механизмы для ориентирования и установки положения	5,02
4	Конвейеры непрерывного действия и шаговые конвейеры	13,02
5	Устройства, расширяющие функции робота	10,33
6	Устройства, расширяющие функции сборочного оборудования	11,65
7	Прочее оборудование	1,74
8	Жесткие (нечувствительные) захваты	17,74
9	Упругие (чувствительные) захваты	0,18
10	Специальные захваты и насадные технологические головки	5,20

Традиционные конструкции сборочных приспособлений неприемлемы для роботизированной сборки, поскольку они даже в условиях автоматизации предусматривают присутствие оператора, который обязан своевременно загружать магазины и кассеты и следить за работой и состоянием сборочного оборудования и приспособления. В условиях же роботизированной сборки сочетание «человек – робот» неприемлемо по определению в связи с тем, что нарушается основной принцип роботизации – полная автоматизация технологического процесса.

РСК, представляющий собой систему «робот – автоматизированное групповое сборочное приспособление (АГСП)», предъявляет определенные требования к вспомогательному оборудованию, входящему в его состав. Это обусловлено тем, что ориентация элементов сборочной единицы из-за их сложной конфигурации представляет собой довольно-таки трудную задачу, поэтому приходится упрощать конструкцию робота путем сокращения числа управляемых координат и перекладывания части его функций на вспомогательные устройства. Соответственно, возникает необходимость в разработке новой системы приспособлений.

Стремление к упрощению конструкции робота ведет к использованию привычных исполнительных механизмов – длинноходных цилиндров и поворотных пневмодвигателей. Работа АГСП в этих условиях предполагает:

- полную автоматизацию приемов;
- установку базовых деталей в приспособление посредством загрузочных устройств различного типа (кассет, магазинов, накопителей), что особенно эффективно при сборке узлов средних и малых размеров, размещение которых в данных устройствах чрезвычайно удобно;
- закрепление и открепление базовой детали в приспособлениях стационарного и поворотного типов;
- транспортировку базовой детали в зону сборки;
- вращение, фиксацию и закрепление поворотных частей приспособлений, перемещение базовой детали с помощью шибера;
- соединение и фиксацию сопрягаемых деталей за счет привода подачи базовой детали в зону сборки, съем и выталкивание собранного узла из рабочей зоны после завершения операции, а также контроль качества поступающих на сборку собираемых деталей и узлов, их наличия на сборочной позиции и качества выполняемого соединения.

Управление исполнительным механизмом АГСП (ИМ.СП) осуществляется от пульта управления роботом (ПУР), в системе которого предусматривается подключение программируемого технологического оборудования, позволяющая реализовать централизованную систему управления роботом и АГСП (рис. 2а).

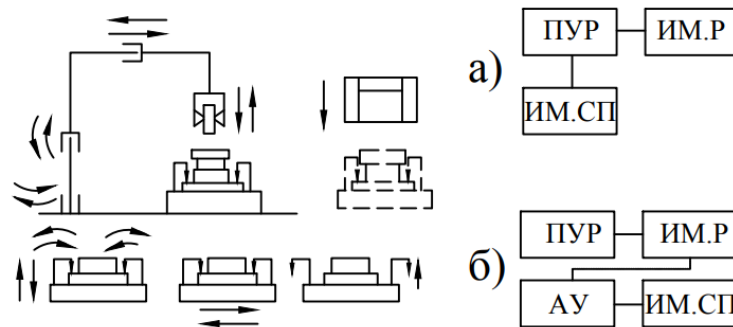


Рис. 2. Принципиальные схемы централизованной (ЦУ) и автономной систем (АУ) управления роботом и АГСП.

Однако здесь можно применить и автономную систему управления (АУ) исполнительными механизмами робота (ИМ.Р) и АГСП (ИМ.СП) при малом количестве технологических команд, поступающих от ПУР на выполнение приемов работы АГСП. Цикл сборки в этом случае сокращается за счет совмещения во времени выполнения исполнительных движений робота и АГСП. Управление приводами осуществляется кулачками, упорами, сервозолотниками и конечными выключателями, воздействие на которые производится подвижными частями робота и АГСП.

Следует отметить, что АГСП, применяемые при групповой сборке, существенно отличаются от обычных механизированных приспособлений. Во-первых, они располагают переналаживаемыми устройствами автоматической подачи и ориентации сопрягаемых деталей; во-вторых, сменные установочные, центрирующие, фиксирующие и прочие элементы базирования и закрепления деталей, сменные прижимные элементы (прихваты, кулачки и пр.) АГСП предусматривают наличие общих элементов автоматизации: средств надежного обеспечения заданного положения деталей (сменных досылателей), средств контроля наличия и положения деталей при сборке, устройств блокировки для предупреждения брака и аварийных ситуаций, а также устройств и механизмов для удаления изделия с потерей или без потери ориентации.

Указанные элементы для переналадки АГСП существенно увеличивают общую трудоемкость групповой сборки T_z , причем большую долю в ней занимает подготовительно-заключительное время $T_{n-з}$. Поэтому целесообразной является разработка соответствующих мероприятий по сокращению величины $T_{n-з}$, зависящей от трудоемкости перепрограммирования РСК и переналадок (смены губок захватного органа (ЗО) робота и сменных элементов приспособлений). При этом необходимо рассматривать весь цикл сборки на РСК, предусматривающий полную автоматизацию всех приемов робота и АГСП. Процесс переналадки обычно осуществляется оператором, хотя возможен и процесс автоматической переналадки – смены сборочных блоков вспомогательного оборудования и ЗО робота.

В целях сокращения $T_{n-з}$ в ходе групповой сборки необходимо реализовать целый ряд технологических задач, одна из которых – последовательность запуска узлов-представителей: здесь предусматривается очередность, требующая минимальных затрат времени $T_{n-з}$ при смене узла-представителя группы (рис. 3).

Аналогичная задача тесно связана с формированием технологического ряда сборочных единиц, подлежащих групповой сборке. Именно сложность комплектования группы

сборочных единиц и многообразие возможных вариантов технологических операций сборки затрудняет процесс проектирования АГСП.

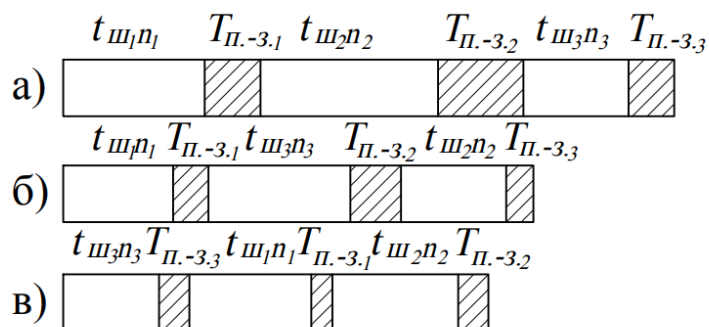


Рис. 3. Изменение подготовительно-заключительного времени $T_{п.-3}$ в зависимости от последовательности запуска собираемых узлов.

Отсюда исходит задача по выработке методов проектирования АГСП, позволяющих выбирать наиболее рациональный вариант технологической операции сборки и соответствующей формы ее технической реализации. Успешной реализации данной задачи способствует создание математических моделей типовых компоновок АГСП, что существенно сокращает время проектирования приспособления на стадии выбора его схемы [1].

В общем виде АГСП должно собираться по принципу агрегатирования из стандартизованных элементов, стыкуемых со специальными (базовыми, корпусными) элементами приспособления. Также чрезвычайно важно использование стандартизованных элементов приводных устройств для транспортировки и закрепления базовой детали, работы выталкивателей, выполнения собственно сборочной операции (например, запрессовки).

В разрабатываемой системе АГСП необходимо предусматривать комплектующие устройства (магазины, кассеты, вибробункерные ориентирующие устройства), а дополнительные устройства сборочного приспособления легко компонуются из имеющегося комплекта универсально-сборных приспособлений. Следует отметить, что использование двух конструктивно увязанных между собой систем технологической оснастки – универсально-сборной и групповой переналаживаемости – повышает уровень стандартизации комплектующих элементов до 90–95%.

Что касается точности сборки, то на нее оказывают влияние не все элементы АГСП. Прежде всего, точность сборочной операции зависит от точности сопряжения элементов приспособления. В отдельных случаях существенно проявляют себя погрешности базирования ϵ_b и износа ϵ_u . Погрешность износа ϵ_u имеет место вследствие износа установочных поверхностей из-за многократной переустановки базовых деталей, а также износа фиксирующих поверхностей АГСП при переналадке. Поэтому нет смысла вести точностные расчеты всех узлов АГСП, и надо рассчитывать лишь те его элементы, на которые воздействуют переменные факторы.

На основании проведенного анализа номенклатуры изделий, подлежащих автоматической сборке и технологических возможностей роботов установлено, что при использовании в РСК программируемого вспомогательного оборудования (АГСП) довольно просто автоматизируется сборка несложных сборочных единиц. При этом возможность переналадки и перепрограммирования оборудования позволяет применить групповую технологию сборки и тем самым повысить эффективность роботизации. Кроме того, внедрение групповой технологии существенно увеличивает производительность сборки изделий, собираемых малыми партиями по сравнению с универсальным оборудованием.

Список литературы:

1. Сарбанов С.Т. Основные принципы построения роботизированной групповой сборки. / Инновации в науке и практике. Сборник статей по материалам X-ой Международной научно-практической конференции. Ч. 1(4). Барнаул / – Уфа: Изд. НИЦ «Вестник науки», 2018. – С. 146-155.

УДК 62-523.2

**РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ЗАЩИТНОЙ АВТОМАТИКИ
КОНДИЦИОНЕРА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ**

Косьяков Игорь Олегович, докторант PhD Казахского Университета Путей Сообщения, Республика Казахстан, г. Алматы, микрорайон Жетысу-1, 32А, e-mail: heimmdal@mail.ru

Майлыбаев Ерсайын Курманбайұлы, докторант PhD Казахского Университета Путей Сообщения, Республика Казахстан, г. Алматы, микрорайон Жетысу-1, 32А, e-mail: ersind@mail.ru

Батырканов Жениш Исакунович, д.т.н., профессор Кыргызского Государственный Технический Университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, г. Бишкек, ул. Мира, 66, e-mail: bjenish@mail.ru

Кайнарбеков Асемхан Кайнарбекович, д.т.н., профессор Казахского Университета Путей Сообщения, Республика Казахстан, г. Алматы, микрорайон Жетысу-1, 32А, e-mail: kainarbekov@mail.ru

Аннотация. В статье приведена разработка и программирование логического контроллера для управления схемой защитной автоматики кондиционера для применения в мобильных комплексах. Обоснованы строгие требования к функционированию кондиционера, а также системы его защитной автоматики. Определены входные параметры управления устройствами и описано их назначение и возможности. Выбрано устройство и среда программирования производства компании «ОВЕН». Приведены характеристики аналоговых и дискретных входов и выходов выбранного устройства, описаны их возможности. Статья может быть полезна специалистам в области проектирования автоматизированных систем кондиционирования.

Ключевые слова: мобильные комплексы, кондиционирование, система защитной автоматики, программируемые логические контроллеры, алгоритмы работы автоматики.

**DEVELOPMENT AND DESIGN OF SCHEME PROTECTIVE AUTOMATION OF
AIR CONDITIONER FOR USE IN MOBILE COMPLEXES**

Kossyakov Igor Olegovich, PhD student Kazakh University Ways of Communications, Republic of Kazakhstan, Almaty, microdistrict Zhetysu-1, 32A, e-mail: heimmdal@mail.ru

Mailybayev Yersaiyn Kurmanbayuly, PhD student Kazakh University Ways of Communications, Republic of Kazakhstan, Almaty, microdistrict Zhetysu-1, 32A, e-mail: ersind@mail.ru

Batyrkanov Zhenish Iskakunovich, t.s.d. professor, Kyrgyz State Technical University after I.Razzakov, Bishkek, Republic of Kyrgyzstan, bjenish@mail.ru

Kainarbekov Asemkhan Kainarbekovich, t.s.d. professor, Kazakh University Ways of Communications, Republic of Kazakhstan, Almaty, microdistrict Zhetysu-1, 32A, e-mail: kainarbekov@mail.ru

Abstract. The article presents the development and programming of a logic controller for controlling the circuit of protective automatic equipment of the air conditioner for use in mobile complexes. Substantiated strict requirements for the operation of the air conditioner, as well as the system of its protective automation. The device control input parameters are defined and their purpose and capabilities are described. The device and programming environment of production of the OVEN company are presented. The characteristics of the analog and discrete inputs and outputs of the

selected device are given, their capabilities are described. The article may be useful to specialists in the field of design of automated air conditioning systems.

Keywords: mobile complexes, air conditioning, protective automation system, programmable logic controllers, automation algorithms.

Введение. Данная статья посвящена разработке схемы защитной автоматики для кондиционера мобильного комплекса. Мобильные комплексы представляют собой универсальные решения для выполнения целого спектра задач, таких как разворачивание мобильных штабов управления, центров связи, центров ликвидации чрезвычайных ситуаций, операционных и прочих передвижных пунктов. К системам кондиционирования в таких комплексах применяются повышенные требования, они связаны прежде всего с работой в сложных климатических условиях от -40 до $+50$ °С, а также должны быть рассчитаны на довольно большую мощность охлаждения, так как окрашенные алюминиевые панели, из которых сделан КУНГ имеют свойство передавать довольно большое количество тепла, исходящего от солнечного света, в среднем до 170 Вт/м^2 °С, которое в итоге значительно повышает теплопоступления, в соответствии с формулой [1]:

$$Q_{\Pi} = F_{\Pi} \cdot k \cdot (t_{\text{СР}} - t_{\text{В}})$$

где F_{Π} – площадь теплоотдающей поверхности, м^2 , k – коэффициент теплопередачи; $t_{\text{СР}}$ – средняя температура нагретой поверхности, °С; $t_{\text{В}}$ – температура окружающего воздуха, °С [2]. Также важным фактором для систем кондиционирования мобильных комплексов является схема защитной автоматики, которая должна обеспечивать отказоустойчивую работу и минимальные риски выхода из строя оборудования. Таким образом необходимо защитить следующие элементы кондиционера: компрессор, инвертор и конденсатор.

Контролируемые параметры и выходные сигналы устройств. К контролируемым параметрам кондиционера будут относиться следующие значения:

1. Сигнал с кнопки включения кондиционера, дискретный сигнал, тип кнопки с фиксацией;
2. Сигнал реле контроля напряжения на входе инвертора, дискретный сигнал, тип контакта на реле контроля напряжения нормально открытый. Данный сигнал будет защищать реле от подачи повышенного или пониженного напряжения, вне диапазона работы устройства;
3. Сигнал реле контроля частоты на входе компрессора дискретный сигнал, тип контакта на реле контроля частоты нормально открытый. Сигнал будет предотвращать подачу слишком низкой или высокой частоты от инвертора к компрессору;
4. Сигнал об отсутствии подачи питания на вентиляторы конденсатора, сигнал будет сниматься напрямую с контактов питания вентиляторов, должен предотвращать запуск кондиционера в случае отсутствия питания на вентиляторах;
5. Сигнал ошибки компрессора, будет сигнализировать о неисправности внутри устройства. Как правило этот сигнал включает в себя перегрев и нехватку масла. Физически причина неисправности будет отображаться на индикаторе компрессора;
6. Сигнал ошибки инвертора, будет сигнализировать о неисправности внутри устройства. Этот сигнал включает в себя перегрев катушек и другие неисправности. Физически причина неисправности будет отображаться на индикаторе инвертора;
7. Давление охлаждающей жидкости в системе. Будет поступать с аналогового датчика давления с выходом $4 \dots 20$ мА. Оцениваться будет по верхнему и нижнему пределу допустимого давления ОЖ в системе. Будет предотвращать запуск кондиционера в случае пробоя или засорения конденсатора.

В кондиционере будут два типа управляемых вышеописанными сигналами устройств, силовые реле включения основных блоков, а также дискретные сигналы для отображения неисправностей на дисплее оператора.

Разработка алгоритма работы автоматики и программы управления. Программа управления автоматикой будет создаваться в среде программирования «OWEN Logic», разработанной компанией «ОВЕН». В качестве аппаратной части будет использован программируемое реле «ПР200-24.2.2.0» производства компании «ОВЕН» [3]. Реле включает в себя 8 дискретных входа, 4 аналоговых входа, а также 8 дискретных и 2 аналоговых выхода. Характеристики входов и выходов устройства приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики входов и выходов программируемого реле

Наименование	Значение
Дискретные входы	
Номинальное напряжение питания	24 В (постоянный ток)
Максимально допустимое напряжение питания	30 В (постоянный ток)
Тип датчика для дискретного входа	- механические коммутационные устройства (контакты кнопок, выключателей, герконов, реле и т. п.) - датчики с выходными транзисторными ключами (например, транзистор р-п-р-типа с открытым коллектором на выходе)
Напряжение «логической единицы»	15...30 В
Ток «логической единицы»	0...5 мА
Напряжение «логического нуля»	-3...+5 В
Ток «логического нуля»	0...1 мА
Минимальная длительность импульса, воспринимаемая дискретным входом	5 мс
Аналоговые входы	
Тип измеряемых сигналов, униполярный	0...10 В, 4...20 мА, 0...4 кОм
Дискретные выходы	
Тип выходного устройства	Электромагнитное реле (нормально разомкнутые контакты)
Электрическая прочность изоляции между выходом и другими цепями	2830 В
Коммутируемое напряжение в нагрузке для цепи постоянного тока, не более для цепи переменного тока не более	30 В (резистивная нагрузка) 250 В (резистивная нагрузка)
Допустимый ток нагрузки, не более	5 А при напряжении не более 250 В переменного тока и $\cos(\varphi) > 0,95$; 3 А при напряжении не более 30 В постоянного тока

Разработанная программа управления приведена на рисунке 1. При подаче питания первично запускаются все основные блоки, при этом существует время подачи данного сигнала, так как в дальнейшем устройства должны дать ответ о своих неполадках, либо нормальной работе [4]. Устройством, выполняющим данную функцию будет импульс включения заданной длительности TP2. После подачи питания на все блоки, в случае исправности всех устройств, которые объединены логическими компонентами «И» запустится основная схема работы, а сигнал с TP2 пропадёт. Для инвертора существует цепь задержки подачи питания TON2, для его защиты от скачков питания при его исчезновении и мгновенном восстановлении. Для компрессора также предусмотрена цепь задержки питания TON1, для предотвращения его раннего выхода из строя. Единственным аналоговым входом в схеме является AI1, сигнал на который подаёт датчик давления. В схеме применена операция сравнения чисел с плавающей точкой на более значение для верхнего и нижнего диапазона допустимого давления в системе. Один из выходов подключен через элемент «НЕ» для инверсии выходного сигнала в правильную область значения. Также для сигнала давления включена линия задержки подачи TON3, так как кондиционер должен иметь время перехода в нормальный режим давления. Для данной линии также предусмотрен кратковременный запуск с кнопки включения, который по истечении определённого времени будет заменен сигналом контроля через элемент «ИЛИ». Все выходные сигналы с выходов Q4-Q8 будут выведены на лампы, а также в операторскую панель управления кондиционером, в следствие применения нормально открытых контактов на входных дискретных сигналах, данные выводы подключены через элементы «НЕ» для отсутствия отображения сигналов ошибок при нормальной работе кондиционера.

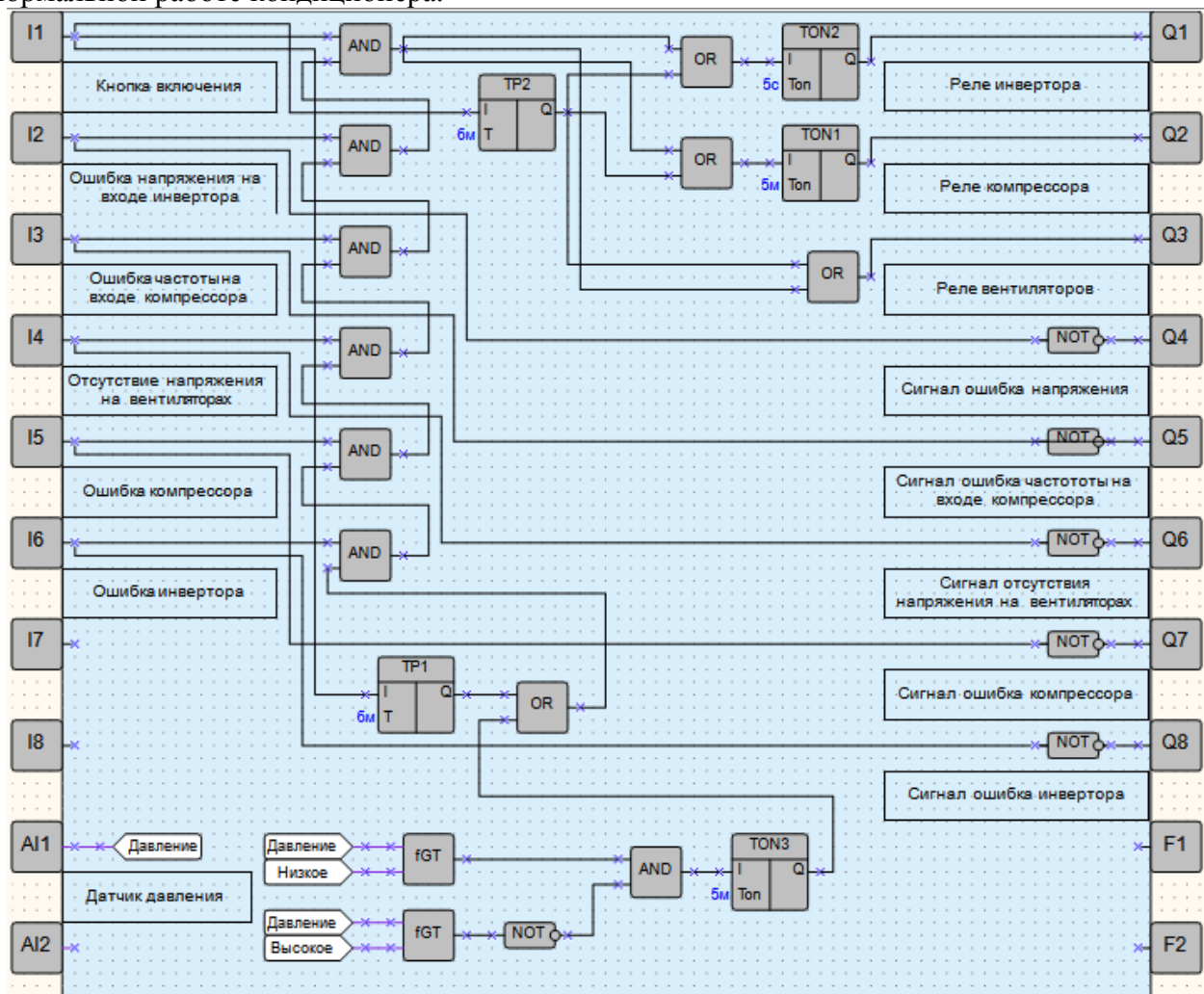


Рис.1. Программа защитной автоматики кондиционера

Выводы. Разработанный алгоритм и программа для защитной автоматизации системы кондиционирования воздуха в мобильном комплексе является современным решением. Она отвечает всем требованиям к автоматизации технических процессов. Данную программу можно реализовать на всех современных устройствах для автоматизации и программируемых реле, что делает её универсальным решением для защиты компонентов и самого кондиционера от сбоев и преждевременного выхода из строя. После этапа разработки схема загружалась на контроллер и тестировалась с помощью подключения вместо выходных устройств сигнальных ламп, за время испытаний сбоев в работе автоматики не наблюдалось.

Список литературы

1. Кашкаров А. П. Установка, ремонт и обслуживание кондиционеров. М. ДМК ПРЕСС, 2011. – 120 с.
2. Корх Л. Всё о кондиционерах. М., 2004. – 72 с.
3. www.owen.ru
4. Бондарь Е.С., Гордиенко А. С., Михайлов В. А., Нимич Г.В. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха. К. ТОВ «Вавдничий будинок «Аванпост-Прим».», 2005 – 560 с.

УДК 678.55.157.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ УГРОЗ ОБЪЕКТУ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЕ

Калчороева Айганыш Таалайбековна, магистр БиПЗИМ-1-17, Институт Электроники и Телекоммуникации при КГТУ имени И.Раззакова, Кыргызская Республика 720044, Бишкек, Проспект Ч.Айтматова 66, e-mail: ai.kalchoroeva@gmail.com

Баракова Жанна Токтобековна, к.т.н., доцент, Институт Электроники и Телекоммуникации при КГТУ имени И.Раззакова, Кыргызская Республика 720044, Бишкек, Проспект Ч.Айтматова 66, e-mail: janna05_05@mail.ru

Аннотация. В данной статье были исследованы различные существующие методы обнаружения угроз объекту в инфокоммуникационной среде. На сегодняшний момент данный вопрос является одной из важнейших, так как современная техника достигла большого прогресса за довольно короткое время и большинство промышленных объектов переходят на автоматизированные системы управления. Все это заставляет защищать наши данные от угроз и атак, которые могут поступать от злоумышленников. В данной статье, в частности, были изучены возможные угрозы информационной безопасности в сфере энергетики и транспорта, в сфере банков, а также в социальных сетях.

Ключевые слова: информационная безопасность, автоматизированные системы управления (АСУ), киберугрозы, информационные технологии, источники угроз.

THE STUDY OF METHODS FOR DETECTING THREATS TO AN OBJECT IN AN INFOCOMMUNICATION ENVIRONMENT

Kalchoroeva Aiganysh Taalaybekovna, Master Student of BiPZIm-1-17, Electronics Telecommunication Institute under the KSTU named after I.Razzakov; 66, Ch.Aitmatov Prospect, Bishkek, Kyrgyz Republic 720044, e-mail: ai.kalchoroeva@gmail.com

Barakova Zhanna Toktokbekovna, 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. This article explored various existing methods for detecting threats to objects in the info communication environment. This issue is one of the most important, since modern technology has made great progress in a relatively short time and most industrial facilities are switching to automated control systems now. All this forces us to protect our data from threats and attacks that may come from intruders. In this article, in particular, possible threats of information security in the sphere of energy and transport, in the sphere of banks, and in social networks were studied.

Key words: information security, automated control systems (ACS), cyber threats, information technologies, sources of threats.

Введение

В настоящее время безопасность и развитие любого предприятия зависит от способности обнаруживать возникающие угрозы в облачной, локальной и гибридной средах и быстро реагировать на них. Тем не менее, методы и стратегии атаки постоянно развиваются, что делает обнаружение угроз постоянно движущейся целью. Обнаружение сложных и развивающихся угроз требует передовых инструментов, знаний и обучения.

Вопрос информационной безопасности является особенно острой, так как в современном обществе автоматизированные системы управления используются практически во всех областях деятельности: в медицине, строительстве, машиностроении, образовании и т.д.

Любая атака на объект, может привести к потере персональных данных, к сбою работы всей системы, к утечке конфиденциальной информации, к материальному ущербу, к потере клиентов, а главное - к потере доверия. Перечислять ущерб, возникающий от атак на объект можно очень долго. Своевременное выявление угроз позволяет избежать всех этих проблем. И именно поэтому исследование и разработка новых методов обнаружения угроз и его уничтожения является на сегодняшний день очень актуальным не только в нашей республике, но и во всем мире.

На сегодняшний момент существуют множество разновидностей угроз защите данных. Для защиты от них необходимо проанализировать все возможные атаки угрозы, которые могут поступать как изнутри системы, так и снаружи. И основываясь на этих показателях можно грамотно составить весь комплекс мер для защиты от угроз [1].

Информационная безопасность

Информационная безопасность – это защищенность информации и поддерживающей инфраструктуры от случайных или преднамеренных воздействий естественного или искусственного характера, которые могут привести к ущербу владельцам или пользователям информации и поддерживающей инфраструктуры. Информационная безопасность не сводится исключительно к защите информации. Субъект информационных отношений может пострадать (понести убытки) не только от несанкционированного доступа, но и от поломки системы, изменений и хищению данных вызвавшей перерыв в обслуживании клиентов. В связи с этим, в качестве цели защиты целесообразно сформулировать требования обеспечения конфиденциальности, целостности и доступности информационной среды [2].

Конфиденциальность - свойство информации быть недоступной и закрытой для неавторизованного индивидуума, логического объекта или процесса.

Целостность - свойство сохранять правильность и полноту данных.

Доступность - свойство объекта находиться в состоянии готовности и возможности использования по запросу авторизованного индивидуума, логического объекта или процесса.

Под угрозой понимаются характеристики свойства системы и окружающей среды, которые в соответствующих условиях могут вызвать появление опасного события.

Угроза — это потенциальная возможность определённым образом нарушить информационную безопасность.

Попытка реализации угрозы называется **атакой**, а тот, кто предпринимает такую попытку — **злоумышленником**. Все злоумышленники являются источниками угроз.

Угрозы в отрасли банковских услуг

Сектор банковских и финансовых услуг играет жизненно важную роль в развитии экономики страны. Последние два десятилетия стали свидетелями драматического преобразования в ведении бизнеса. Все больше и больше различных технологических решений внедряются и используются в этих финансовых учреждениях. Внедрение технологических решений привело к удобству для клиентов и экономическая эффективность от банковского дела возросла. Таким образом, банки в значительной степени обязаны поддерживать целостность финансовых операций и защиту конфиденциальности клиентов. Тем не менее, принятие этих технологий принесли большое количество угроз информационной безопасности. Инциденты, связанные с нарушением информации могут привести к потере репутации банка и к значительному сокращению существующих клиентов. Следовательно, понимание угрозы информационной безопасности и предотвращения таких инцидентов требуется в профессиональной банковской среде.

Например, 2015 году банковская индустрия обнаружила поразительный новый тип угрозы: массивное киберпреступное кольцо предназначалось для банков, использующих вредоносное ПО Carbanak. Зараженные этим вредоносным ПО машины в течение двух лет находились под радаром, атаковав внутренние банковские службы обработки денег и банкоматы (банкоматы). К тому времени, когда они были обнаружены «Лабораторией Касперского», эти атаки уже проникли в более чем 100 банков в 30 странах, а вора удалось выделить 1 миллиард долларов.

Разработка надежной стратегии безопасности предполагает оценку рисков и уязвимостей компании, связанных с текущим ландшафтом. Понимание этого может помочь реализовать правильные стратегии, которые будут защищать данные и сети с помощью технологий. Для того, чтобы построить правильную стратегию по обеспечению безопасности организации требуется:

1. **Анализ угроз.** Анализ угроз помогает определить уровень допустимого уровня риска, которую можно принять, избежать, перенести или предотвратить. Анализ рисков может помочь определить, как лучше составить бюджет и определить приоритеты инициатив в области безопасности.

2. **Классификация данных и активов.** Необходимо понимать данные и активы, которые поддерживает организация, и классифицировать их в зависимости от важности основных бизнес-задач. Это помогает устанавливать приоритеты для уровней безопасности и устанавливать разрешения для доступа к информации.

3. **Обучение безопасности пользователей.** Без сомнения, люди представляют наибольшую угрозу организации в результате случайного или злонамеренного неправильного использования или злоупотребления данными. Сотрудники должны быть должным образом обучены угрозам и тому, как правильно обращаться с данными. Осведомленность сотрудников о политике и процедурах компании, безусловно, может помочь предотвратить потерю данных.

4. **Безопасность приложений.** Безопасность приложения описывает тип безопасности, который включает аппаратное и программное обеспечение для защиты организаций от внешних угроз. По мере того, как мир финансовых услуг движется в сторону цифровых технологий, угрозы приложений становятся все более и более распространенными.

Для обеспечения надлежащей защиты приложений могут быть приняты различные меры. Для начала можно определить приоритеты различных угроз, обнаруживаемых в приложениях. Это может быть что угодно, от незапланированных событий до хакеров, или

неспособность хранить важную информацию. Во-вторых, можно применить ограничения доступа к операционной системе компьютера.

Процессы аутентификации

Аутентификация в основном работает для подтверждения того, что пользователи являются теми, кем они себя называют, и что их сообщение, файл или данные являются подлинными. Эта функция необходима в отрасли финансовых услуг из-за риска, с которым клиенты сталкиваются с мошенничеством с кредитными картами в связи с развитием онлайн-банкинга. Поскольку банки становятся мобильными как никогда, клиенты более уязвимы к этим угрозам. [5]

Чтобы банки могли справиться с этой задачей, методы аутентификации были интегрированы в мобильные инструменты, такие как аутентификация на основе имени пользователя и пароля. В последних разработках отпечаток пальца Touch ID оказал влияние на эти мобильные приложения, а также на распознавание лиц, таких как сканирование фотографий и возможности сопоставления лиц.

Процессы авторизации

Авторизация дает разрешение на выполнение каких-либо действий, таких как доступ к базам данных или системам, для выполнения задачи. Понятно, что это важно для обеспечения безопасности большинства задач в организации, особенно в финансовой индустрии. Авторизация просматривается при каждом использовании кредитной карты и получении квитанции. Он рассматривается как подпись клиента на обратной стороне кредитной или дебетовой карты, чтобы создать подлинное разрешение от пользователя. Наряду с этим, коды авторизации также можно найти на карточках. Это код, который отправляется банкирам напрямую для проверки платежей. Банки могут приостановить авторизацию, если подозревается мошенническое поведение. Чтобы клиент мог разблокировать это удержание, именно здесь играет роль аутентификация, такая как имя, секретные вопросы и другая личная информация.

Угрозы в отрасли энергетики

Роль, которую энергетический сектор играет в функционировании современной экономики, с ее возрастающей взаимосвязью и оцифровкой, с появлением интеллектуальных сетей и интеллектуальных устройств, делает энергетический сектор очень привлекательной целью для атак, направленных на срыв работы всей системы. В худшем случае эти атаки могут привести к остановке инфраструктуры, вызвать экономические и финансовые сбои или даже гибель людей и огромный ущерб окружающей среде. В новом докладе Мирового Энергетического Совета подчеркивается, что за прошедший год в энергетических компаниях наблюдалось значительное увеличение числа успешных атак.

Так, в 2015-году в Украине за день до Рождества три распределительные компании были взломаны одновременно, и хакерам удалось отключить электричество для четверти миллиона человек на несколько часов. В Интернете есть несколько видеоклипов, демонстрирующих, как системы управления в диспетчерских центрах компаний «принадлежали» хакерам. Курсор просто перемещался по экрану, пока персонал беспомощно наблюдал. Объяснение того, что это вообще возможно, можно найти в так называемых SCADA-системах. Системы SCADA (диспетчерский контроль и сбор данных) используются для управления энергетической сетью и извлечения данных из нее. Проблема с системами SCADA и другими промышленными системами управления заключается в том, что машины, которыми они управляют, просто не предназначены для кибербезопасности.

В сфере электроснабжения можно применять методы мониторинга ИТ: простой протокол сетевого управления (SNMP), который позволяет операторам управлять устройствами через IP, включая коммутаторы, маршрутизаторы, рабочие станции и принтеры

через систему управления сетью (NMS). В энергетическом секторе операторы могут использовать SNMP для мониторинга данных устройства на уровне NMS:

- **путем мониторинга состояния устройств;**
- **мониторинга производительности и связи устройств;**
- **обнаруживая вторжения;**
- **управляя конфигурацией.**

Чтобы избежать компьютерных ошибок, внедрение новых технологий и уровней безопасности недостаточно. Все заинтересованные стороны (команды на местах распространения, поставщики, специалисты по техническому обслуживанию и вводу в эксплуатацию) должны пройти обучение по технике безопасности [3]. Чтобы реализовать эти изменения и обеспечить безопасность ИТ, необходимо представить основные концепции безопасности, а именно:

Шаг 1. Определить политику безопасности,

Шаг 2: Определите процессы,

Шаг 3: Выберите технологию и внедрите ее.

Угрозы в сфере транспорта

Транспорт во всех видах является жизненно важной услугой во всех городах. По мере того, как города стали использовать все более взаимосвязанные и более сложные транспортные системы, вероятность нападения возросла, и появляются новые угрозы [4]. Поскольку все больше транспортной инфраструктуры города - таких как светофоры, дорожные датчики, железнодорожный или автобусный транспорт, порты и системы аэропортов - становятся подключенными к сети, злоумышленники все чаще могут атаковать не только информационные технологии, но и оперативные технологии, которые управляют городскими системами сигнализации и управления. Это означает, что преступники могут вызвать:

1. Серьезные сбои в работе,
2. Остановку общественного транспорта,
3. Изменение сигналов светофора,
4. Удаленное управление транспортной инфраструктурой города.

Угрозы в социальных сетях

Социальные сети очень популярны в современном мире. Миллионы людей используют различные формы социальных сетей, так как они позволяют людям общаться с друзьями и семьей, а также делиться личной информацией. Однако могут возникнуть проблемы, связанные с поддержанием конфиденциальности и безопасности информации пользователя, особенно когда загружаемый пользователем контент является мультимедиа, таким как фотографии, видео и аудио. Загруженный мультимедийный контент несет информацию, которая может передаваться вирусно и почти мгновенно внутри сайта социальной сети и за ее пределами [5].

Социальные сети являются основными инструментами сбора частной информации, и при использовании злоумышленниками эта информация может и будет использоваться против людей. Это также место, где ребенок может вступать в контакт с очень неприятными или даже опасными людьми. Основная проблема заключается в том, что экстремисты, террористы и злоумышленники могут использовать социальные сети для вербовки новых членов в свою преступную группу.

Атака, исходящая из социальных сетей, часто на разных уровнях. Сначала хакеры пытаются получить доступ к учетной записи (через сайт или программу, которая захватывает пароли). Затем они используют взломанные аккаунты для своих собственных целей. Это может быть рассылка спама, кража банковских счетов или простой доступ к вашим личным

данным. Также опасно, что злоумышленники могут отправлять ссылки со вредоносных сайтов всем пользователям в списке друзей жертвы. Люди привыкли нажимать на ссылки, отправленные людьми, которым они доверяют, и вредоносная ссылка может установить вредоносное программное обеспечение

Угрозы, с которыми могут столкнуться клиенты, могут быть разделены на два класса:

1. **Угрозы, связанные с конфиденциальностью.** Вопросы конфиденциальности требуют, чтобы пользовательские профили никогда не распространять. Данные на отдельных личных страницах могут содержать исключительно личную информацию, например, даты рождения, места жительства и индивидуальные номера и так далее. Эти данные могут быть использованы злоумышленниками для мошенничества, шантажа или использования имеющихся данных для других корыстных целей.

2. **Угрозы, связанные с безопасностью.** Злоумышленники создают ложные профили или копируют личность, для того, чтобы опорочить известного человека в социальной сети. Это может коснуться не только человека, но и мировые компании, которые используют платформу социальных сетей для рекламы и продвижения своей продукции.

С ростом популярности сайтов социальных сетей они стали основной целью различного рода угроз и атак. Киберпреступность становится широко распространенным и представляет серьезную угрозу для национальной и экономической безопасности. Как государственные, так и частные учреждения в секторе общественного здравоохранения, информации и телекоммуникаций, обороны, банковского дела и финансов находятся в опасности. Таким образом, организации должны принять надлежащие меры безопасности для защиты от киберпреступлений, и пользователи должны защищать свою личную информацию.

Типы угроз безопасности.

1. Фишинговые атаки

Масса электронных писем отправляется многим получателям, которые должны хранить конфиденциальную информацию (например, свой пароль, имя пользователя или банковские реквизиты). С помощью этой информации злоумышленник может выполнить взлом данных. Трудно обнаружить такое электронное письмо, потому что оно надежно скрывается, заставляя получателя посетить вредоносный веб-сайт. Фишинг - более целенаправленная форма атаки. Письмо предназначено для того, чтобы создать впечатление, что оно было отправлено кем-то, кого получатель знает или которому он доверяет. Руководители или владельцы привилегированных аккаунтов часто становятся жертвами фишинговых атак.

2. Внутренние угрозы

Это новый метод, обычно используемый во многих недавних взломах данных. Внутренние угрозы кибербезопасности организованы сотрудниками. Эти внутренние угрозы могут быть непреднамеренными (сотрудник является жертвой фишинг-атаки) или злонамеренными (недовольный сотрудник преднамеренно извлекает данные). В любом случае, внутреннее нарушение данных особенно трудно обнаружить.

3. Отказ в обслуживании (DoS)

Эти кибератаки происходят, когда хакер наводняет веб-сайт большим объемом трафика, чем он может обработать. В результате законные пользователи не могут получить доступ к сервисам. Это приводит к простоям сотрудников или дорогостоящих пользователей. При распределенных атаках типа «отказ в обслуживании» (DDoS) используется ботнет, представляющий собой группу скомпрометированных компьютеров или устройств IoT. Эти бот-сети генерируют то, что может быть законным трафиком, что делает различие между нормальным и вредоносным трафиком еще более трудным.

4. Вредоносные программы

Среди наиболее распространенных угроз кибербезопасности вредоносные программы - это несколько видов вредоносного программного обеспечения, которое запускается, когда

пользователь загружает их по ошибке. Некоторые из последних нарушений кибербезопасности связаны с такими вредоносными программами, как WannaCry и Petya / NotPetya. Традиционные вредоносные программы, такие как вирусы, трояны и бэкдоры, также все еще присутствуют.

5. Кража личных данных

Привилегированные учетные записи могут быть скомпрометированы, если учетные данные используются не по назначению или используются несколько раз. Злоумышленник может использовать то, что кажется законным веб-приложением, для получения учетных данных неискушенного сотрудника. Впоследствии, хакер может получить доступ к конфиденциальной информации и либо взломать или зашифровать (вымогателей) для достижения финансовой выгоды. Использование одного и того же пароля для всех систем особенно вредно, даже если этот объект заманчив для персонала. Повторное использование учетных данных в нескольких системах позволяет злоумышленнику более широко перемещаться по вашей инфраструктуре.

Методы обнаружения угроз

Методы обнаружения угроз и анализа несанкционированных воздействий на ресурс информационной системы можно разделить на:

- метод на основе анализа сигнатур
- метод обнаружения аномальных отклонений.

Метод обнаружения угроз на основе сигнатур - это процесс, в котором для конкретной угрозы устанавливается уникальный идентификатор, позволяющий идентифицировать угрозу в будущем. В случае антивирусного сканера это может быть уникальный шаблон кода, который присоединяется к файлу, или он может быть таким же простым, как хеш известного неверного файла. Если этот конкретный шаблон или подпись обнаружен снова, файл может быть помечен как зараженный.

По мере того как вредоносные программы становились все более изощренными, авторы вредоносных программ начали использовать новые методы, такие как полиморфизм, для изменения шаблона при каждом распространении объекта из одной системы в другую. Таким образом, простое сопоставление с образцом не будет полезным, если не считать небольшую кучку обнаруженных устройств.

Один из главных ограничивающих факторов, стоящих за сигнатурами, заключается в том, что они всегда носят реактивный характер: вам всегда нужно начинать с экземпляра вируса или понимания сетевой атаки, чтобы написать сигнатуру для их обнаружения. Это означает, что подписи не могут идентифицировать неизвестные и возникающие угрозы. Подписи только идентифицируют угрозы, которые уже известны.

Метод обнаружения аномальных отклонений. В отличие от обнаружения на основе сигнатур, метод обнаружения аномальных отклонений не ищет уникальные характеристики конкретной угрозы, а ищет результаты. С медицинской точки зрения, представьте, что подписи - это анализ крови, чтобы определить, заражены ли вы конкретной бактерией, а анализ поведения отслеживает ваши симптомы. Если у вас болит горло, насморк, лихорадка, застой в груди, вы, вероятно, больны.

Преимущество обнаружения аномальных отклонений заключается в том, что данный метод может обнаруживать неизвестные угрозы. Одним из побочных эффектов является то, что он склонен к ложным срабатываниям. В медицинской аналогии, вы можете быть горячим, потеть и иметь затрудненное дыхание из-за простуды ... или, возможно, вы только что занялись спортом. Дополнительный контекст помогает разобраться в этих результатах, но когда количество ложных срабатываний превышает количество подлинных обнаружений, решение может быть больше проблем, чем оно того стоит.

Кроме того, анализ поведения может быть гораздо более ресурсоемким, поэтому полагаться на него для выявления известных угроз может быть дорого и сопряжено с риском пропуска угрозы, которую можно легко идентифицировать с помощью подписи.

Сбалансированная и многослойная защита.

Оба метода обнаружения угроз полезны для сбалансированной и многоуровневой защиты от кибербезопасности. Можно использовать Принцип Парето (он же «правило 80/20»).

Восемьдесят процентов (или потенциально больше) инцидентов в вашей среде будут легко идентифицироваться с помощью обнаружения на основе сигнатур. На самом деле, подписи являются наиболее эффективным методом обнаружения известных угроз, что означает, что он остается принципиально важной методологией.

С другой стороны, двадцать процентов (или меньше) проблем не будут идентифицироваться подписями, но, скорее всего, вызовут восемьдесят процентов проблем. Если организация подвергается целенаправленной атаке, скорее всего, это не будет легко идентифицируемой или известной угрозой. Итак, метод обнаружения аномальных отклонений явно необходим [6]

Современная защита от кибербезопасности является сбалансированной и многоуровневой, что означает включение методов обнаружения как известных, так и неизвестных угроз. Эффективные организации могут легко идентифицировать, предотвращать и рассылать известные угрозы, используя решение на основе сигнатур, и дополнять этот метод решениями на основе метода обнаружения аномальных отклонений, чтобы обнаруживать неизвестные угрозы, которые может пропустить решение на основе сигнатур.

Список литературы:

1. Информационная безопасность. Учебное пособие под общей редакцией проф. Ясенева В.Н. http://www.unn.ru/books/met_files/infbezop.pdf (дата обращения 10.03.2019).
2. А.Н.Асаул. Организация предпринимательской деятельности. Учебник. СПб.: АНО ИПЭВ, 2009. 336с. http://www.aup.ru/books/m6/8_4.htm (дата обращения 09.03.2019).
3. Книга 5. Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Функционирование энергетики в современном мире. <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-4/section-1> (дата обращения 14.03.2019).
4. Угрозы транспортной безопасности Российской Федерации. Статьи по предмету Административное право. <http://www.justicemaker.ru/view-article.php?id=25&art=1691> (дата обращения 14.03.2019).
5. Проблемы информационной безопасности в социальных сообществах в сети интернет. <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-informatsionnoy-bezopasnosti-v-sotsialnyh-soobshchestvah-v-seti-internet> (дата обращения 11.03.2019).
6. Методы обнаружения вторжений: методы и лучшие практики <https://www.alienvault.com/blogs/security-essentials/intrusion-detection-techniques-methods-best-practices>(дата обращения 11.04.2019).
7. Источники угроз для банка. <https://finlit.online/bankovskoe-delo-knigi/istochniki-ugroz-dlya-42527.html> (дата обращения 11.03.2019).

References

1. Information security. The manual is edited by prof. Yaseneva V.N. http://www.unn.ru/books/met_files/infbezop.pdf (accessed 10/03/2019).
2. A.N. Asaul. Business organization. Textbook. SPb .: ANO IPEV, 2009. 336s. http://www.aup.ru/books/m6/8_4.htm (accessed 09/03/2019).

3. Book 5. Electricity and environmental protection. The functioning of energy in the modern world. <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-4/section-1> (accessed 14/03/2019).
4. Threats to the transport security of the Russian Federation. Articles on the subject of administrative law. <http://www.justicemaker.ru/view-article.php?id=25&art=1691> (accessed 03/14/2019).
5. Sources of threats to the bank. <https://finlit.online/bankovskoe-delo-knigi/istochniki-ugroz-dlya-42527.html> (accessed 11/03/2019).
6. Problems of information security in social communities on the Internet. <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-informatsionnoy-bezopasnosti-v-sotsialnyh-soobshchestvah-v-seti-internet> (accessed 11/03/2019).
7. Intrusion Detection Techniques: Methods & Best Practices <https://www.alienvault.com/blogs/security-essentials/intrusion-detection-techniques-methods-best-practices> (accessed 11/03/2019).

UDK 681.516

BUILDING FAULT-TOLERANT DECENTRALIZED SYSTEMS

E.K. Mailybaev – PhD doctoral student, Kazakh university ways and communications, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050063, e-mail: ersind@mail.ru

U.U. Umbetov – Dr. Sci. Tech., professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Kh.A. Yasavi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Republic of Kazakhstan, e-mail: uumbetov@mail.ru

Zh.I. Batyrkanov, professor, Kyrgyz State Technical University after I. Razzakov, Bishkek, Republic of Kyrgyzstan

Kossyakov Igor Olegovich, PhD student Kazakh University Ways of Communications, Republic of Kazakhstan, Almaty, microdistrict Zhetysu-1, 32A, e-mail: heimmdal@mail.ru

A.B. Shynykulova – PhD doctoral student, Kazakh university ways and communications, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050063, sh.anell14@mail.ru

Annotation. The safety of technological processes, communication systems, onboard systems and other control objects is largely determined by the reliability, fault tolerance and survivability of the control computing systems, especially in the event of emergency situations, accidents, sabotage that impede and sometimes exclude repairs. Technical failures, as well as the unreliable functioning of information and telecommunication systems in the field of information security are noted as one of the main threats to information security. The development of methods and means of adaptation at the same time to the flow of failures and requests in control systems, computing nodes of which are implemented on the basis of industrial computers and controllers, equipped with a set of functional modules, which determine the multifunctionality of the nodes, help in addressing fault tolerance. Fault tolerance property of a technical system to maintain its operability after the failure of one or more composite components. Fault tolerance is determined by the number of any consecutive single component failures, after which the health of the system as a whole is maintained. The advantages of fault-tolerant decentralized systems are given. The basic principles of building systems with fault-tolerant characteristics are listed. Various technologies for system stability are considered.

Keywords: fault tolerance, automation, decentralization, processes, shutdowns, monitoring.

ПОСТРОЕНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ

Е.К. Майлыбаев – докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail: ersind@mail.ru.

У.У. Умбетов, д.т.н., профессор, Проректор по учебной работе Международного казахско-турецкого университета имени Х.А. Ясави, Туркестан, Республика Казахстан, uumbetov@mail.ru.

Ж.И. Батырканов, профессор, Кыргызский Государственный Технический Университет им. И. Раззакова, Бишкек, Республика Кыргызстан.

Косяков Игорь Олегович, докторант PhD Казахского Университета Путей Сообщения, Республика Казахстан, г. Алматы, микрорайон Жетысу-1, 32А, e-mail: heimmdal@mail.ru

А.Б. Шыныкулова – докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail: sh.anel14@mail.ru.

Аннотация. Безопасность технологических процессов, систем связи, бортовых систем и иных объектов управления во многом определяется надежностью, отказоустойчивостью и живучестью управляющих вычислительных систем, особенно при возникновении нештатных ситуаций, аварии, диверсии затрудняющих, а порой исключаящих ремонтные работы. Отказы технических средств, а также ненадежное функционирование информационных и телекоммуникационных систем в сфере информационной безопасности отмечены как одни из основных угроз информационной безопасности. Разработка методов и средств адаптации одновременно к потокам отказов и запросов в управляющих системах, вычислительные узлы которых реализуются на основе промышленных компьютеров и контроллеров, укомплектованных набором функциональных модулей, обуславливающих многофункциональность узлов помогают в решении вопросов отказоустойчивости. Отказоустойчивость свойство технической системы сохранять свою работоспособность после отказа одного или нескольких составных компонентов. Отказоустойчивость определяется количеством любых последовательных единичных отказов компонентов, после которого сохраняется работоспособность системы в целом. Приведены преимущества отказоустойчивых децентрализованных систем. Перечислены основные принципы построения систем с отказоустойчивыми характеристиками. Рассмотрены различные технологии для устойчивости системы.

Ключевые слова: отказоустойчивость, автоматизация, децентрализация, процессы, остановы, мониторинг.

Introduction

Fail-safe decentralized systems- are one of the promising areas for the development of optimal control of equipment shutdowns of technological processes. Fail-safe decentralized are able to continuously operate in the event of failure of individual nodes and communication channels without the need for remedial repair due to the presence in their architecture of special hardware and algorithmic tools that automatically detect failures, isolate them and replace them with backup resources ensuring restoration of the logical integrity of the communication environment. Due to these properties, fail-safe decentralized can be successfully used as a basis for creating critical, important facilities of a hazardous production and process management system. Failures of the modules and bonds of the fail-safe decentralized systems lead to the appearance of heterogeneity in its physical structure.

As a result, the number of possible data transfer routes decreases, while their average length increases, which complicates the routing of data between healthy modules after system reconfiguration. As a result, the average time for the exchange of information flow increases and the actual system performance decreases [1].

The base of the article description was the scientific and production work of scientists in the field of the theory of the fault-tolerant organization of decentralized systems. In particular, the following works were studied: S.E. Baranov, V.V. Voevodin, Y.Y. Gromov, E.A. Kalyaev, E.E. Levin, V.G. Khoroshevsky, I.V. Zotov, Borisenko Y.V etc

THE MAIN PART

There are two fundamentally different approaches that can be independently combined when building a fail-safe decentralized systems. Figure 1 shows an example of a multi-level decentralized control system. The first approach is implemented using disaster recovery, when a complete copy of the entire system can be restored in another data center. This method is relevant in almost any situation, however, it can have a very long period of inactivity. The second way: it is the software implementation of fault tolerance for each of the components and their interaction. Below we consider various technologies for system stability. [2,3].

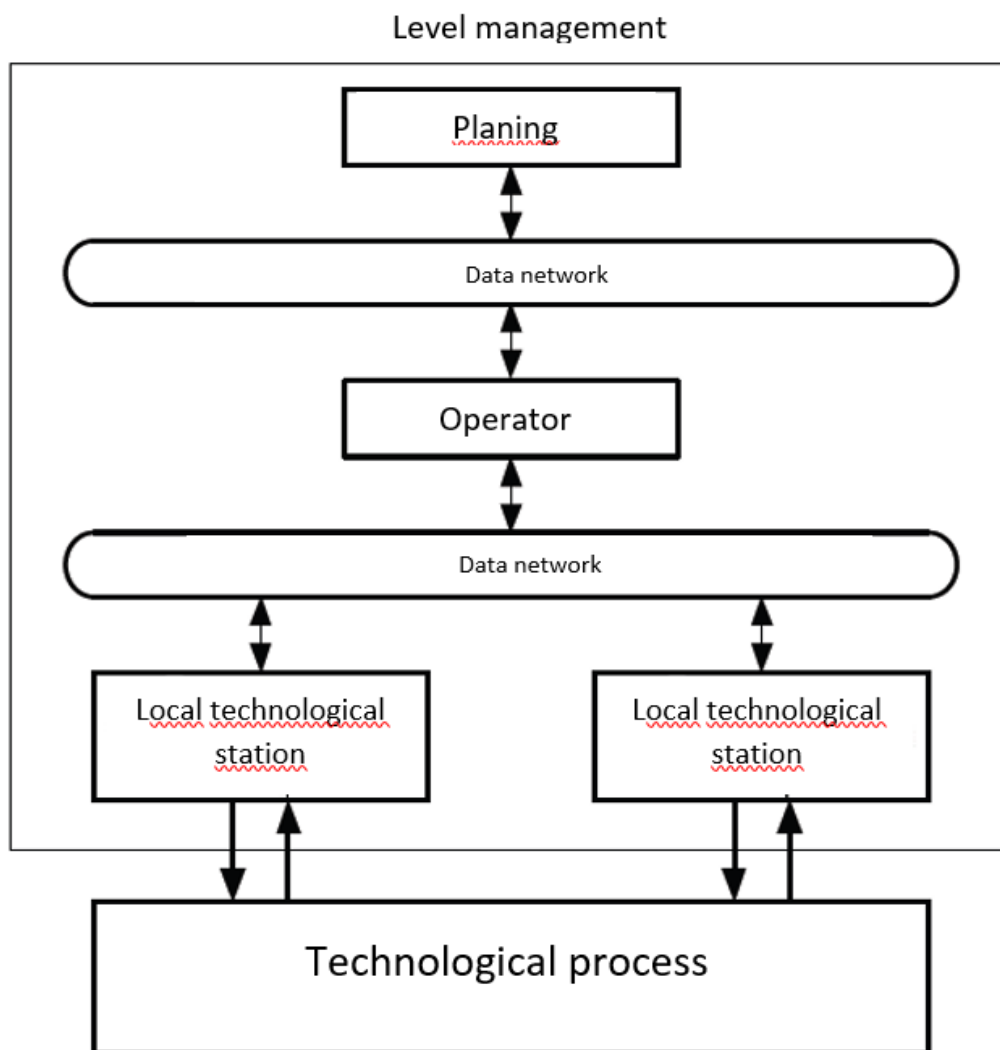


Figure 1- is an example of a multi-level decentralized control system.

Low level fault tolerance services. These systems should consists of more or less independent of each other subsystems, and each of them must be fault tolerant. Single point of failure. Architecture should be avoided in which the entire system collapses when one of the components is stopped. This can be achieved either by using the principle of redundancy, or by making the components as independent as possible so that if one of the components fails, only part of the functionality stops working, and the rest of the system continues to work. This solution is not suitable for the main

functionality of the system, but in case of problems of secondary elements of the system that provide auxiliary functions, the specified shutdown can completely disable the system. Redundancy system with the presence of an excess amount of necessary components. Redundancy can be seen on the example of a mirrored RAID array as well as two network adapters connected to two different switches also represent a redundancy model. And when one of these redundant components is stopped, all other components should continue to work.

With this design approach, two strategies can be distinguished: active-active and active-passive.

In an active-active strategy, you can work simultaneously with two identical components at the same time. For example, in a system where an operator simultaneously receives data from a workshop using two different components from two different places. If one of these components fails, the operator will not notice that there was a problem in the system, which is an undoubted advantage of this approach. As a minus it is possible to allocate doubling the amount of traffic and time for its processing, as well as additional server infrastructure, which is constantly in operation and consumes resources. The active-passive strategy is only one constantly working component, in the case of which it stops, the second component automatically turns on, which restores the state and takes over all the work. But with this strategy, problems may arise with the bandwidth of the component. It is also important to understand the complexity of implementing an active-passive strategy compared to an active-active strategy, since you need a reliable way to verify that the active component is functioning and you need to be able to restore the state at the time of the shutdown or constantly synchronize it.

Also, this solution will always have some delay in the operation when the component is stopped, while the passive component will consume a lot less resources and you can get a fault-tolerant solution on a weaker hardware resource.

Load balancing is used when building heavily loaded systems.

However, for the fail-safe decentralized systems this principle also applies. Load balancing evenly distributes the entire load among identical components.

Unlike the above-described active-active strategy, here only one component performs each task. For example, in the case of web servers, making session replication is difficult without load balancing. In this solution, it is very important to have at least $N+1$ redundancy; if peak loads require N components operating at full capacity, then $N+1$ such components should be present in the system, otherwise, when one of the elements stops, then all other loads increase and the whole system will crash.

Defensive coding. To achieve maximum resiliency, you need to pay attention to resiliency during the design and programming stage of the system. The code of the processing program must be able to work with continuous cycles, mechanisms to protect the processor from thermal damage when the system overheats, access points, null division.

When an error occurs during processing, the system should not enter into an infinite loop, which constantly tries to perform this operation, especially if the message comes from outside, and there is no guarantee that it is correct. Sending an error message to the monitoring system and proceeding to the processing of the next task will provide an opportunity to interrupt such a cycle. When you receive a message from outside, you need to consider the situation with the number of messages that exceed the processor's processing ability. The system from time to time must maintain its state, so that in case of big problems there will always be an opportunity to roll back into the last consistent state.

To avoid problematic situations with division by null, the program code should be created with the rule to never pass a null between components in the system.

Monitoring. Increase the resiliency of the system as possible through monitoring. Very often, having learned about upcoming problems in advance, you can take certain actions to avoid their occurrence. For example, seeing that the free disk space is running out, you can start the process of clearing old event logs. For monitoring there are many ready-made solutions, both paid and with open-source license, such as Triton, Nagios. Standard monitoring functions are monitoring disk,

processors and traffic. There are also various plugins that allow you to monitor log files and send a message to the monitoring system when errors occur. [4].

Another type of monitoring is the health monitor, when the application sends special heartbeat periodic signals generated by hardware or software to indicate normal operation or to synchronize other parts, and if there was no return from the application for a certain period of time, a message pops up in the tracking system about malfunction.

Findings

It is necessary to think through all the phases of system resiliency as early as possible, at the design stage, adhering to bring the system to the possibility of their components to resist unplanned failures or violations, and also to recover in a certain temporary period in the event of such an event. It is very important to investigate every problem that has occurred in the system, find the true cause of the errors and make an analysis of the event.

LIST OF SOURCES:

1. Borisenko Yu.V. Method, algorithms and hardware for online program relocation in fault-tolerant multicomputer systems: Abstract dis. can.tech.science. Kursk, 2014.
2. Chernyshev N.N. Distributed automatic control system for a hydrogen sulphide gas combustion unit. -Lugansk.: Праці луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації №1(23), 2011. 14с
3. Kruchinin S.V. Types of decentralized networks and the option of building a decentralized network of a full protocol stack. -Volograd.: Proceedings of the Volograd state technical university №11(190), 2016. 161с
4. Javaspécialist. Building a fault-tolerant system (fault tolerant) [electronic resource] <https://habr.com/ru/post/118496/>

УДК 621.313.33

РАЗРАБОТКА НАБЛЮДАТЕЛЯ ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ БЕЗДАТЧИКОВЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЯ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

Бобров М.А. к.т.н., старший преподаватель кафедры электроники и электротехники Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68. e-mail: bobrovma92@mail.ru

Тутаев Г.М. д.т.н., профессор кафедры электроники и электротехники Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68. e-mail: tutaevgt@mail.ru

Кулаев Н.А. студент кафедры электроники и электротехники Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68. e-mail: kulaevna.ee@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты исследований бездатчиковой системы векторного управления электроприводом на базе двигателя двойного питания. Приведены математические модели и синтезированные функциональные схемы двух моделей наблюдателей потокосцепления.

Ключевые слова: двигатель двойного питания, наблюдатель потокосцепления, бездатчиковое векторное управление, функциональная схема наблюдателя потокосцепления.

**DEVELOPMENT OF FLUX LINKAGE OBSERVER FOR SENSORLESS
CONTROL ALGORITHMS OF DOUBLE-FED INDUCTION MOTOR DRIVE
IMPLEMENTATION**

Bobrov M.A. senior lecture of the Department of electronics and electrical engineering of Ogarev Mordovia State University, 430005, Russia, Saransk, street Bolshevist, d. 68. e-mail: bobrovma92@mail.ru

Tutaev G.M. professor of the Department of electronics and electrical engineering of Ogarev Mordovia State University, 430005, Russia, Saransk, street Bolshevist, d. 68. e-mail: tutaevgm@mail.ru

Kulaev N.A. student of the Department of electronics and electrical engineering of Ogarev Mordovia State University, 430005, Russia, Saransk, street Bolshevist, d. 68. e-mail: kulaevna.ee@gmail.com

Abstract. The article presents the results of research of a sensorless vector control system for an electric drive based on a double-fed motor. Mathematical models and synthesized functional diagrams of two models of flux linkage observers are given.

Keywords: double-fed induction motor, flux linkage observer, sensorless FOC, functional scheme of flux linkage observer.

На сегодняшний день вопросы повышения энергоэффективности систем регулируемых электроприводов (РЭП) становятся все более актуальными. Это объясняется возрастающей ролью электропривода, как неотъемлемой части многих современных технологических процессов во многих производствах. В настоящее время активно ведутся исследования энергоэффективного РЭП переменного тока [1-8]. В ряде областей применения хорошо зарекомендовали себя РЭП на базе асинхронного двигателя с фазным ротором (АДФР), включенным по схеме двойного питания. Вариантом такой управляемой электрической машины является машина двойного питания (МДП) с двумя силовыми преобразователями частоты в цепях статора и ротора [3-8]. Функциональная схема и векторная диаграмма установившегося режима работы такого РЭП представлены на рис.1.

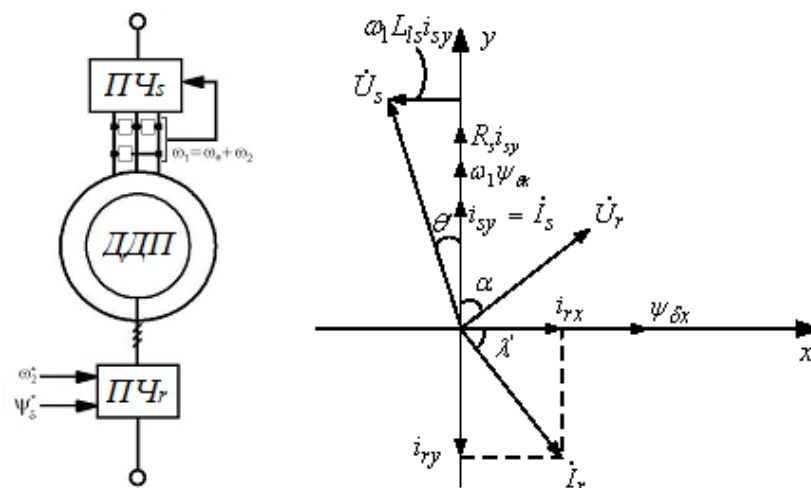


Рисунок 1 – Функциональная схема РЭП на базе МДП и векторная диаграмма установившегося режима работы

С развитием современных микроконтроллерных систем управления всё чаще находят применение бездатчиковых систем векторного управления (СВУ) с программной реализацией наблюдателей состояний электропривода [8]. При векторном управлении электроприводом на

базе АД опорным вектором служит вектор основного магнитного потока Ψ_δ . Для синтеза структуры наблюдателя потока наиболее часто находят применение два различных подхода – реализация «токовой модели» наблюдателя и «модели напряжений».

Системы координат РЭП на базе АД подробно рассмотрены в [6, 7]. При построении «токовой модели» наблюдателя проекции вектора основного магнитного потока Ψ_δ на оси системы координат α, β , неподвижной относительно статора, определяются как:

$$\begin{cases} \hat{\psi}_{\delta\alpha} = L_m(\check{i}_{s\alpha} + \hat{i}_{r\alpha}), \\ \hat{\psi}_{\delta\beta} = L_m(\check{i}_{s\beta} + \hat{i}_{r\beta}), \end{cases} \quad (1)$$

где L_m – взаимная индуктивность, $\check{i}_{s\alpha}, \check{i}_{s\beta}, \check{i}_{r\alpha}, \check{i}_{r\beta}$ – проекции мгновенных значений фазных токов статора и ротора на оси системы координат статора. Знак « $\hat{}$ » показывает, что переменная вычислена, знак « $\check{}$ » – переменная измерена датчиками тока, установленными в системе.

Проекции токов статора и ротора преобразуются из трехфазной в двухфазную систему координат:

$$\begin{cases} \check{i}_{s\alpha} = \check{I}_A; \\ \check{i}_{s\beta} = \frac{\check{I}_B - \check{I}_C}{\sqrt{3}}. \end{cases} \quad (2)$$

Для токов ротора преобразования будут более сложными:

$$\begin{cases} \check{i}_{rd} = \check{I}_a; \\ \check{i}_{rq} = \frac{\check{I}_b - \check{I}_c}{\sqrt{3}}. \end{cases}, \quad \begin{cases} \hat{i}_{r\alpha} = \check{i}_{rd} \cos \theta - \check{i}_{rq} \sin \theta; \\ \hat{i}_{r\beta} = \check{i}_{rd} \sin \theta + \check{i}_{rq} \cos \theta, \end{cases} \quad (3-4)$$

где θ – угол между системами координат α, β и d, q (угол поворота ротора).

$$\theta = \int_0^t \omega_e dt, \quad \omega_e = \omega_1 - \omega_2 \quad (5-6)$$

Знаки приведения параметров ротора к статору в выражениях (2)-(5) не указаны.

По выражениям (1-5) можно синтезировать функциональную схему наблюдателя магнитного потока (рис. 2).

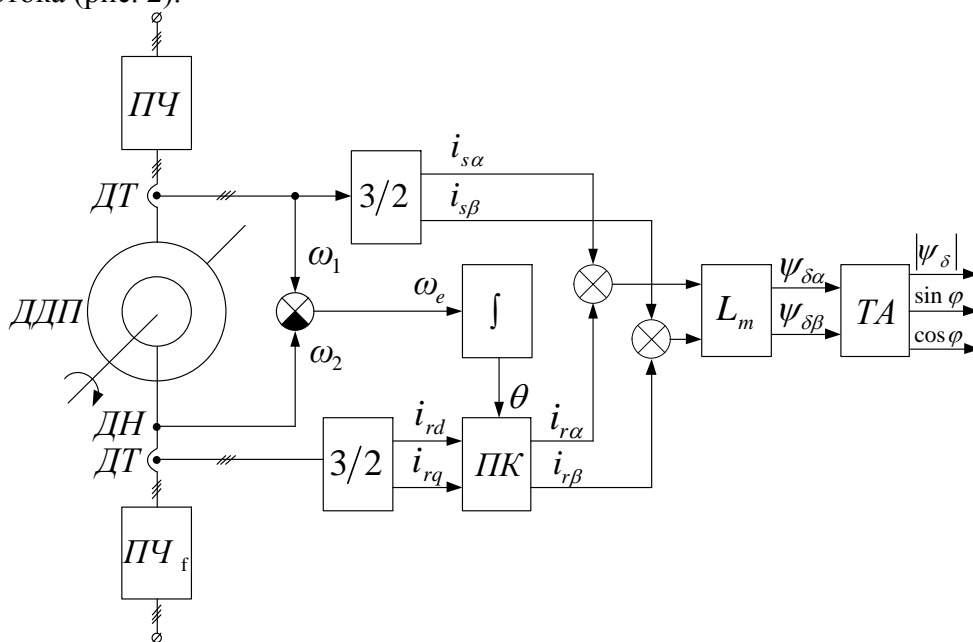


Рисунок 2 – Функциональная схема наблюдателя магнитного потока (токовая модель)

Для реализации модели наблюдателя магнитного потока по значениям токов необходима информация об угловой скорости ротора или об угле поворота ротора. В электроприводе на базе АД значения частот токов статора ω_1 и ротора ω_2 известны. Соотношение (1) показывает, что в вычислениях присутствует один из параметров машины – взаимная индуктивность обмоток L_m , которая, в общем случае, зависит от режима работы двигателя. Использование токовой модели наблюдателя потока оправдано, когда ЭП постоянно работает в режимах, близких к номинальным ($\Psi_\delta = \Psi_{\delta i} = const$ и $L_m = L_{mn} = const$). Но при реализации энергоэффективных алгоритмов управления необходимо обеспечивать изменение основного магнитного потока в функции скорости или требуемого электромагнитного момента $\Psi_\delta = f(M_{эм})$. При этом диапазон возможного изменения L_m может достигать $\pm 30\%$ от L_{mn} . Это вызывает необходимость текущей идентификации этого параметра в реальном масштабе времени. При использовании в системе векторного управления второго подхода к реализации наблюдателя потока для его математического описания применим уравнения напряжений ротора, записанные в системе координат d, q :

$$\begin{cases} \ddot{u}_{rd} = R_r \ddot{i}_{rd} + \frac{d\hat{\Psi}_{rd}}{dt}, \\ \ddot{u}_{rq} = R_r \ddot{i}_{rq} + \frac{d\hat{\Psi}_{rq}}{dt}, \end{cases} \text{ где } \begin{cases} \hat{\Psi}_{rd} = L_{lr} \ddot{i}_{rd} + \hat{\Psi}_{\delta d}, \\ \hat{\Psi}_{rq} = L_{lr} \ddot{i}_{rq} + \hat{\Psi}_{\delta q}. \end{cases}$$

После подстановки значений проекций потокосцепления ротора в уравнения напряжения получим:

$$\begin{cases} \frac{d\hat{\Psi}_{\delta d}}{dt} = \ddot{u}_{rd} - R_r \ddot{i}_{rd} - L_{lr} \frac{d\ddot{i}_{rd}}{dt}, \\ \frac{d\hat{\Psi}_{\delta q}}{dt} = \ddot{u}_{rq} - R_r \ddot{i}_{rq} - L_{lr} \frac{d\ddot{i}_{rq}}{dt}. \end{cases}$$

Проинтегрировав левую и правую части полученных соотношений, получим значения проекций вектора основного магнитного потока на оси системы координат d, q , неподвижной относительно вращающегося ротора:

$$\begin{cases} \hat{\Psi}_{\delta d} = \int_0^t (u_{rd} - R_r i_{rd}) dt - L_{lr} i_{rd}, \\ \hat{\Psi}_{\delta q} = \int_0^t (u_{rq} - R_r i_{rq}) dt - L_{lr} i_{rq}. \end{cases}$$

Модуль и направляющие косинус и синус опорного вектора определяются соотношениями:

$$|\dot{\Psi}_\delta| = \sqrt{\dot{\Psi}_{\delta d}^2 + \dot{\Psi}_{\delta q}^2}, \quad \cos \phi = \frac{\dot{\Psi}_{\delta d}}{|\dot{\Psi}_\delta|}, \quad \sin \phi = \frac{\dot{\Psi}_{\delta q}}{|\dot{\Psi}_\delta|},$$

где ϕ – угол между вектором $\dot{\Psi}_\delta$ и действительной осью системы координат d, q . При построении СВУ в координатах x, y этот угол определяется частотой возбуждения ω_2 .

При реализации этой модели наблюдателя используется операция интегрирования, что при отсутствии обратных связей приводит к накоплению ошибки. Особенно это сказывается на низких частотах, когда период изменения токов и напряжений ротора достаточно велик, и вносимая погрешность наиболее значительна. Компенсация ошибки обеспечивается введением в интегратор отрицательной обратной связи. Также необходимо осуществлять текущую идентификацию параметров машины, входящих в подынтегральное выражение – R_r .

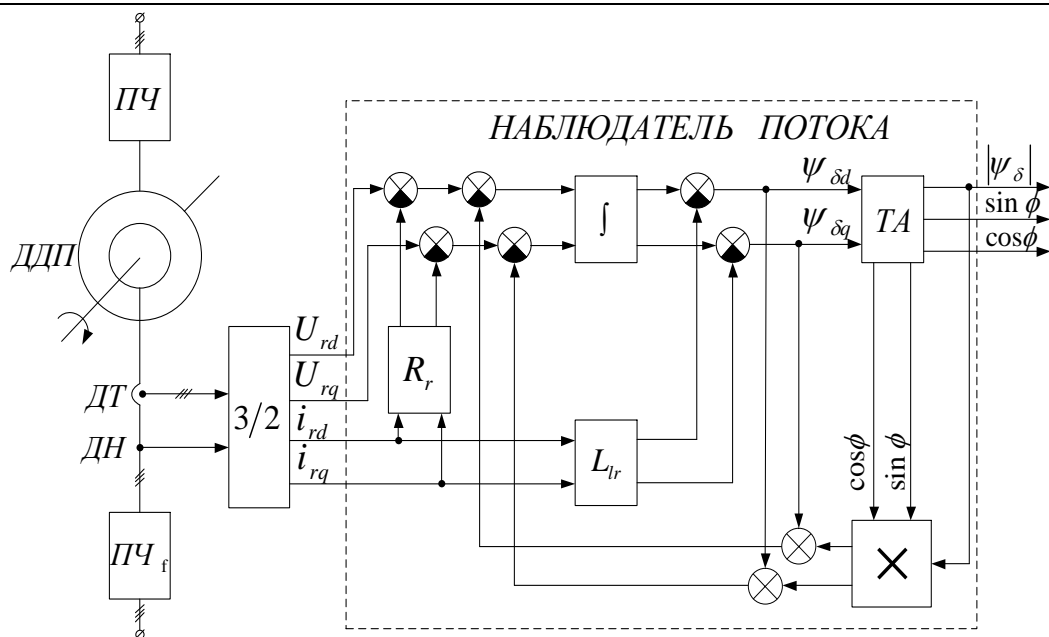


Рисунок 3 – Функциональная схема наблюдателя магнитного потока (модель напряжения)

Функциональная схема наблюдателя потока с компенсацией ошибок интегрирования приведена на рис. 3.

При использовании данной модели наблюдателя магнитного потока изменение активного сопротивления ротора может оказать влияние на точность ориентации системы по вектору основного магнитного потока. Поэтому в области малых нагрузок более эффективным будет применение наблюдателя с моделью напряжений, когда влияния температурных изменений на значения R_r незначительны. Токтовую модель наблюдателя целесообразно использовать, когда ЭП работает в режимах, близких к номинальным ($\Psi_\delta = \Psi_{\delta n} = const$ и $L_m = L_{mn} = const$).

Таким образом, разработанные алгоритмы вычисления основного магнитного потока позволяют исключить из системы управления электроприводом на базе АД датчик магнитного потока и применить в качестве базовой машины серийный двигатель с фазным ротором. Для точной оценки значений магнитного потока систему управления необходимо дополнить идентификатором параметров машины.

Библиографический список

1. Браславский И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков. – М.: АСАДЕМА, 2004. – 256 с.
2. Поляков В. Н. Энергоэффективные режимы регулируемых электроприводов переменного тока / В. Н. Поляков, Р. Т. Шрейнер. – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, РГППУ, 2012. – 222 с.
3. Tutaev G. M. Energy-efficient control options of electric drive based on asynchronous converter-fed motor / G.M. Tutaev, A.V. Volkov, M.A. Bobrov – В сборнике: труды XIII международной научно-технической конференции актуальные проблемы электронного приборостроения Proceedings: in 12 volumes. 2016. С. 88–93.
4. Тутаев Г. М. Исследование энергоэффективных режимов работы электропривода на базе асинхронизированного вентильного двигателя / Г.М. Тутаев, И.С. Юшков, М.А. Бобров – В сборнике: Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической

конференции. 2017. С. 68-72.

5. Tutaev G. Optimization task definition of double inverter-fed motor drive based on energy criterions / G. Tutaev, M. Bobrov / 25th International workshop on electric drives: optimization in control of electric drives, IWED 2018, p 1–7.

6. Тутаяев Г. М. Наблюдатели магнитного потока в системе управления электроприводом с двигателем двойного питания / Г.М. Тутаяев, М.А. Бобров/ Электричество, 2018, №2, 44–51 с.

7. Тутаяев Г. М. Анализ устойчивости наблюдателя магнитного потока в системе управления электроприводом на базе машины двойного питания/ Г.М. Тутаяев, М.А. Бобров/ Научно-технический вестник Поволжья, 2018, №1, 140–143 с.

8. Tutaev G. Sensor less speed estimation in electric drive based on double inverter-fed induction motor/ G. Tutaev, M. Bobrov / Journal of advanced research in dynamical and control systems, 2018, Issue 4, p 1448–1455.

УДК 621:337.364(075.8)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С АДАПТИВНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ ДЛЯ БРАГОРЕКТИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ СПИРТОВОГО ЗАВОДА

Шишов О. В. к.т.н., доцент кафедры электроники и наноэлектроники Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68. e-mail: Olegshishov@yandex.ru

Славкин А. С. магистрант кафедры электроники и наноэлектроники Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68. e-mail: slavckin2009@yandex.ru

Дорофеев А. М. ведущий инженер ООО «АВЕЛКОН», 430034, г. Саранск, ул. А. Невского, 101А, лит. А, оф. 5, e-mail: amd_86@mail.ru

Аннотация. Рассматривается разработка системы управления брагоректификационной установкой нижнего и верхнего уровня (уровней ПЛК и SCADA) с использованием адаптивных ПИД-регуляторов. Используются прямые алгоритмы адаптивного управления, в которых параметры регулятора обновляются в зависимости от текущего состояния замкнутой системы. Это позволило повысить точность регулирования температуры установки. Система управления разрабатывалась на базе аппаратных средств и программного обеспечения компаний ОВЕН, Siemens и Weintek.

Ключевые слова: брагоректификационная установка, промышленная автоматизация, программируемые логические контроллеры, SCADA-система, OPC-сервер, цифровые промышленные сети, адаптивный ПИД-регулятор.

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM WITH ADAPTIVE CONTROLLERS FOR DISTILLER OF THE DISTILLERY

Shishov O. V. Ph. D., associate Professor, Department of electronics and nanoelectronics of Ogarev Mordovia State University, 430005, Russia, Saransk, street Bolshevist, d. 68. e-mail: Olegshishov@yandex.ru

Slavkin A. S. master student of the Department of electronics and nanoelectronics of Ogarev Mordovia State University, 430005, Russia, Saransk, street Bolshevist, d. 68. e-mail: slavckin2009@yandex.ru

Dorofeev A. M. leading engineer AVELKON LLC, 430034, Russia, Saransk, street A. Nevskogo, d. 101A, cab, 5, e-mail: amd_86@mail.ru

Abstract. Discusses the development of control system for distillation and rectification installation of the lower and upper level (PLC and SCADA) using adaptive PID controllers. Direct adaptive control algorithms are used, in which the controller parameters are updated depending on the current state of the closed system. This made it possible to improve the accuracy of temperature control of the installation. The control system was developed on the basis of hardware and software companies OWEN, Siemens, and Weintek.

Keywords: distiller, industrial automation, programmable logical controllers, SCADA system, OPC-server, digital industrial networks.

Кемлянский спиртовой завод является крупнейшим спиртовым заводом республики Мордовия. Он неоднократно реконструировался с целью увеличения объема и улучшения качества выпускаемой продукции.

Производственное подразделение завода состоит из отделения варки, бражного отделения, брагоректификационной установки (далее установка) и котельной. Установка состоит из пяти колонн: бражной, элюционной, разгонной, ректификационной и окончательной очистки. В каждой колонне происходит выпаривание определенной фракции спирта. Температуры кипения каждой фракции различны и находятся в достаточно узких пределах, поэтому необходимо поддерживать температуру загруженной в колонну массы в строго определенных рамках. От точности ее поддержания зависит к.п.д. установки и качество выпускаемой продукции.

Принцип поддержания температуры колонн заключается в изменении объема прокачиваемого через трубы испарителя каждой колонны водяного пара, через поверхность теплопередачи которого тепло передается кипящему кубовому остатку. Обогрев бражной колонны осуществляется путем непосредственной подачи греющего пара в объем колонны. Пар на колонны по трубопроводу поступает с котельной. Регулировка объема водяного пара производится с помощью запорно-регулирующих клапанов. Принцип поддержания температуры спирта в холодильнике заключается в изменении объема прокачиваемой через трубы теплообменника холодильника холодной воды.

До недавнего времени контроль и управление температурой всех колонн осуществлялось оператором вручную путем открытия/закрытия необходимых вентилей подачи пара (для колонн) и воды (для холодильника). Это обеспечивало точность поддержания температуры в колоннах на уровне 3–5 % и позволял выпускать спирт не выше класса экстра. Выпуск спирта класса люкс и альфа требуют более высокой точности поддержания температуры в колоннах – с погрешностью не более 0,3–1 %. Одновременно это требует установки колонны для дополнительной очистки спирта, так называемой сивушной колонны. Все это привело к необходимости проведения модернизации системы управления установкой с применением современной цифровой программируемой техники управления.

Модернизированная система управления была построена на программируемом логическом контроллере ПЛК160 компании ОВЕН. Регулирование в программе контроллера осуществляется с помощью функциональных блоков ПИД регуляторов. Для расширения количества входов-выходов контроллера используются модули аналогового ввода/вывода компании ОВЕН. К контроллеру они подключены по цифровой сети (интерфейс RS-485, протокол Modbus RTU). К входным модулям подключены датчики давления и температуры, к выходным – запорно-регулирующие клапаны (для регулировки подачи пара и воды) и преобразователь частоты (для регулировки объема подачи бражки). Поскольку производство спирта является взрывоопасным, то все датчики и исполнительные устройства подключены к модулям ввода/вывода через барьеры искрозащиты ИСКРА компании ОВЕН. Состав системы представлен на рисунке 1.

Желание оперативного и полного получения информации о работе установки, удобного и своевременного внесения поправок в параметры ее работы потребовало включения в

систему управления установкой системы диспетчеризации и сбора данных – SCADA-системы WinCC компании Siemens. Она позволяет на экране персонального компьютера отображать и задавать необходимые параметры установки, а также извещать об авариях и вести архив необходимых данных.

Брагоректификационная установка занимает достаточно большую площадь и оператору необходимо часто перемещаться по установке для внешнего зрительного контроля его узлов и ручной подстройке исполнительных механизмов. Для постоянного контроля за параметрами установки оператору предоставлен планшет под управлением операционной системой Android, подключенный к серверу сMT-SVR-100 компании Weintek. Данный сервер дублирует основные функции SCADA-системы.

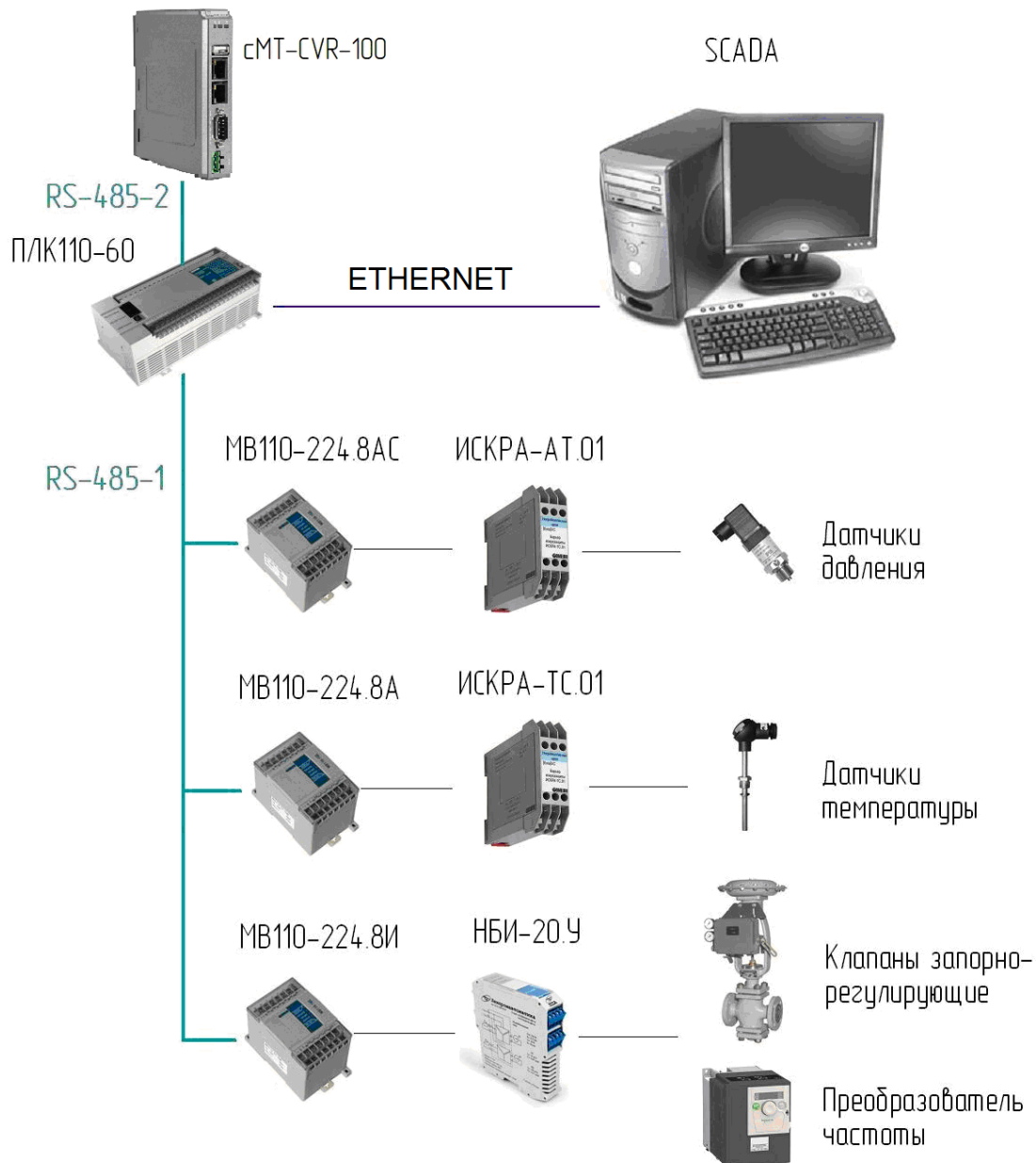


Рисунок 1 – Состав системы управления брагоректификационной установкой

В итоге реализованная система обеспечивает необходимый разброс технологических параметров необходимый для выпуска спирта класса люкс и альфа. Однако, в процессе дальнейшей эксплуатации выявились и ее недостатки, главным из которых является

достаточно сильное влияние колонн друг на друга в процессе их прогрева до рабочих температур. ПИД-регуляторы температуры колонн настроены на ее эффективное поддержание в рабочем режиме. Большие отклонения текущей температуры от уставок и ее быстрое изменение в режиме прогрева регуляторы пытаются скомпенсировать существенными и резкими открытиями и закрытиями вентилей подачи пара, наблюдается перерегулирование, колебание температуры. Это приводит к резким броскам давления пара в общей трубе подачи пара от котельной, негативно влияет на устойчивость системы. Динамика поведения системы не позволяет определить оптимальные значения параметров регулятора и на выходе котельной. До настоящего момента негативное поведение системы компенсировалось вручную, обычно просто постепенным увеличением подачи пара при начале разогрева.

Таким образом, следующим шагом в модернизации данной системы управления должно было стать применение регуляторов, подстраивающихся под динамическое изменение параметров объектов регулирования. Необходимо было проанализировать возможные решения этой проблемы, остановиться на том, который был бы прост в реализации, но обеспечивал удовлетворительные результаты.

Адаптивное управление подразумевает постоянную или периодическую корректировку коэффициентов ПИД-регулятора. Выделяют не прямые и прямые алгоритмы адаптивного управления. Непрямые алгоритмы основаны на идентификации модели объекта управления и корректировке на ее основе коэффициентов ПИД-регулятора. Прямые алгоритмы корректируют коэффициенты ПИД-регулятора на основе анализа регулируемой переменной.

Непрямые алгоритмы подразумевают идентификацию модели объекта управления с помощью различных численных методов. Для реализации таких ПИД-регуляторов используются алгебраические методы синтеза, либо методы оптимизации. Неотъемлемой частью работы данных с такими регуляторами является их первоначальная настройка. Она осуществляется по результатам эксперимента в разомкнутом контуре. Затем последующая коррекция коэффициентов ПИД-регулятора осуществляется по результатам анализа реакции системы на ступенчатое изменение задающего воздействия или управления. При этом измеряется амплитуда и период возникших автоколебаний, по значениям которых затем синтезируется ПИД-регулятор.

Применение не прямых алгоритмов адаптации невозможно в рассматриваемой системе, поскольку для идентификации ее текущих параметров нельзя обеспечить возможность ступенчатого или частотного воздействия на систему во время ее работы.

В прямых алгоритмах адаптивного управления параметры регулятора обновляются непосредственно, по определенному закону, который зависит от текущего состояния замкнутой системы. Принцип действия основан на имитации действий наладчика, который, анализируя состояние выхода системы, при изменении задающего воздействия, корректирует параметры ПИД-регулятора. При корректировке ищется компромисс между наименьшим временем переходного процесса и запасами устойчивости. Типичные правила настройки ПИД-регулятора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Правила настройки ПИД-регулятора

	Время переходного процесса	Перерегулирование	Запасы устойчивости
Увеличение k_C	Уменьшается	Увеличивается	ухудшаются
Увеличение k_I	Медленно уменьшается	Увеличивается	ухудшаются
Увеличение k_D	Медленно уменьшается	Уменьшается	улучшаются

Для управления объектами, поведение которых описывается сложными и/или нелинейными моделями, часто используют таблицы. При этом выделяются определенные режимы работы объекта управления, на которых цель управления достигается с теми или иными коэффициентами ПИД-регулятора. Режим работы определяется по одной из переменных состояния доступных измерению или задающему воздействию, а коэффициенты ПИД-регулятора выбираются из таблицы в зависимости от текущего режима. Коэффициенты каждого режима, как правило, определяют в лабораторных или экспериментальных условиях при разработке системы управления.

Благодаря своей простоте, такие адаптивные системы наиболее распространены в производстве. Были они применены и в данной разработке.

Поскольку брагоректификационная установка является объектом со сложной моделью поведения, то решено использовать таблицы коэффициентов. Несмотря на то, что в установке осуществляется регулирование температур колонн, по желанию заказчика в качестве переменных состояния использованы измеряемые требуемые рабочие давления колонн. Выделено два режима работы установки – режим прогрева и режим устойчивой работы. Для каждого режима определены необходимые коэффициенты ПИД-регуляторов и занесены в память контроллера. Реализована возможность изменения оператором данных коэффициентов.

Библиографический список

1. Шишов О. В. Современные технологии промышленной автоматизации / О. В. Шишов. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2009. – 276 с.
2. Страбников В. Н. Перегонка и ректификация этилового спирта / В. Н. Страбников. Москва : Пищевая промышленность, 1969. – 456 с.
3. Цыганков П. С. Ректификационные установки спиртовой промышленности / П. С. Цыганков. Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 336 с.
4. Александров А. Г. , Паленов М. В. Состояние и перспективы развития адаптивных ПИД-регуляторов // Автоматика и телемеханика, 2014, № 2, С.16–30
5. Ротач В. Я. Теория автоматического управления: учебник для ВУЗов – 5-е изд. перераб. и доп. – Москва Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с.
6. Шубладзе А. М., Гуляев С. В., Шубладзе А. А. Адаптивные автоматически настраивающиеся ПИД-регуляторы // Промышленные АСУ и контроллеры. 2003. № 6. С.20–25.

УДК 681.51

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАТРИЕВОЙ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Волков А. В. старший преподаватель кафедры информационной безопасности и сервиса Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68. e-mail: elsoldador@rambler.ru

Шишов О. В. к.т.н., доцент кафедры электроники и наноэлектроники Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68. e-mail: Olegshishov@yandex.ru

Троянский А. В. аспирант кафедры электроники и наноэлектроники Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68. e-mail: troyanskiy-a@mail.ru

Аннотация. Применение параметрической идентификации нелинейных систем открывает широкие перспективы по созданию современных систем контроля и управления, обеспечивая тем самым существенное повышение их технико-экономических показателей. В данной работе рассматривается математическая модель натриевой лампы высокого давления и задача её параметрической идентификации. Показывается применимость искусственных нейронных сетей для получения уточненных параметров модели.

Ключевые слова: нелинейная система, математическая модель, идентификация, нейронные сети.

IDENTIFICATION OF HIGH-PRESSURE SODIUM LAMP MATHEMATICAL MODEL NONLINEAR PARAMETERS ON THE NEURAL NETWORKS BASIS

Volkov A. V. Senior Lecturer, Department of information security and service of Ogarev Mordovia State University, 430005, Russia, Saransk, street Bolshevist, d. 68. e-mail: elsoldador@rambler.ru

Shishov O. V. Ph. D., associate Professor, Department of electronics and nanoelectronics of Ogarev Mordovia State University, 430005, Russia, Saransk, street Bolshevist, d. 68. e-mail: Olegshishov@yandex.ru

Troyanskiy A. V. post-graduate student of the Department of electronics and nanoelectronics of Ogarev Mordovia State University, 430005, Russia, Saransk, street Bolshevist, d. 68. e-mail: troyanskiy-a@mail.ru

Abstract. Using of parametric nonlinear systems identification makes wide perspectives for creating modern control systems, therefore great improvements of its technical and economical qualities. The article considers mathematical model of high-pressure sodium lamp and problem of its parametrical identification. Shown, that it is possible to use artificial neural networks for getting of specified model parameters.

Keywords: nonlinear system, mathematical model, identification, neural networks.

Многие объекты, с которыми приходится работать на практике, являются нелинейными. Для построения систем контроля и управления такими объектами необходимо проводить их параметрическую идентификацию. Проанализируем возможность использования искусственных нейронных сетей для получения уточненных параметров модели нелинейного объекта, рассматривая в ее качестве натриевую лампу высокого давления.

После изготовления лампы проходят процесс стендовых испытаний и разбраковки. Испытания заключаются во включении ламп на заданное время с контролем их параметров. Испытательный стенд представляет собой круговой конвейер – «карусель», на каждую секцию которой оператор вручную устанавливает лампу. При установке ламп на карусель они зажигаются. Время полного поворота «карусели» задает длительность испытаний. Оно определяется техническими условиями таким, чтобы при занятии лампами предпоследней позиции «карусели» в них успели закончиться все переходные процессы по их зажиганию. На этой позиции «карусели» производится измерение напряжения на лампе, по которому можно судить не только об ее годности, но и делать выводы о причинах неисправности при ее негодности.

Была поставлена задача по автоматизации проведения испытаний ламп и оценки их годности. В рамках данной задачи необходимо было определиться с ее математической моделью. Для ламп высокого давления приемлемые результаты дает модель, отображаемая системой двух нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка [2], которая с учётом электромагнитных процессов в электрической цепи питания лампы приводится к виду:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = \frac{1}{L} \left[U_s - \left(\frac{1}{x_2 x_3} + R \right) x_1 \right]; \\ \frac{dx_2}{dt} = A_l U_0^2 x_2^2 \frac{\left(\frac{x_1}{U_0 x_2 x_3} \right)^2 - 1}{1 + k_1 \left(\frac{|x_1|}{U_0 x_2 x_3} - 1 \right)}; \\ \frac{dx_3}{dt} = \left[k_2 + k_3 \left(\frac{|x_1|}{U_0 x_2 x_3} \right)^{k_4} \right] \left[1 + k_1 \left(\frac{|x_1|}{U_0 x_2 x_3} - 1 \right) - x_3 \right], \end{cases} \quad (1)$$

где x_1 – ток лампы;

x_2 – приведенная проводимость лампы, учитывающая среднее значение концентрации электронов;

x_3 – безразмерная величина, учитывающая подвижность электронов;

L, R – соответственно индуктивность и активное сопротивление ограничивающего дросселя; U_s, U_0 – соответственно напряжение питающей сети и номинальное напряжение на лампе;

A_l – коэффициент, определяемый конструкцией лампы;

k_1-k_4 – электрические коэффициенты, определяемые для конкретного типа лампы.

В пакете MATLAB была разработана подпрограмма решения системы уравнений (1) и получены следующие результаты ее решения: $U_0 = 131$; $A_l = 5,5$; $k_1 = 0,6$; $k_2 = 1,5 \cdot 10^4$; $k_3 = 3 \cdot 10^4$; $k_4 = 1,5$.

На основе экспериментально полученных значений напряжения и тока лампы поставим задачу получить уточненные параметры нелинейной модели с помощью искусственных нейронных динамической и статической сетей. В роли динамической нейронной сети было рассмотрено два типа сетей: динамическая сеть Элмана и динамическая двухслойная нейронная сеть прямой передачи с линейной функцией активации.

Искусственная нейронная сеть Элмана, известная так же как «простая рекуррентная нейронная сеть» (Simple Recurrent Neural Network), состоит из трех слоёв, входного (распределительного) слоя и выходного (обрабатывающего) слоёв. При этом скрытый слой имеет обратную связь сам на себя. На рисунке 1 и 2 представлена структура нейронной сети Элмана.

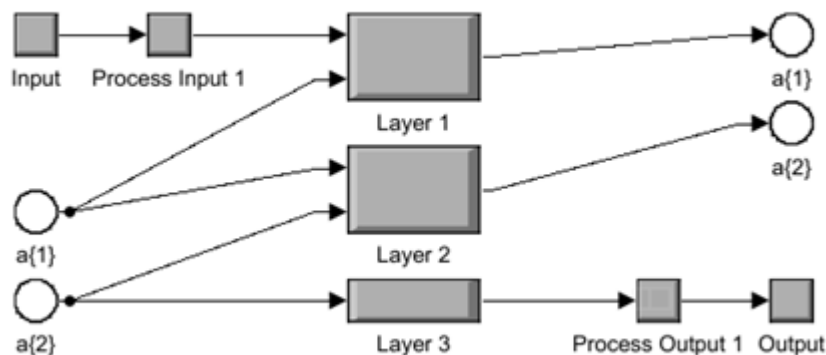


Рисунок 1 – Структура нейронной сети Элмана

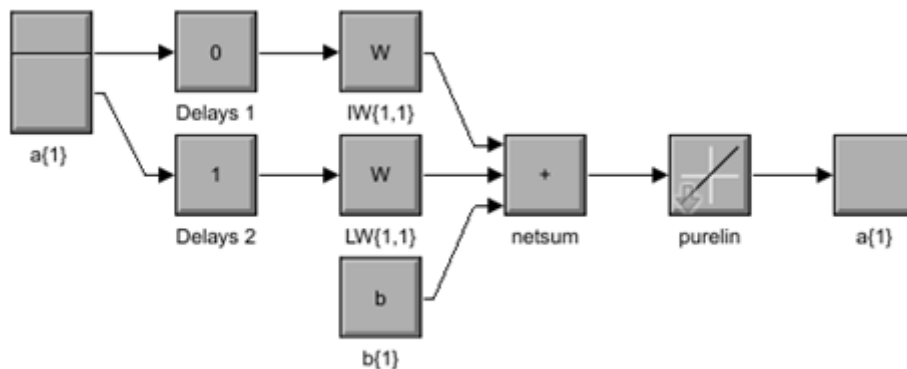


Рисунок 2 – Структура скрытого слоя сети Элмана

Структура скрытого слоя динамическая двухслойной нейронной сети прямой передачи с линейной функцией активации представлена на рисунке 3.

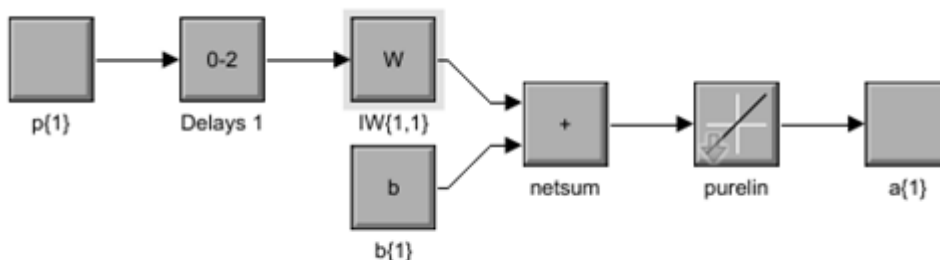


Рисунок 3 – Структура скрытого слоя нейронной сети прямой передачи

Для обучения динамической нейронной сети в рамках поставленной задачи был проведён эксперимент, в процессе которого случайным образом в ограниченном диапазоне изменялись параметры модели. План эксперимента представлен в таблице 1.

Таблица 1 – План эксперимента

№ опыта / параметр	U_0	A_1	K_1	$K_2 \cdot 10^4$	$K_3 \cdot 10^4$	K_4
1	136,2374	5,5335	0,6680	1,5546	3,2885	1,5107
2	135,7986	5,5887	0,6029	1,6960	3,0672	1,5979
3	147,5063	5,5083	0,6133	1,5694	3,1564	1,5831
4	145,7572	5,5269	0,6423	1,7191	3,3771	1,5418
5	148,1105	5,5645	0,6376	1,5764	3,1713	1,5482
6	131,4503	5,5425	0,6313	1,5646	3,0715	1,5423
7	139,4691	5,5091	0,6266	1,5615	3,1124	1,5440
8	131,1343	5,5602	0,6387	1,8664	3,0005	1,5462
9	136,7500	5,5091	0,6576	1,7733	3,2186	1,5426
10	143,2692	5,5582	0,6541	1,8480	3,1059	1,5318

Для каждого нового сочетания параметров модели проводилось численное решение системы уравнений (1). По рассчитанным значениям напряжения и тока лампы создавалась обучающая выборка для обучения динамической сети Элмана и динамической двухслойной

нейронной сети прямой передачи с линейными функциями активации. Обучение нейронных сетей проводилось средствами пакета MATLAB с использованием обучающего оператора train. Ошибки моделирования представлены на рисунках 4 и 5.

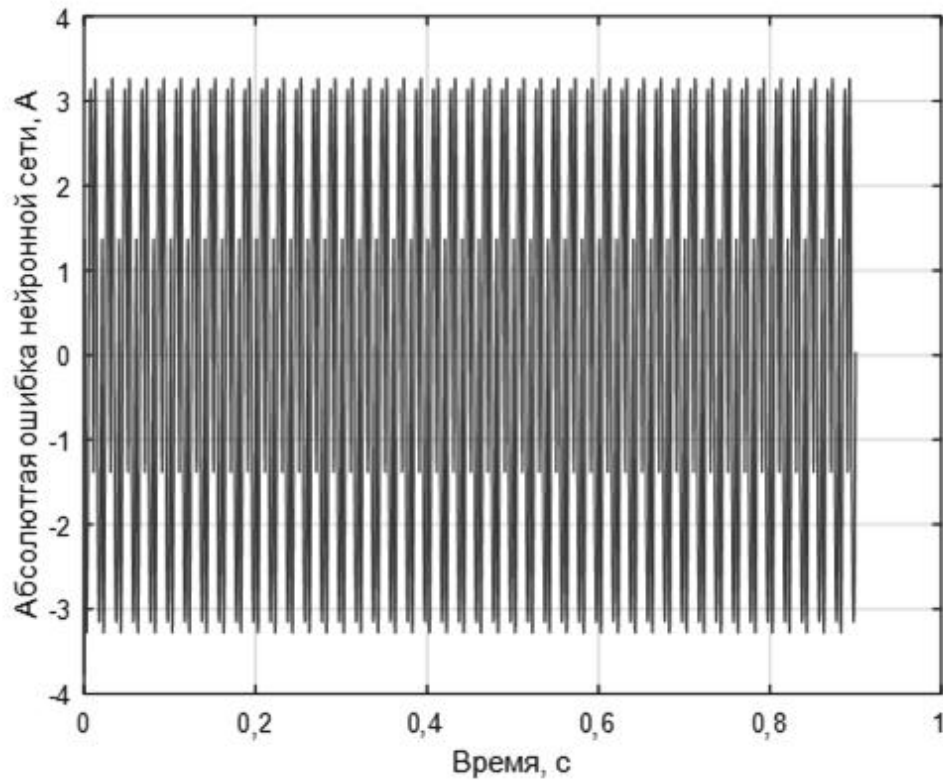


Рисунок 4 – Ошибка моделирования нейронной сети Элмана

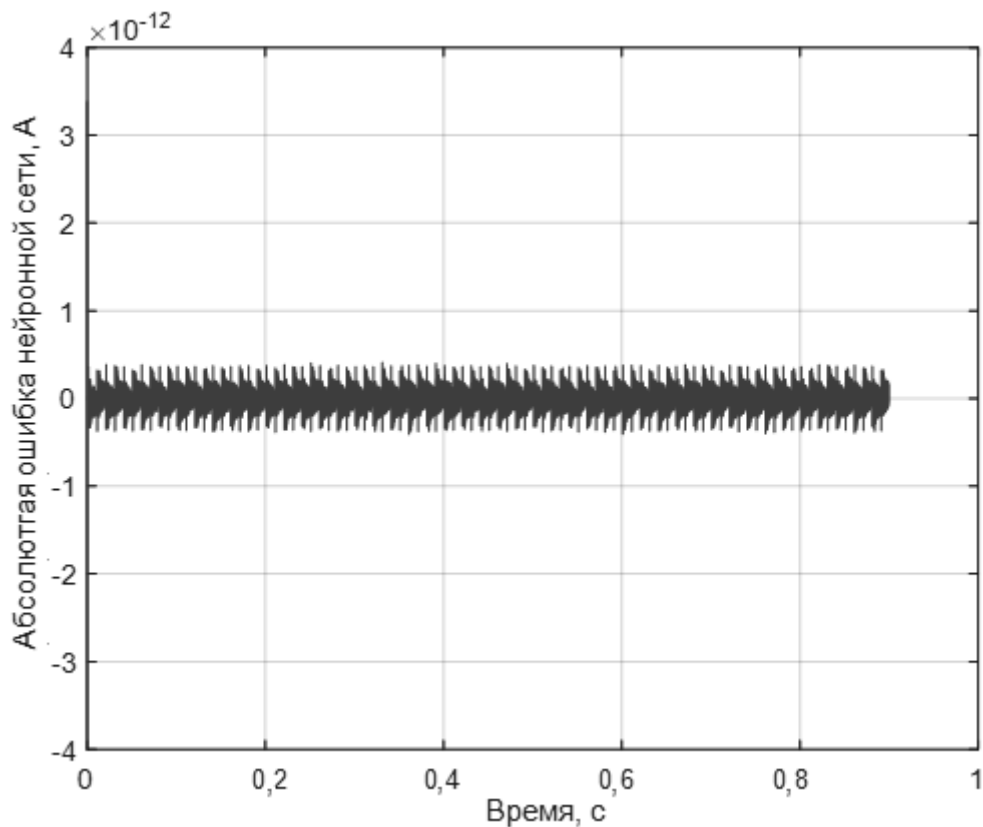


Рисунок 5 – Ошибка моделирования нейронной сети прямой передачи

Сравнение структуры рассматриваемых сетей и ошибок моделирования позволяет отдать предпочтение динамической сети прямой передачи, имеющей меньшую ошибку моделирования и при этом более простую структуру.

Весовые коэффициенты динамической двухслойной сети прямой передачи с линейными функциями активации, получаемые в результате обучения, и данные из таблицы 1 использовались для обучения статических нейронных сетей. В роли данных сетей были выбраны трехслойная сеть прямой передачи с линейной функцией активации и радиальная базисная сеть с нулевой ошибкой. Структура трехслойной сети прямой передачи представлена на рисунке 6.

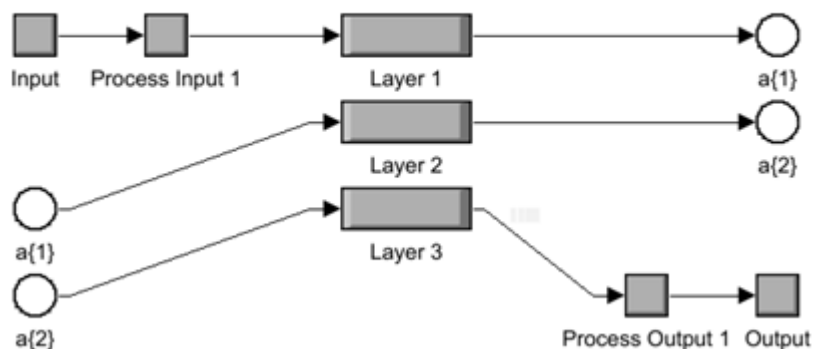


Рисунок 6 – Структура трехслойной сети прямой передачи

В составе радиальной базисной нейронной сети два слоя. Структура слоя представлена на рисунке 7.

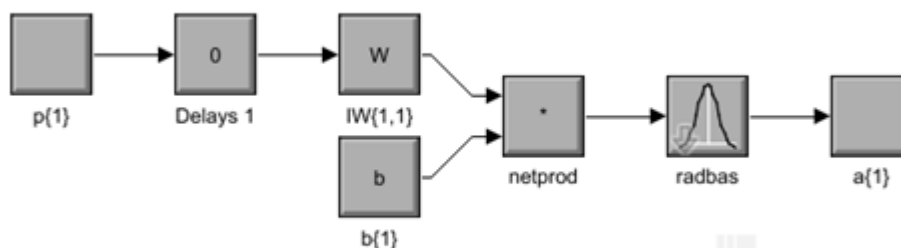


Рисунок 7 – Структура слоя радиальной базисной сети

Обученные нейронные сети использовались для параметрической идентификации модели лампы ДНаТ-400. С этой целью экспериментально полученные значения напряжения и тока лампы использовались для переобучения динамической нейронной сети. Полученные весовые коэффициенты подавались на входы обученных статических нейронных сетей, которые вычисляли искомые параметры модели. Результаты вычислений представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчётные параметры модели лампы

Сети / Коэффициенты	U_0	A_1	K_1	$K_2 \cdot 10^4$	$K_3 \cdot 10^4$	K_4
Трехслойная сеть	136,83	5,55	0,61	1,61	3,05	1,58
Радиальная базисная сеть	143,4	5,56	0,65	1,85	3,11	1,53

По параметрам модели, приведённым в таблице 2, проводилось численное интегрирование системы уравнений (1) и расчёт напряжения и тока лампы.

На рисунках 8 и 9 показаны абсолютные ошибки моделирования напряжения лампы.

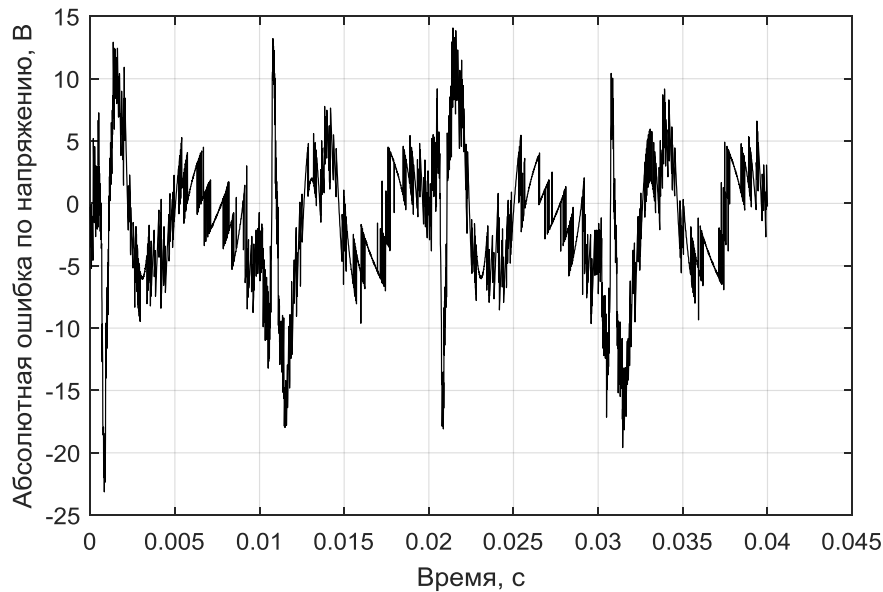


Рисунок 8 – Ошибка моделирования напряжения статической трехслойной сети прямой передачи

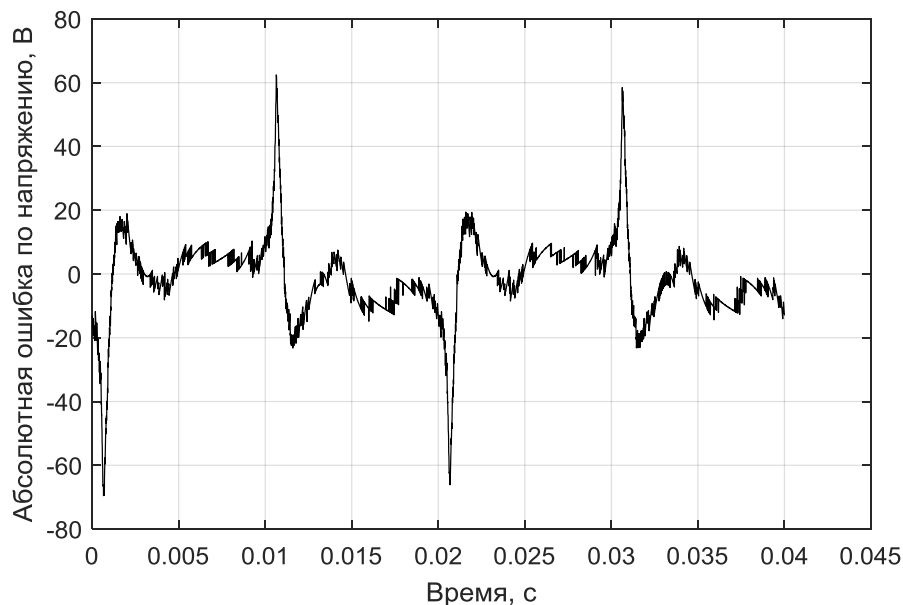


Рисунок 9 – Ошибка моделирования напряжения радиальной базисной сети

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Последовательное использование динамической и статической нейронных сетей для параметрической идентификации нелинейных систем даже при незначительном объеме обучающей выборки дает приемлемую точность идентификации при вычислении параметров модели.

2. В качестве динамической нейронной сети предпочтительнее использовать многослойную сеть прямой передачи.

3. Радиальная базисная сеть обеспечивает нулевую ошибку обучения в отличие от многослойной сети прямой передачи, однако из-за малого объема обучающей выборки и простой структуры динамической нейронной сети показывает более высокую ошибку вычисления параметров.

Библиографический список

1. Анисимов А.А., Горячев М.Н. Идентификация электромеханических систем с использованием искусственной нейронной сети // Иваново: Вестник ИГЭУ. Вып. 3. 2008. – С. 1–5.

2. Краснопольский А.Е. О дифференциальном уравнении газоразрядной лампы // Светотехника, 1977, № 12. С. 13–15.

3. Пупков К.А., Капалин В.И., Ющенко А.С. Функциональные ряды в теории нелинейных систем. – М.: Наука, 1976.

4. Ходашинский И.А. Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // Проблемы управления. № 9. 2009. С. 15–23.

5. Цибизова Т.Ю. Методы идентификации нелинейных систем управления // Современные проблемы науки и образования. – 2015. № 2 (часть 14). – С. 3070–3074.

6. Шумихин А.Г., Бояршинова А.С. Применение нейросетевых динамических моделей в задаче параметрической идентификации технологического объекта в составе системы управления // Пермь: Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. № 3. 2015. С. 21–38.

УДК 551.589 (575.2-17)

АНАЛИЗ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ СЕВЕРО-ЗАПАДНЫХ ВТОРЖЕНИЯХ НА ЧУЙСКУЮ ДОЛИНУ

Ниязова Самара Жунусовна, магистрант, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: sjunusova@list.ru

Научной руководитель Тентиева Светлана Мысабековна, к.т.н., профессор КГТУ им. И.Раззакова. Кыргызстан, г.Бишкек, пр. Айтматова Ч.Т., 66,

Аннотация. В данной статье рассматривается синоптический процесс северо-западное вторжение, обуславливающий заток холода на Чуйскую долину и ухудшение погодных условий.

Цель данной работы - является анализ циркуляционных процессов и выявление особенностей изменения погодных условий при северо-западных вторжениях на Чуйскую долину с использованием спутниковых данных [(<http://hobitus.com/noaa/composite/hvct-presip/>) [3] и синоптических карт (приземного анализа и АТ₅₀₀) построенных при помощи геоинформационной системы ГИС-МЕТЕО [1].

Ключевые слова: Циркуляционные условия, анализ погодных условий, синоптический процесс, северо-западное вторжение, метеорологические параметры.

ANALYSIS OF CIRCULATION AND WEATHER CONDITIONS DURING THE NORTHWESTERN INVASIONS OF THE CHUI VALLEY

Niiazova Samara Junusovna, undergraduate, KSTU n/a I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Aitmatov Ave., e-mail: sjunusova@list.ru

Abstract. This article discusses the synoptic process of the northwestern invasion, which causes cold flow to the Chui Valley and the deterioration of weather conditions.

The purpose of this work is to analyze the circulation processes and identify the features of changes in weather conditions during the northwestern invasions of the Chui valley using satellite data [<http://hobitus.com/noaa/composite/hvct-precip/>] [3] and synoptic maps (surface analysis and AT500) constructed using geographic information system ГИС-МЕТЕО [1].

Keywords: Circulating conditions, weather analysis, synoptic process, northwest invasion, meteorological parameters.

Введение

Климат любой территории определяется тремя главными факторами: солнечной радиацией, циркуляцией атмосферы и подстилающей поверхностью. Для районов Центральной Азии также основными и определяющими климатообразующими факторами являются орографические особенности, поступающее тепло от солнца и синоптические процессы, отражающие особенности циркуляции атмосферы над регионом [2].

В данной статье исследован один из таких синоптических процессов – северо-западное вторжение, когда арктические или умеренные воздушные массы, ограничиваемые холодным фронтом, проникают на территорию Центральной Азии с северо-запада через юго-восточную часть Европейской территории России, Западный Казахстан и Устюрт и обуславливают резкую смену погоды [3].

Также хотелось бы отметить что синоптические параметры во многих гидрометеостанциях анализируются с помощью ручной обработке и это вызывает неудобства работникам.

Рассмотрим синоптические ситуации и погодные условия для отдельных случаев северо-западных вторжений, которые наиболее ярко описывают этот синоптический процесс.

В таблице 1 - приведены фактические метеоданные и атмосферные явления в дни наиболее ярких случаев северо-западных вторжений на Чуйскую долину в 2010-2016 гг.

Объектом исследования являются случаи северо-западных вторжений (тип 5) на территорию Кыргызстана, наиболее яркие случаи этого синоптического процесса за 2010-2016 г. рассмотрены ниже.

Синоптические ситуации и погодные условия при Северо-Западных вторжениях за период 17.01.2010 по 18.01.2010 гг.

Синоптические процессы, изучаемые с помощью синоптических карт и являющиеся причиной режима погоды на больших географических пространствах. Это — возникновение, перемещение и изменение свойств воздушных масс и атмосферных фронтов; возникновение, развитие и перемещение атмосферных возмущений — циклонов и антициклонов [5].

17.01.2010 г. после волновой деятельности на Чуйскую долину осуществилось северо-западное вторжение, в тыл которому подошли холодные фронты северного вторжения. За период северо-западного вторжения произошло резкое изменение погодных условий: максимальная температура в Чуйской долине понизилась от 6°C до -7°C, т.е. на 13°C, а минимальная температура от 1°C до -11°C, т.е. на 12°C. Количество выпавших осадков варьировало от 6,0 до 16,0 мм, при этом в г. Бишкек атмосферное давление повысилось от 1027,9 гПа до 1035 гПа, т.е. на 7,1 гПа.

Известия КГТУ им. И.Раззакова 50/2019

Таблица 1 – Фактические метеоданные и атмосферные явления по метеостанциям Чуйской долины в дни наиболее ярких случаев северо-западных вторжений в 2010-2016 гг.

Дата	БИШКЕК					ЖАНЫ-ЖЕР					КАРА-БАЛТА					ГОКМАК					ЫСЫК-АТА				
	Мин.Т	Макс.Т	Рночь	Рдень	Явл-я	Мин.Т	Макс.Т	Рночь	Рдень	Явл-я	Мин.Т	Макс.Т	Рночь	Рдень	Явл-я	Мин.Т	Макс.Т	Рночь	Рдень	Явл-я	Мин.Т	Макс.Т	Рночь	Рдень	Явл-я
16.01.2010	0	9	3,0	0,0	дождь со снегом	0	4	2,0	1,0	дождь	1	8	2,0		дождь	1	9	2,0		дождь	0	6			
17.01.2010	2	6		8,0	снег	0	3		16,0	снег	1	3		8,0	снег	1	8		11,0	снег	3	7		6,0	
18.01.2010	-11	-7	9,0	0,2	снег	-11	-6		0,0	снег	-11	-7	9,0	0,0	снег	-11	-4	7,0	0,3	снег	-11	-10		0,3	
26.10.2014	7,8	20		2,0	дождь											6	20,5				8	19			дымка
27.10.2014	-3,9	-2,7	9,0	0,0												-3,2	-1,3	13,0	0,2		-4	-1			дымка
28.10.2014	-4,3	-0,9														-3,2	-0,9	0,2			-3	-1			
17.11.2014	1	15,4														0,4	14,1				0	14			
18.11.2014	3,4	6,6	0,0	3,0	дождь со снегом											1,0	2,1		2,0	дождь со снегом	2,0	4,0			дымка
19.11.2014	-1,5	5,0		4,0	дождь											-1,3	6,1		2,0	дождь	-2,0	2,0			дымка
20.11.2014	-0,3	1,9	2,0	7,0	дождь											0,2	3,1	2,0	5,0	дождь	0,0	2,0			
21.11.2014	0,5	4,3	3,0	0,5	дождь											1,0	2,8	4,0	2,0	туман	1,0	3,0			
Дата	МАНАС					ГОКМАК					БИШКЕК														
	Мин.Т	Макс.Т	Рночь	Рдень	Явл-я	Мин.Т	Макс.Т	Рночь	Рдень	Явл-я	Мин.Т	Макс.Т	Рночь	Рдень	Явл-я										
09.05.2016	13,8	21,7			гроза	16,5	19,6		14,0		15,2	21,2	0,4	23,0	гроза										
10.05.2016	8	14,3				11,5	15,5	24,0	8,0	гроза	11,9	15,2	22,0	10,0	гроза										
11.05.2016	10	22				7,0	21,1				8,6	19,9													

На снимке облачности (рисунок 1) за 16.01.2010 г. видно, что над территорией Кыргызстана расположены облачные системы, характерные для волновой деятельности. В период волновой деятельности наступает длительное ухудшение погоды, сопровождающееся появлением низкой облачности, осадками, вспышками ветров, связанных с прохождением циклонических вихрей по южной ПВФЗ.

В рассматриваемом случае волновая деятельность завершается северо-западным холодным вторжением, что характерно для холодного полугодия.

На снимке облачности (рисунок 2) за 17.01.2010 г. видны округленные и плотные облачные системы и отходящая от них широкая облачная полоса, связанная с холодными фронтами северо-западного вторжения.

На приземной карте за 17.01.2010 г. (рисунок 3) над всей территорией ЕТР установился обширный стационарный антициклон, имеющий пять замкнутых изобар с максимальным давлением в центре 1050 гПа, отрог этого антициклона вытянулся на восток до территории Кыргызстана. Система атмосферных фронтов северо-западного вторжения над Кыргызстаном простирается от Туркмении до циклона над Восточной Сибирью.

На высотной карте АТ₅₀₀ (рисунок 4) наблюдается угроза северо-западного вторжения на территорию Кыргызстана, которое длится 0,5 суток. Над Западной Сибирью располагается высокий циклон с высотой изогипсы в центре 496 гп.дам, от которого в юго-западном направлении вытягивается тропосферная ложбина. При этом ось ложбины проходит через Восточную Сибирь на Аральское море. Территория Кыргызстана находится в передней части барической и термической ложбины.

18.01.2010 г. (рисунок 5) видно, что северное вторжение проходит при слабом развитии облаков и небольших осадках. В период северного вторжения продолжается понижение температуры воздуха, усилением ветров и с небольшими осадками. При этом за рассматриваемый период на метеостанции Бишкек минимальная температура понизилось на 11°C, а максимальная на 7°, при этом за сутки выпало 9,0 и 2,0 мм осадков в виде снега.

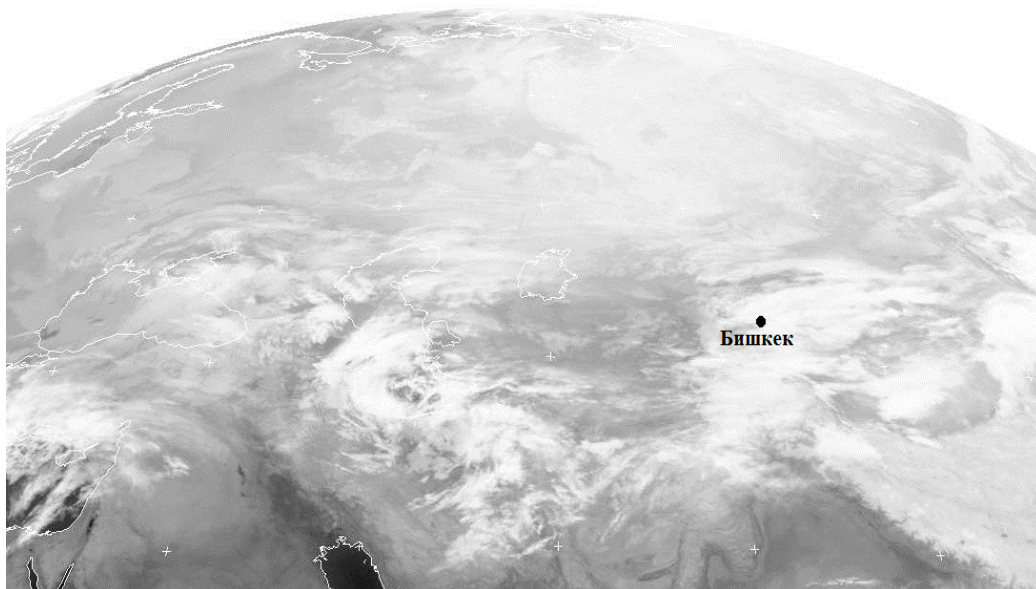


Рисунок 1 – Снимок облачности за 16.01.2010 г. Волновая деятельность заканчивается северо-западным вторжением над Чуйской долиной.

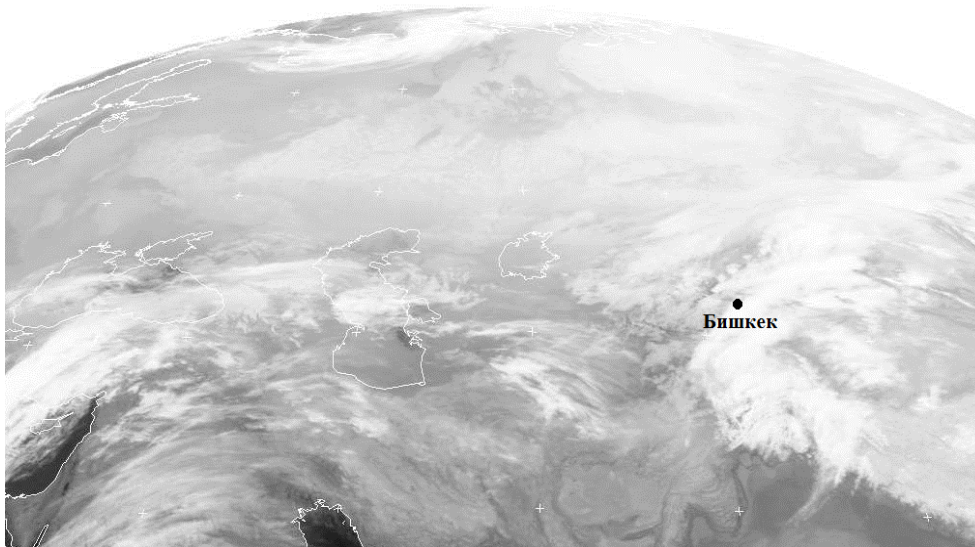


Рисунок 2 – Снимок облачности за 17.01.2010 г. Северо-западное вторжение на Чуйскую долину.

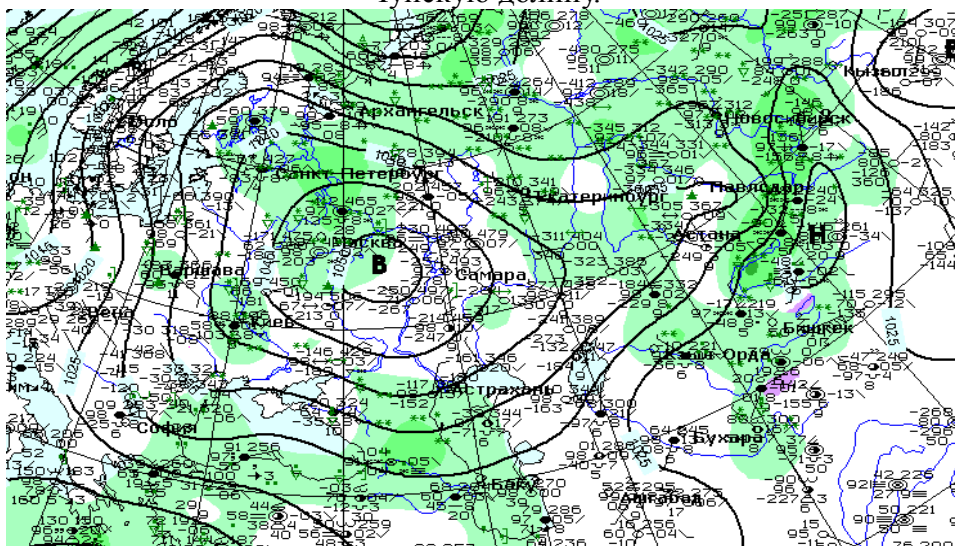


Рисунок 3 – Карта приземного анализа за 17.01.2010 г. Северо-западное вторжение на Чуйскую долину.

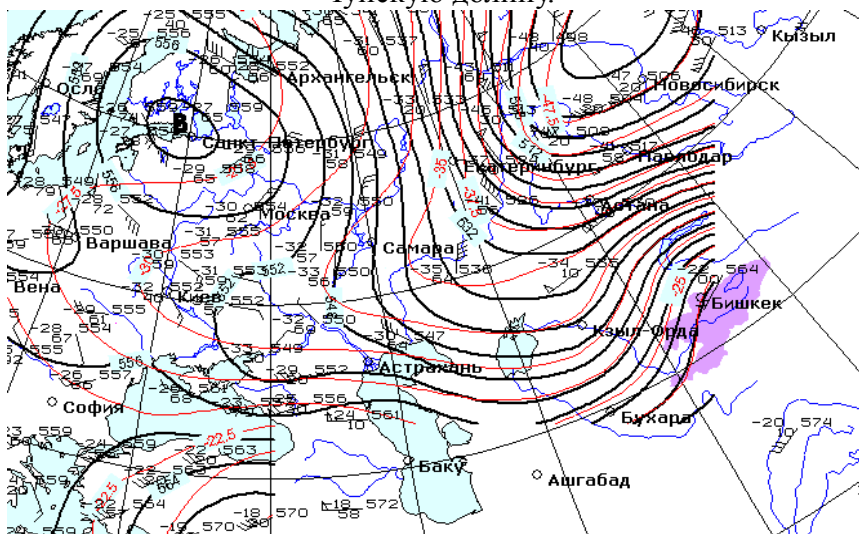


Рисунок 4 – Высотная карта АТ₅₀₀ гПа за 17.01.2010 г. Северо-западное вторжение на Чуйскую долину.

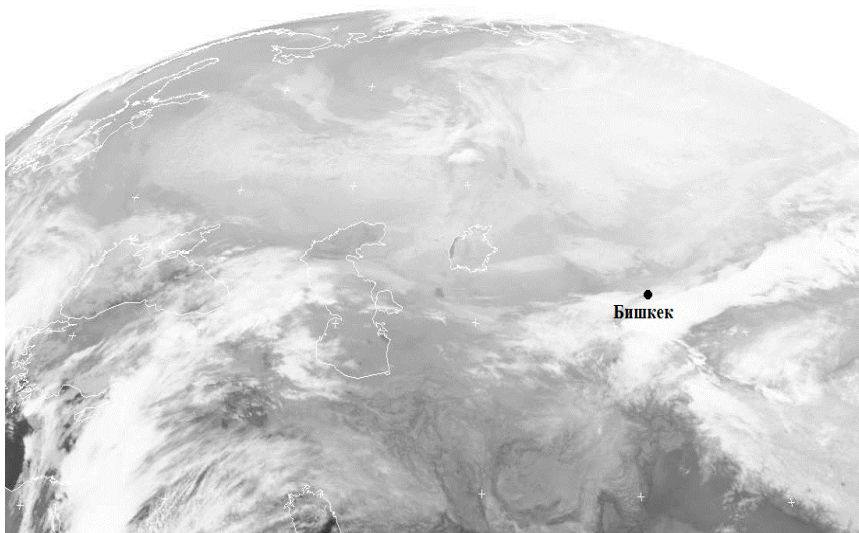


Рисунок 5 – Снимок облачности за 18.01.2010 г. Северное вторжения над Чуйской долиной.

Заключение

В результате сделан анализ циркуляционных и погодных условий при северо-западных вторжениях на Чуйскую долину с использованием спутниковых данных снимков облачности ИСЗ NOAA и синоптических карт (приземного анализа и АТ₅₀₀), построенных при помощи геоинформационной системы ГИС-МЕТЕО.

Это исследование показало, что современные спутниковые снимки облачности и синоптические карты являются эффективными инструментами для исследования особенностей изменения погодных условий при северо-западных вторжениях на Чуйскую долину.

Ручная работа при оборотке синоптических карт, занимает очень много времени, причем полезных информации может быть сравнительно мало и недостаточно для анализа синоптического процесса северо-западного вторжения.

Список литературы:

1. Архив синоптических карт (приземного анализа и АТ₅₀₀), построенных при помощи геоинформационной системы ГИС-МЕТЕО Учебно-научной лаборатории «Метеоцентр» КРСУ за 2010-2016 гг.
2. Курбаткин В.П., Скиба Е.С., Ушинцева В.Ф. Характеристика синоптических процессов Киргизии. //Тр. САНИГМА, вып. 75(156), Л. 1980, с.61-73.
3. Подрезов О.А. Современный климат Бишкека, Чуйской долины и Северного склон Киргизского хребта. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. - 202 с.
4. <http://hobitus.com/noaa/composite/hvct-precip/> - архив снимков облачности ИСЗ NOAA за 2010-2016 гг.
5. <http://meteorologist.ru> – Метеорологический словарь.

УДК 519.6

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИЙ НА ЭКСТРЕМУМ В СРЕДЕ MATHCAD

Панкова Галина Даниловна, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры бизнеса и коммуникаций Кыргызско-Европейского факультета, Кыргызский Национальный университет им. Ж.Баласагына, Кыргызстан, 720033, г. Бишкек, ул. Фрунзе 547, e-mail: pgd_kg2@mail.ru

Аннотация. В статье демонстрируется использование двух различных подходов для решения поставленной задачи. Отражена их реализация на компьютере с использованием возможностей программного обеспечения – среды математического пакета MathCad. Представлены численное и графическое решения. Полученные результаты визуально отражают совпадения решений при каждом подходе. Статья предназначена для формирования компетенции умения применять известные методы и средства познания.

Ключевые слова: критическая точка, локальный максимум, локальный минимум, глобальный минимум, MathCad, производная первого порядка, производная второго порядка, корни уравнения, экстремальные значения, декартов график.

COMPUTER TECHNOLOGY TO EXPLORE A FUNCTION ON EXTREMUM IN THE MATHCAD MEDIA

Pankova Galina Danilovna, D.Sc. (Pedagogy), Professor, Professor of the chair of business and communications of Kyrgyz-European Faculty, Kyrgyzstan, 720033, Bishkek c., Frunze str., 547, J.Balasagyn Kyrgyz National University, e-mail: pgd_kg2@mail.ru

Abstract. The paper demonstrates two different approaches to solve the assigned task. Their implementation on a computer by applying capacities of the software of Mathcad mathematical package is presented. Both numerical and graphical solutions are shown. The results obtained present coinciding of solutions of each approach visually. The paper is intended to form competence of skill to apply known methods and means of cognition.

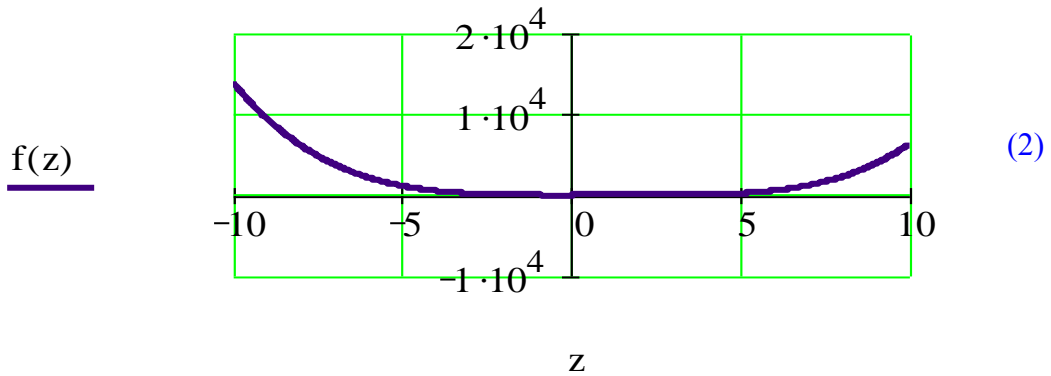
Keywords: critical point, local maximum, local minimum, global minimum, MathCad, first order derivative, second order derivative, roots of equation, extreme values, Cartesian graph/

Известно, что задачи поиска экстремума функции $f(x)$ означают нахождение ее *максимума* (наибольшего значения) или *минимума* (наименьшего значения) в некоторой области определения ее аргументов. Поскольку задача поиска максимума $f(x)$ равноценна задаче поиска минимума ($-f(x)$), поэтому задачу поиска экстремума функции $f(x)$ называют задачей минимизации, и в общем случае она сводится к нахождению локальных и глобального минимумов.

Для поиска локальных максимумов и минимумов в среде Mathcad имеются встроенные функции Minimize и Maximize. Однако использование только этих встроенных функций не обеспечивает ясности и достоверности полученных результатов. Известно, что парабола четвертой степени имеет одну или три точки локального экстремума, поэтому будем рассматривать компьютерное исследование поиска экстремумов на примере полинома четвертой степени от одной переменной $f(x)$, выполняя следующие действия в среде MathCad.

1. Зададим функцию четвертого порядка вида (1), и построим ее декартов график (2):

$$f(x) = x^4 - 4x^3 + 2x^2 + 5x - 0.4 \quad (1)$$



Полученный по умолчанию декартов график [1, с. 52] в интервале [-10, 10] не позволяет увидеть экстремумов для рассматриваемой функции, поэтому желательно иметь график функции $f(x)$ в интервале ее корней.

2. Найдем корни заданной функции $f(x)$.

Для нахождения корней полинома степени n , имеющего вид

$$v_n x^n + \dots + v_2 x^2 + v_1 x + v_0 = 0, \tag{3}$$

в среде MathCad лучше использовать функцию *polyroots*. Функция *polyroots* не требует начального приближения и возвращает сразу **все корни**, как вещественные, так и комплексные. Коэффициенты полинома находятся в векторе v длины $n + 1$. Поскольку полином n -й степени имеет ровно n корней (некоторые из них могут быть кратными). Вектор v , содержит коэффициенты полинома и должен состоять из $n+1$ элемента: $v_0, v_1, v_2, \dots, v_n$.

Функция имеет синтаксис **polyroots(v)** [2, с. 54-55]. В основе функции *polyroots* лежат аналитические и численные алгоритмы, а *результатом* ее действия является вектор, составленный из n корней рассматриваемого полинома.

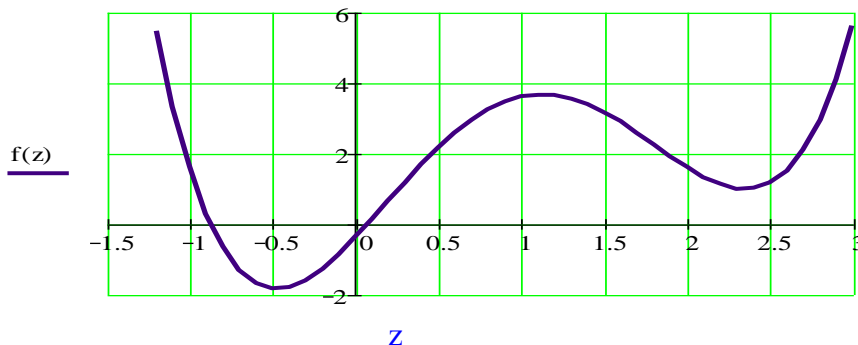
$$\text{kor} := \text{polyroots} \left(\begin{pmatrix} -0.4 \\ 5 \\ 2 \\ -4 \\ 1 \end{pmatrix} \right) \quad \text{kor} = \begin{pmatrix} -0.873 \\ 0.078 \\ 2.397 - 0.363i \\ 2.397 + 0.363i \end{pmatrix} \tag{4}$$

Применяя функцию *polyroots(v)*, находим корни (4) для заданной функции $f(x)$.

В результате получили, что у исследуемой функции $f(x)$ есть два действительных корня и два комплексных корня. В точках действительных корней значение функции обращается в ноль (проверка).

$$f(-0.873) = 0 \quad f(0.078) = 0 \tag{5}$$

3. Построим и рассмотрим графическое отражение поведения заданной функции $f(x)$ по аргументу z в интервале, включающем корни функции $z := -1.2, -1.1 \dots 3$



Из декартового графика (6), построенного в среде MathCad для заданной функции $f(x)$, визуально видны три возможных локальных экстремума.

4. Для строгого математического обоснования возможных локальных экстремумов вычислим [1, с. 119] первую производную функции $f(x)$ соответствующим оператором в среде MathCad:

$$p1(x) := \frac{d}{dx} f(x) \rightarrow 4 \cdot x^3 - 12 \cdot x^2 + 4 \cdot x + 5 \quad (7)$$

5. Вычислим и отразим корни первой производной функции $f(x)$ следующей последовательностью операторов в среде MathCad, позволяющих найти все корни, используя встроенную функцию **polyroots(v)** :

$$k1 := \text{polyroots} \left(\begin{pmatrix} 5 \\ 4 \\ -12 \\ 4 \end{pmatrix} \right) \quad k1 = \begin{pmatrix} -0.473 \\ 1.126 \\ 2.347 \end{pmatrix} \quad (8)$$

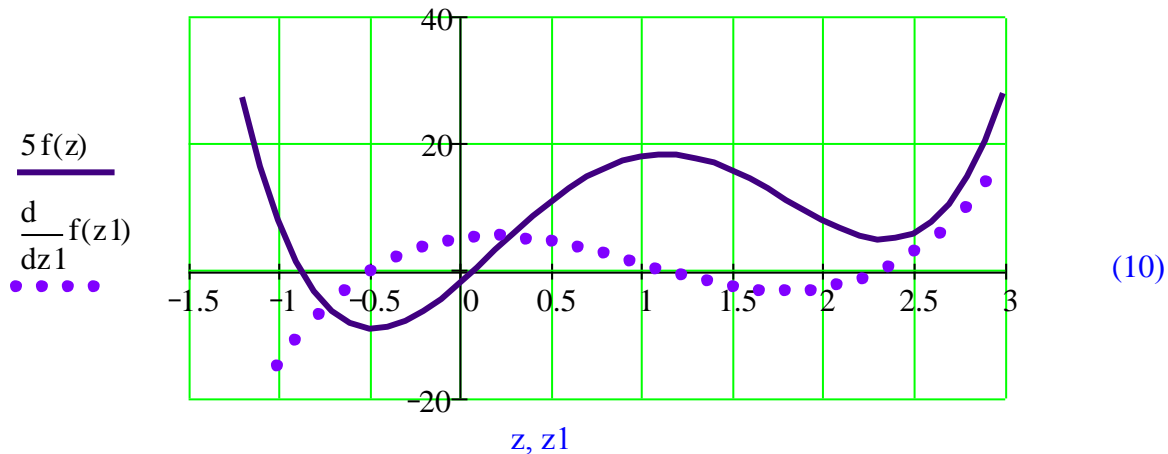
$$x1 := k1_0 \quad x2 := k1_1 \quad x3 := k1_2$$

$$x1 = -0.473 \quad x2 = 1.126 \quad x3 = 2.347$$

В результате получили три корня первой производной функции, при которых первая производная (7) функции $f(x)$ обращается в ноль (проверка):

$$p1(-0.473) = -0 \quad p1(1.126) = 0 \quad p1(2.347) = 0 \quad (9)$$

6. Отразим декартов график (10) функции $f(x)$, для наглядности растянутый в 5 раз, по параметру $z := -1.2, -1.1 \dots 3$, и график ее первой производной, демонстрирующий ее корни $x1, x2, x3$ по параметру $z1 := -1, -0.9 \dots 3$



Чтобы завершить анализ функции $f(x)$ на экстремумы, необходимо определить, какие из найденных точек являются точками минимума, а какие — максимума. Для этого следует рассчитать значения второй производной в корнях первой производной (т.е. в точках $x1, x2, x3$) и определить знаки второй производной в этих точках.

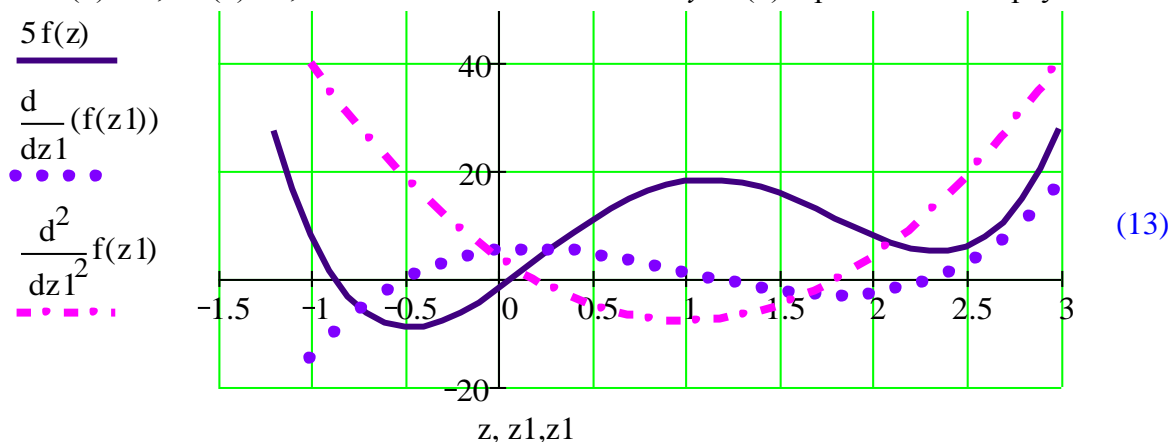
7. Вычислим [1, с. 126-127] вторую производную функции $f(x)$ и найдем ее значения при найденных корнях первой производной x_1, x_2, x_3 , являющихся критическими точками, следующей последовательностью операторов в среде MathCad:

$$p_2(x) := \frac{d^2}{dx^2} f(x) \rightarrow 12 \cdot x^2 - 24 \cdot x + 4 \quad (11)$$

$$p_2(x_1) = 18.037 \quad p_2(x_2) = -7.809 \quad p_2(x_3) = 13.773 \quad (12)$$

8. Для визуального отражения поведения второй производной к декартовому графику (10) добавим график второй производной по параметру $z_1 := -1, -0.9 \dots 3$

Если $f''(x) > 0, f'(x)=0$, то имеем *локальный минимум* $f(x)$ при значении аргумента x ; если $f''(x) < 0, f'(x)=0$, то имеем *локальный максимум* $f(x)$ при значении аргумента x .



9. Произведенные расчеты можно отразить следующей таблицей:

x	$f'(x)$	$f''(x)$	Вид экстремума
$x_1 = -0.473$	$f'(x_1) = 0$	$f''(x_1) = 18.037 > 0$	минимум
$x_2 = 1.126$	$f'(x_2) = 0$	$f''(x_2) = -7.809 < 0$	максимум
$x_3 = 2.347$	$f'(x_3) = 0$	$f''(x_3) = 13.773 > 0$	минимум

10. Отразим значения исследуемой функции $f(x)$ при найденных корнях первой производной x_1, x_2, x_3 , являющихся критическими точками.

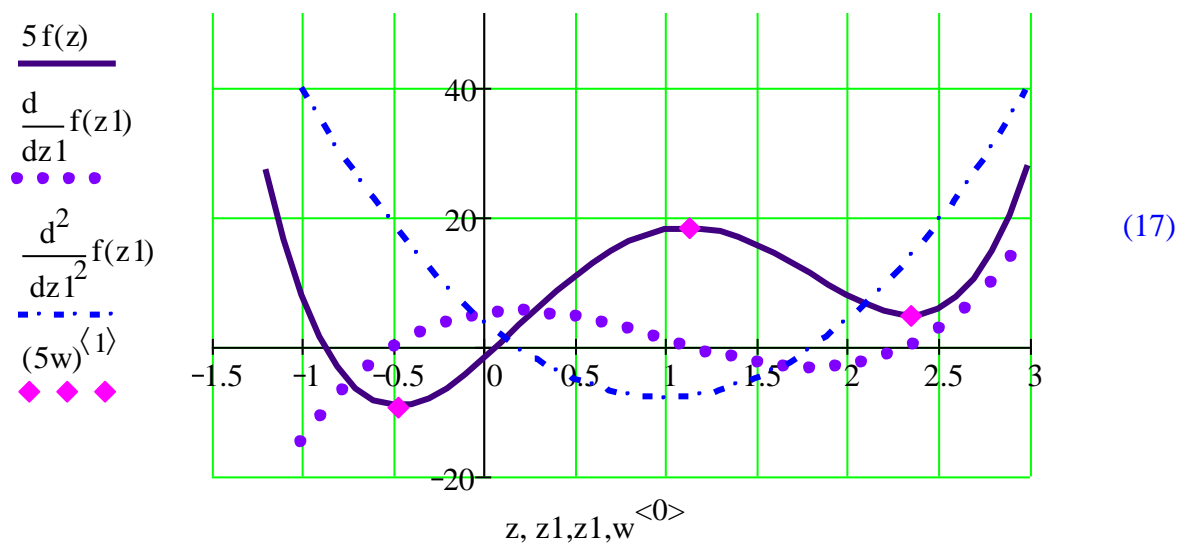
$$f(-0.473) = -1.844 \quad f(1.126) = 3.663 \quad f(2.347) = 0.981 \quad (14)$$

11. Для точного отражения экстремальных точек исследуемой функции $f(x)$ на графике сформируем матрицу [1, с. 32-34], один столбец которой является критическими точками, а второй столбец – значениями функции $f(x)$ в этих точках (15) - (16), следующей последовательностью операторов среды MathCad.

$$w := \begin{pmatrix} x_1 & f(x_1) \\ x_2 & f(x_2) \\ x_3 & f(x_3) \end{pmatrix} \quad w = \begin{pmatrix} -0.473 & -1.844 \\ 1.126 & 3.663 \\ 2.347 & 0.981 \end{pmatrix} \quad (15)$$

$$w^{(0)} = \begin{pmatrix} -0.473 \\ 1.126 \\ 2.347 \end{pmatrix} \quad w^{(1)} = \begin{pmatrix} -1.844 \\ 3.663 \\ 0.981 \end{pmatrix} \quad (16)$$

12. Добавим их отражения (16) на декартовый график (17), демонстрирующий поведение исследуемой функции $f(x)$ (растянутый в 5 раз)



13. Произведем теперь поиск локальных экстремумов исследуемой функции $f(x)$ другими средствами в среде MathCad.

Поиск экстремумов функций в среде MathCad можно производить с помощью двух встроенных функций [2, с. 74-75]:

Minimize (f,x1, ... ,xm), при выполнении которой получаем вектор значений аргументов, при которых функция f достигает минимума,

Maximize (f,x1, ... ,xm), при выполнении которой получаем вектор значений аргументов, при которых функция f достигает максимума.

Здесь $f(x1, \dots, xm)$ — функция; $x1, \dots, xm$ — аргументы, по которым производится минимизация (максимизация).

При этом задачи на условный экстремум предполагают задания начального значения аргумента, задания образа исследуемой функции, и вычислительного блока, состоящего из ключевого слова **Given**, последующих заданий логических выражений и имени функции поиска экстремума с конкретными параметрами:

Given... логические выражения ... **Minimize** и
Given... логические выражения ... **Maximize**

Выполнение функции **Minimize (Maximize)** осуществляется после ее вызова (диалоговым окном *Поместить функцию*) с конкретными параметрами данной функции.

Образ экрана с решением поставленной задачи отражен на ниже приведенном рисунке:

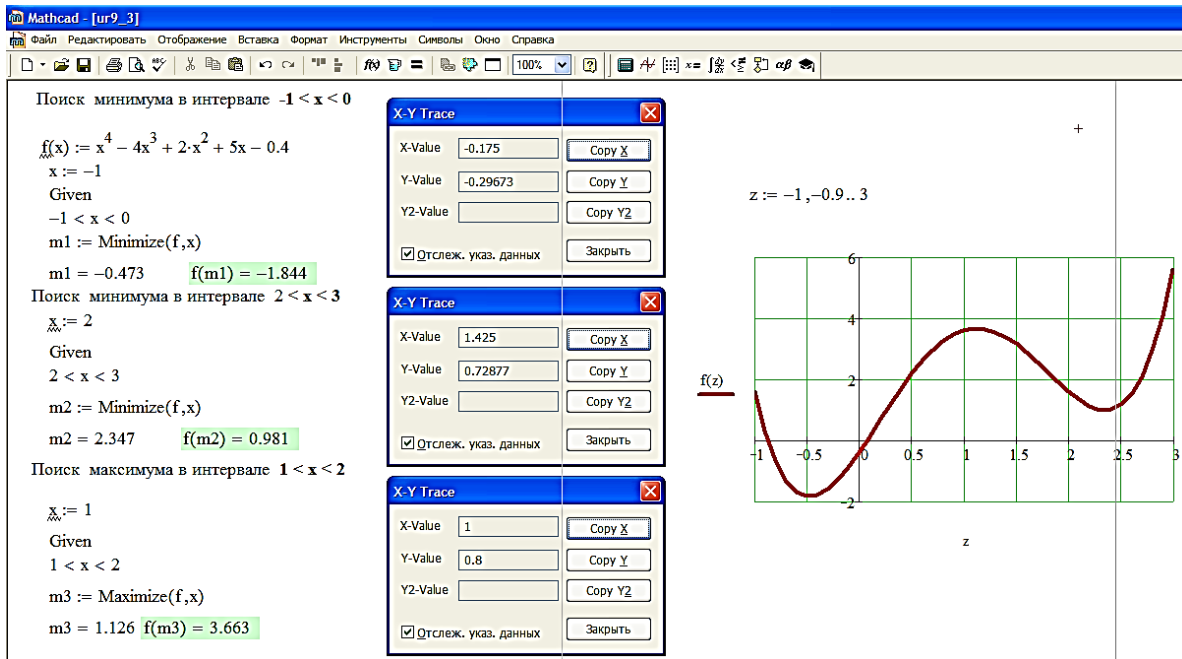


Рис 1. Поиск локальных экстремумов средствами среды MathCad

14. Вывод

По анализу значений исследуемой функции $f(x)$ в критических точках и поиска экстремальных значений функции $f(x)$ от одной переменной возможностями среды MathCad:

Экстремальные точки и их значения, полученные с применением математического анализа (14), и полученные с использованием готовых встроенных функций на поиск экстремумов, представленные образом экрана, отражающего выполнение задачи на компьютере в среде MathCad в Рис. 1, в обоих случаях совпадают:

$$(-0.473) = -1.844; \quad f(1.126) = 3.663; \quad f(2.347) = 0.981 \quad (18)$$

Компьютерное исследование функции четвертого порядка вида (1) показало у нее наличие трех локальных экстремумов, при чем имеются два локальных минимума, из которых один является глобальным, так как он принимает наименьшее значение, равное -1.844 в критической точке -0.473 :

$$f(-0.473) = -1.844 < f(2.347) = 0.981 \quad (19)$$

А также исследуемая функция $f(x)$ имеет один локальный максимум в точке 1.126 , при которой функция принимает значение 3.663 :

$$f(1.126) = 3.663, \quad (20)$$

а глобальных максимумов у рассматриваемой функции четвертого порядка вида (1) нет.

Рассмотрим еще один пример компьютерного исследования на экстремумы для функции третьего порядка вида (21)

$$f_3(q) := 3q^3 + 2q^2 - 7q \quad (21)$$

Для визуального отражения поведения функции, используя функцию *polyroots*, найдем ее корни:

$$\text{polyroots} \left(\begin{pmatrix} 0 \\ -7 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} -1.897 \\ 0 \\ 1.23 \end{pmatrix} \quad (22)$$

и в их окрестности построим декартов график по параметру $z := -2.5, -2.4 .. 2$

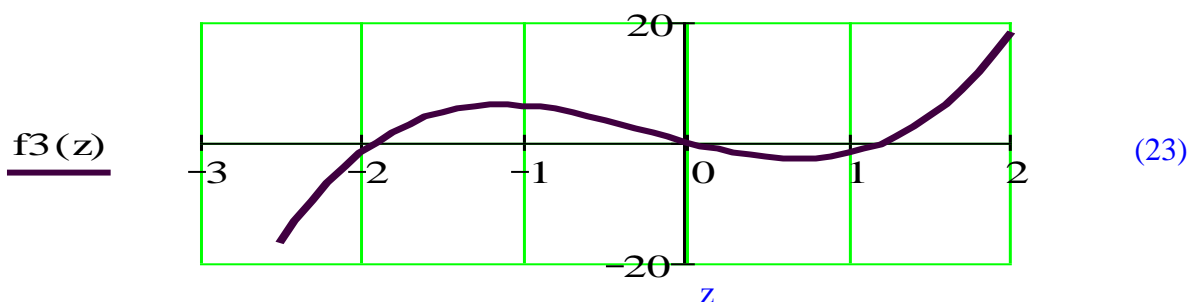


График (23) и результат выполнения функции *polyroots* (22) говорит о наличии трех корней в точках **-1.897, 0, 1.23** и двух локальных экстремумов: одного максимума в интервале от -2.5 до 0 и одного минимума в интервале от 0 до 1.5.

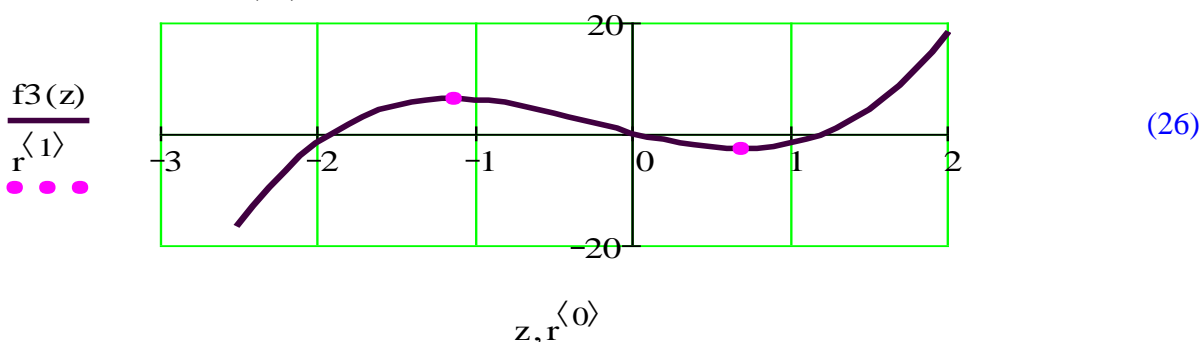
Произведем поиск экстремальных значений функции третьего порядка вида (21), пользуясь встроенными функциями MathCad-a *Maximize* и *Minimize*, что представлено последовательностью операторов MathCad в (24):

$$\begin{array}{ll}
 q := -2.5 & q_v := 0 \\
 \text{Given} & \text{Given} \\
 -2.5 < q < 0 & 0 < q < 1.5 \\
 mx := \text{Maximize}(f3, q) & mn := \text{Minimize}(f3, q) \\
 mx = -1.132 & mn = 0.687 \\
 f3(mx) = 6.135 & f3(mn) = -2.892
 \end{array} \tag{24}$$

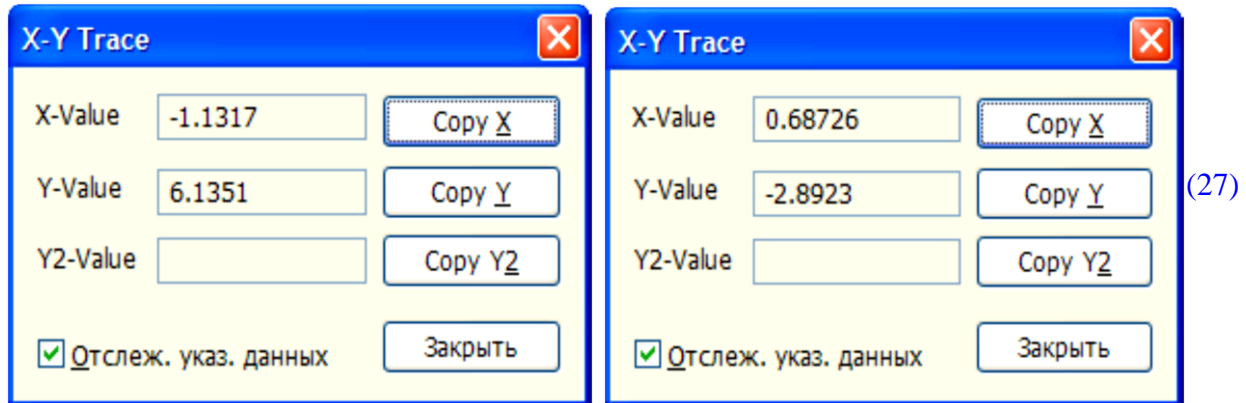
Для точного отражения значений исследуемой функции $f3(q)$ в критических точках **mx** и **mn** на декартовом графике, сформируем матрицу, один столбец которой является критическими точками, а второй столбец – значениями функции $f3(q)$ в этих точках (25), следующей последовательностью операторов среды MathCad.

$$r := \begin{pmatrix} mx & f3(mx) \\ mn & f3(mn) \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} -1.132 & 6.135 \\ 0.687 & -2.892 \end{pmatrix} \tag{25}$$

Отразим декартовый график исследуемой функции $f3(q)$ и значений экстремумов в критических точках (26)



Проверим значения исследуемой функции $f3(q)$ в критических точках графика (26), следующей возможностью среды MathCad – трассировкой (27), которая и подтверждает визуально оптимальные значения в этих точках, совпадающие со значениями, найденными в (25) по функциям *Maximize* и *Minimize*.



Данная статья демонстрирует применение компьютерных технологий в научных исследованиях, которые позволяют использовать различные подходы для решения поставленной задачи. А использование дидактических возможностей информационных технологий [3, с. 143-144] и знаний студента по различным разделам математики позволяют реализовать метод обучения, при котором студент не получает знания в готовом виде, а добывает и усваивает их сам в процессе собственной учебно-познавательной деятельности.

Список источников

1. Кириянов Д.В. Mathcad 13.- СПб: БХВ-Петербург, 2006.- 608 с. ISBN 5-94157-870-4
2. Панкова Г.Д. Технология обучения компьютерным методам в экономике // Монография. – LAP Lambert Academic Publishing, - 2016. – 97 с. ISBN 978-3-659-82892-8
3. Панкова Г.Д. Обучение решению оптимизационных задач через среду электронного учебного курса // Международный семинар "Вычислительные методы и решение оптимизационных задач": Материалы семинара – ЗАО РИЦ Прайс Курьер, Новосибирск, 2004 – 204 с. (– С. 142-148)

УДК: 004.056.5

ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСТОРАНА

Ашымова Айзада Жаасынбековна, старший преподаватель кафедры «Программное обеспечение компьютерных систем» КГТУ им. Раззакова, Кыргызстан, 72044, г. Бишкек, e-mail: a_aizada_kg@mail.ru

Беккулова Кыял Абдыкапаровна, старший преподаватель кафедры «Программное обеспечение компьютерных систем» КГТУ им. Раззакова, Кыргызстан, 72044, г. Бишкек, e-mail: nimatta@mail.ru

Аннотация. Цель статьи – выявление потенциальных угроз и уязвимостей, предотвращение инцидентов, исключение либо минимизация выявленных угроз, а также провести аудит соответствия внутреннему аудиту информационной системы ресторана.

Ключевые слова: информационная система ресторана, активы, подлежащие защите, информационные активы, уязвимости активов, источник угроз информационной безопасности, модель угроз информационной безопасности, модель нарушителя информационной безопасности, политика информационной безопасности.

SURVEY OF PROTECTION OF THE INFORMATION SYSTEM OF THE RESTAURANT

Ashymova Ayzada Zhaasynbekovna, senior lecturer of the Department "Software of computer systems" KGTU named after Razzakov, Kyrgyzstan, 72044, Bishkek, e-mail: a_aizada_kg@mail.ru
Bekkulova Kyial Abdykaparovna, senior lecturer of the Department "Software of computer systems" KGTU named after Razzakov, Kyrgyzstan, 72044, Bishkek, e-mail: nimatta@mail.ru.

The purpose of the article is to identify potential threats and vulnerabilities, prevent incidents, exclude or minimize identified threats, and audit compliance with the internal audit of the restaurant's information system

Key words: information system of the restaurant, assets subject to protection, information assets, vulnerability of assets, source of information security threats, information security threats model, infringing information security model, information security politics.

В информационной системе ресторана (ИСР) хранится и передаются информации относящаяся к профессиональной тайне, коммерческой тайне, служебной тайне и персональные данные, а также формируется отчет по основным бизнес процессам ресторана. Основными бизнес-процессами информационной системы ресторана Обслуживание клиентов и обработка заказов своевременно. ИСР является системой подключенным к интернету общего пользования. Технические средства ИСР, в частности оборудования сервера, расположены в помещении, находящемся в пределах контролируемой зоны ресторана. Информационные активы хранятся на серверах-баз данных ресторана, данные которых вводятся с рабочих станций сотрудников (АРМ), в том числе информация ограниченного доступа. А также имеются АРМ администраторов: АРМ-администратора ИБ и АРМ-администратора ИСР.

Модель нарушителя информационной безопасности

По признаку принадлежности к ИС все нарушители делятся на две группы:

- внешние нарушители Н-1 – физические лица, осуществляющие целенаправленное деструктивное воздействие, не имеющие права пребывания на территории контролируемой зоны, в пределах которой размещается оборудование ИС.
- внутренние нарушители Н-2 – физические лица, имеющие право пребывания на территории контролируемой зоны, в пределах которой размещается оборудование ИС.

Н-1 Внешний нарушитель:

В качестве внешнего нарушителя информационной безопасности рассматривается нарушитель, который не имеет непосредственного доступа к техническим средствам и ресурсам системы, находящимся в пределах контролируемой зоны.

Предполагается, что внешний нарушитель не может воздействовать на защищаемую информацию по техническим каналам утечки, так как объем информации, хранимой и обрабатываемой в ИС, является недостаточным для возможной мотивации внешнего нарушителя к осуществлению действий, направленных утечку информации по техническим каналам утечки. Предполагается, что внешний нарушитель может воздействовать на защищаемую информацию только вовремя ее передачи по каналам связи.

Н-2 Внутренний нарушитель:

К такому виду нарушителя могут относиться (список лиц должен быть уточнен в соответствии с группами пользователей, описанных в Политике информационной безопасности):

- пользователи ИС т.е. сотрудники, имеющие право доступа к ИС (категория I);
- сотрудники, не имеющие права доступа к ИС (категория II);

- администраторы ИС (категория III);
- разработчики и поставщики программно-технических средств, расходных материалов, услуг (категория IV).

Полномочия нарушителей значительным образом зависят с функционирующих границах контролируемой зоны ограничительных условий, с которых главным представляется осуществление комплекса организационно-технических мер, в том числе по выбору, расстановке и обеспечению высокой профессиональной подготовки сотрудников, допуску физических лиц внутрь контролируемой зоны и контролю за порядком проведения работ, нацеленных на устранение и пресечение несанкционированного допуска. Лица категорий I и III хорошо знакомы с основными алгоритмами, протоколами, исполняемыми и используемыми в определенных подсистемах и ИС в полном, а кроме того с используемыми принципами и концепциями безопасности. Подразумевается, что они могли бы использовать типовое оборудование или для идентификации уязвимостей, либо для осуществления угроз ИБ. Это оборудование может быть, равно как составляющей настоящих денег, таким образом и способен иметь отношение к свободно получаемому (к примеру, программное обеспечение, полученное из доступных внешних источников). Помимо этого, предполагается, то что эти лица могли бы пользоваться специальным оборудованием. К лицам данных категорий ввиду их исключительной роли в ИС должен использоваться совокупность специальных организационно-режимных мер по их подбору, принятию в работу, предназначению на должность и контролю выполнения функциональных обязанностей.

Этапы управления инцидентами ИБ

В соответствии со структурой и спецификой информационной системы ресторана было определено, что к инцидентам информационной безопасности относится любое негативное событие или активность (наблюдаемое в действии), которое подвергает опасности:

- Конфиденциальность, целостность или доступность защищаемой информации;
 - Сеть, к которой подключена ИСР (включая оборудование, приложения и данные);
 - Непрерывность функционирования ИСР;
 - Целостность или доступность программного обеспечения.
- Исходя из разработанной модель угроз и нарушителя ИБ и политики ИБ информационной системы ресторана будем рассматривать следующие инциденты:
- Утечка конфиденциальной информации (нарушение конфиденциальности);
 - Нарушение целостности конфиденциальной информации;
 - Несанкционированное копирование или изменение конфиденциальной информации;
 - Атаки типа «отказ в обслуживании» (DoS/Ddos);
 - Внедрение вредоносного кода
- В соответствии с [4] в разработанной политике управления инцидентами присутствуют 5 подпроцессов управления:
- Планирование и подготовка;
 - Обнаружение и оповещение;
 - Оценка и принятие решения;
 - Реагирование;
 - Извлеченные уроки.

Аудит информационной безопасности.

Административный состав должен спустя запланированные интервалы (никак не реже один раз в год) проанализировать СУИБ организации, для того чтобы гарантировать её непрерывную применимость, соответствие и результативность. Данный анализ необходимо охватывать в себе установление возможностей улучшения и потребности изменение СУИБ, в

том числе политики информативной безопасности и целей информационной безопасности.

Организация ответственна осуществлять внутренние аудиты (контроля) посредством запланированные интервалы периода в целях определения того, что система менеджмента качества: отвечает запланированным мероприятиям, требованиям к системе менеджмента качества, разработанным организацией; внедрена эффективно и поддерживается в рабочем состоянии.

Программа аудитов (ревизий) обязана намечаться с учетом статуса и значимости действий и площадей, подлежащих аудиту, а также итогов предыдущих аудитов. Критерии, область использования, частота и методы аудитов должны быть определены. Выбор аудиторов и проведение аудитов обязаны гарантировать объективность и непредвзятость процесса аудита. Аудиторы не обязаны проверять собственную свою работу. [5] Должна быть определена документированный процесс с целью определения ответственности и условий, связанных с планированием и проведением аудитов, ведением записей и составлением отчетов о итогах. Журнал о аудитах и их итогах обязаны поддерживаться в рабочем состоянии. Руководитель, отвечающее за контролируемые сфере работы, обязано предоставить, для того чтобы все без исключения требуемые корректировки и корректирующие действия предпринимались в отсутствии избыточной откладывания с целью ликвидации найденных несоответствий и вызвавших их факторов. Дальнейшие действия обязаны содержать в себе верификацию установленных граней и доклад о итогах верификации.

Организации, каковой необходимо проводить аудиты, необходимо организовать план аудита, позволяющую устанавливать эффективность системы менеджмента данной организации. План аудита может быть заключать в себе аудиты, включающие один или ряд стандартов согласно системам менеджмента, проводимые согласно отдельности либо в котором-или комбинации [1]. Высочайшее управление обязано гарантировать, для того чтобы миссии плана аудита существовали определены, и установить один либо ряд компетентных лиц, отвечающих за руководство планом аудита. Масштаб и содержимое плана аудита должны находиться в зависимости с масштаба и характера деятельности контролируемой организации, а кроме того с специфичности, сложности и уровня зрелости системы менеджмента, подлежащей аудиту. Основополагающее интерес нужно выделить адекватному распределению ресурсов плана аудита с целью выполнения аудита наиболее необходимых элементов системы менеджмента. Они могут содержать в себе основные свойства продукта, угрозы, сопряженные с охраной здоровья и техникой безопасности, или важные экологические аспекты и руководство ими.

Разработка целей программы внутреннего аудита

Высшему управлению следует предоставить разработку целей плана аудита, с целью этого для того чтобы управлять планированием и проведением аудитов, ему кроме того необходимо гарантировать продуктивное введение проекты аудита. Цели проекты аудита ответственны должны согласовываться и способствовать осуществлению политики и целей системы менеджмента. Цели могут быть основаны на рассмотрении следующих требований:

- приоритетов руководства;
- коммерческих и/или деловых намерений;
- характеристик процессов, продуктов и проектов, а также любых изменений к ним;
- требований системы (систем) менеджмента;
- правовых и других требований, которые организация принимает на себя;
- необходимости в оценке поставщиков;
- потребностей и ожиданий заинтересованных сторон (включая потребителей);
- показателей и характеристик деятельности проверяемой организации, что отражается в случаях возникновения нарушений, дефектов, инцидентов или жалоб потребителей;

- рисков для проверяемой организации;
- результатов предыдущих аудитов;
- уровня достигнутого развития системы менеджмента.
- Примеры целей программы аудита могут включать в себя следующее:
- содействие улучшению системы менеджмента и ее характеристик;
- выполнение внешних требований, например, сертификации, на соответствие требованиям стандарта системы менеджмента;
- проверку соответствия контрактным требованиям;
- получение или поддержание уверенности в возможностях поставщика;
- оценку совместимости и согласованности целей системы менеджмента с политикой системы менеджмента и общими бизнес-целями организации.

Выводы: в результате обследования информационной системы ресторана были выявлены модели угроз и нарушителя ИБ, а также был описан объект, его структурно-функциональные характеристики и основные процессы, выявлены уязвимости данных объектов, угрозы к этим уязвимостям. Определены источники угроз ИБ, нарушители ИБ. В результате, на основе перечней угроз, нарушителей и уязвимостей были определены инциденты, а также проведена оценка частных и групповых показателей ИБ на инциденты ИБ. Была составлена программа внутреннего аудита ИБ ИСР. Были определены цели и задачи проведения внутреннего аудита, субъекты внутреннего аудита. Определены активы, которые необходимо проверять в соответствии с программой. В организации внутреннего аудита были определены необходимые действия для подготовки и проведения аудита ИБ.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 18044-2007 — Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент инцидентов информационной безопасности.
2. ISO/IEC 27035:2011- Информационная технология. Методы обеспечения безопасности.
3. Управление инцидентами информационной безопасности.
4. СТО БР ИББС 1.0-2014. Обеспечение информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации. Общие положения.
5. СТО БР ИББС-1.2 «Обеспечение информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации. Методика оценки соответствия информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации требованиям СТО БР ИББС-1.0».
6. ГОСТ Р ИСО 19011–2012 «Руководящие указания по аудиту систем менеджмента».
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010 Информационная технология (ИТ). «Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности».
8. РФ ФСТЭК России от 15 февраля 2008 года «Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных».
9. ФСТЭК России 2015г «Методика определения угроз безопасности информации в информационных системах», проект документа.
10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006. "Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности требования".
11. Н.Г. Милославская, М.Ю. Сенаторов, А.И. Толстой. Учебник. Управление рисками ИБ Книга 2. 2-ое издание.

12. РС БР ИББС 2.2-2009 «Обеспечение информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации. Методика оценки рисков нарушения информационной безопасности».

УДК 621.3

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА НАГРАД МИНИСТЕРСТВА
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ.**

Стамкулова Г.К. доцент кафедры ПОКС КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66.

Акыш углу Нурсеит, студент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66.

Аннотация. Разработка и решение проблем учета и проверки подлинности наград на разработки веб-системы, отдела наград МОиН Кыргызской республики.

Ключевые слова: учет, подлинность, фильтрация, справка о подлинности.

**INFORMATION SYSTEM OF THE REGISTRATION OF AWARDS OF THE MINISTRY
OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE KYRGYZ REPUBLIC.**

Stamkulova G.K.

Akysh u. Nurseit, student, KSTU. I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch.Aitmatov Ave. 66.

Abstract. Development and solution of problems of registration and authentication of awards for the development of a web system, the awards department of the Ministry of Education and Science of the Kyrgyz Republic

Keywords: accounting, authenticity, filtering, certificate of authenticity.

1. Введение.

Государственные награды Кыргызской Республики, являются высшей формой поощрения граждан Кыргызской Республики и признания их вклада в защиту и укрепление государства и демократического общества, единства народа, приумножение экономического, интеллектуального и духовного потенциала страны, а также заслуг перед государством и народом в общественной, гуманитарной, благотворительной и иных видах деятельности.

Министерством образования и науки Кыргызской Республики выдаются два вида ведомственных наград.

1. Почетная грамота
2. Значок «Билим берүүнүн мыктысы»

1.1. Актуальность разработки.

Для получения награды, надо собрать перечень нужных документов и сдать отделу наград МОиН КР. Отдел наград МОиН КР, проверяют перечень документов, на соответствии критериям к представлению награде. Затем отбора достойных претендентов на награждение “Почетной грамотой” и значком «Билим берүүнүн мыктысы» Министерства образования и науки Кыргызской Республики создается комиссия по ведомственным наградам в составе 7 человек. Наградные материалы рассматриваются комиссией не позднее двух месяцев со дня его регистрации. Подготовка приказа представлению к награде. Формирование документов,

для распечатки в Word и Excell, о присуждении награды, затем зашивается скоросшивателем и отправляется на хранение в архив. При формировании перечень документов о присуждении к награде в нем нет серийного или регистрационного номера. Это может быть номер приказа. Номер удостоверения не является уникальным (каждый год повторяется). На сегодняшний день, нет оцифрованной базы, о выданных ведомственных наград, вся информация ранее выданных и выдаваемых наград, хранятся в виде приказа (бумажном варианте) МОиН Кыргызской Республики. Чтоб получить справку, о подлинности награды, надо приехать в МОиН Кыргызской Республики и написать заявление, затем ждать 3-4 рабочих дня. Большие сложности с получением справки о подлинности присужденной награды удаленно. Документы лиц, награжденными ведомственными наградами министерства образования и науки КР подлежат хранению в течение 1 года, по истечению срока составляется акт уничтожения. Отклоненные и опоздавшие наградные материалы, поступившие после установленного срока (30 июля текущего года) не сохраняются, не возвращаются и не рассматриваются. Нет обмена друг с другом информацией, напрямую на межмашинном уровне с системой межведомственного электронного взаимодействия «Түндүк (Государственное предприятие «Центр электронного взаимодействия» при Государственном комитете информационных технологий и связи Кыргызской Республики, является уполномоченным Правительством Кыргызской Республики оператором системы межведомственного электронного взаимодействия «Түндүк»).

1.2. Цель создания системы.

Основное назначение системы является максимально ускорить процесс работы, обеспечить прозрачность, сотрудникам отдела наград Министерства образования и науки Кыргызской Республики, доступность к информации удаленным пользователям, и обеспечить связь, с системой межведомственного электронного взаимодействия “Түндүк”, а также искоренить поддельные документы, о получивших наград Министерства образования и науки Кыргызской Республики.

2. Материалы и методы.

2.1. Средства программирования для реализации программного продукта.

Для реализации данной системы выбраны следующие средства программирования:

- База данных на платформе СУБД MySQL 8.0.13;
- Клиентское приложение на языке программирования Javascript;
- Для создания пользовательских интерфейса VueJs framework;
- Серверная часть на NodeJs программная платформа и ExpressJs framework;
- ORM система Sequelize для работы с Базами данными ;
- HTTP-клиент для тестирования веб-сайтов Postman;
- Для генерирования запроса с файла wsdl Soap UI;
- Редактор исходного кода Visual Studio Code.

2.2. Функции системы.

1. Возможность авторизации пользователей в системе, а именно сотрудников МОиН Кыргызской Республики и образовательного учреждения.
2. Добавление данных о получивших и претендующих получить наград, сотрудниками образовательного учреждения
3. Формирование отчетов о получивших и претендующих получить наград
4. Фильтрация информации по указанным параметрам
5. Возможность утвердить либо отказать по запросу претендующего на награды
6. При утверждении либо отказа на запрос претендующих на награды система автоматически должна уведомлять об этом сотрудников образовательного учреждения, отправив им на электронную почту письмо

- 7. Автоматическое составление отчета на запрос о проверке на подлинности полученной награды
- 8. Возможность автоматического генерирование и вывода документа в формате pdf на печать справки о подлинности полученной награды
- 9. Возможность предоставления списков людей, получивших наград для участников системы межведомственного электронного взаимодействия “Тундук”

3. Результаты и обсуждение.

3.1. Описание системы.

Используя модель потока данных, мы опишем, как предприятие будет работать, используя разрабатываемую систему. (модель AS-TO-BE). Модель потока данных начинается с проектирование диаграмм “Информационная система учета наград Министерства образования и науки Кыргызской Республики”. Включает в себя, такие внешние сущности как: “Представитель наградной комиссии образовательного учреждения”, “Сотрудник МОиН Кыргызской Республики”, “Не авторизованный пользователь”, “Межведомственный портал “Тундук”” Рис.(1 и 2).

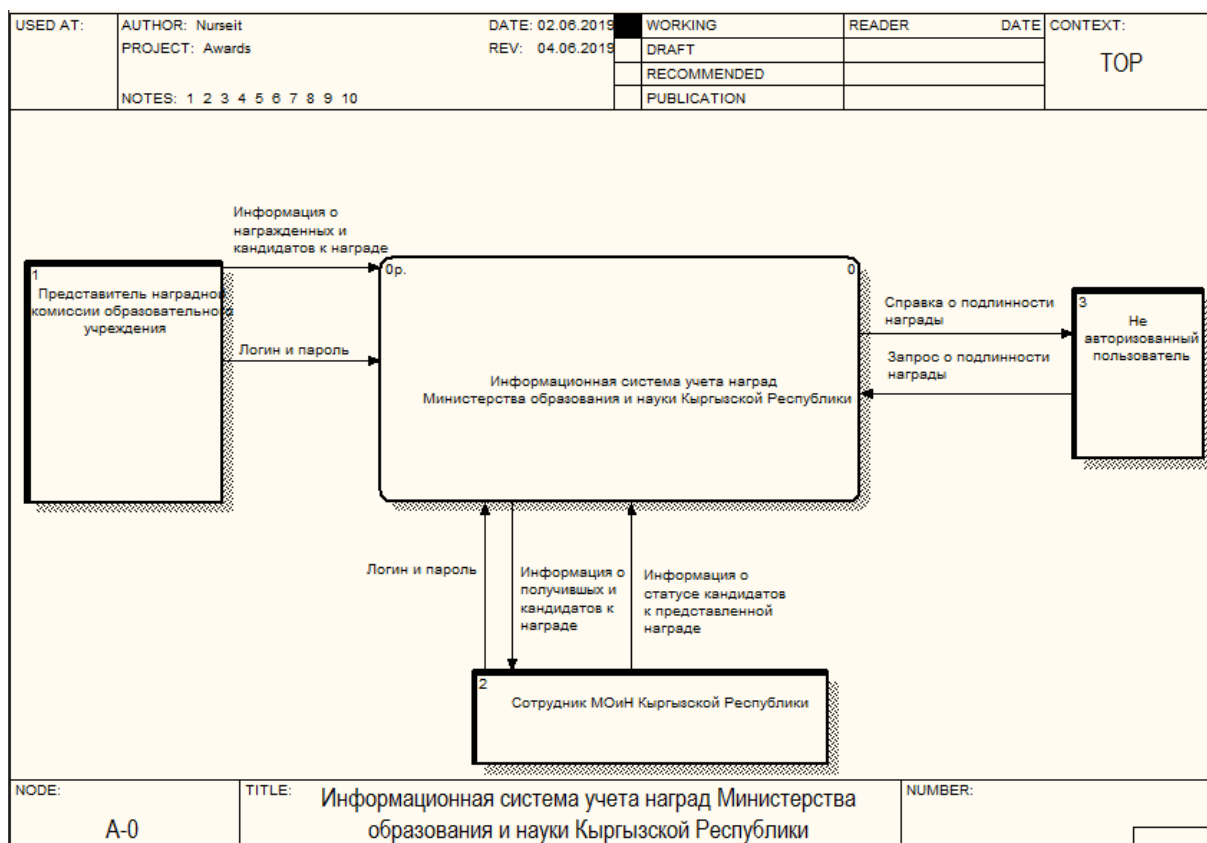


Рис.1 Модель AS-TO-BE “Информационная система учета наград Министерства образования и науки Кыргызской Республики”.

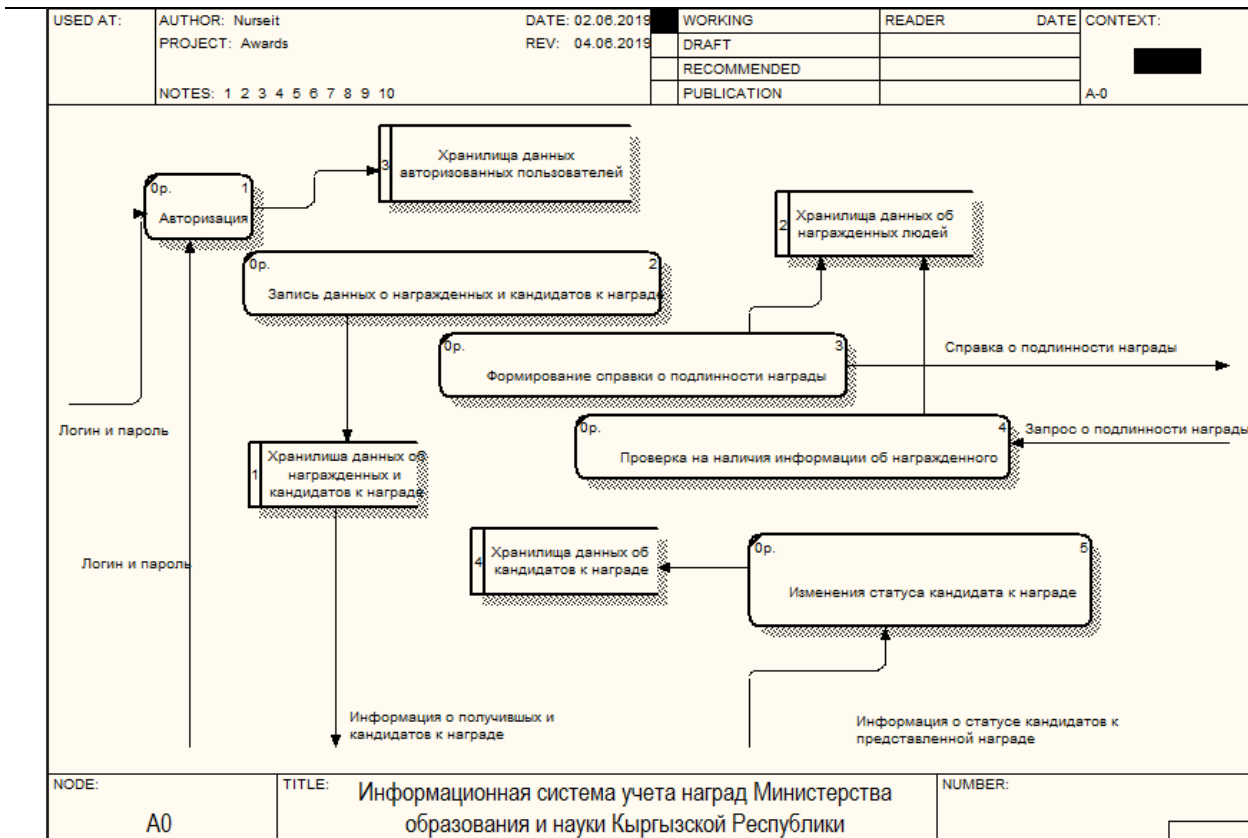


Рис. 2 Декомпозиция под процесса “Информационная система учета наград Министерства образования и науки Кыргызской Республики”.

3.2. Работа системы в реальном времени

Выберите вид ведомственной награды выданных МОиН Кыргызской Республики

Значок отличника образования Кыргызской Республики ^

Фамилия
Akysh

Имя
Nurseit

Отчество если есть в документе
XXX

Номер удостоверения: 7077 Номер приказа: 700/7

Выберите дату
2019-05-05

ПРОВЕРИТЬ
СТЕРЕТЬ

Рис. 3.2.1 Форма для заполнения данными награжденного.

Выберите вид ведомственной награды выданных МОиН Кыргызской Республики

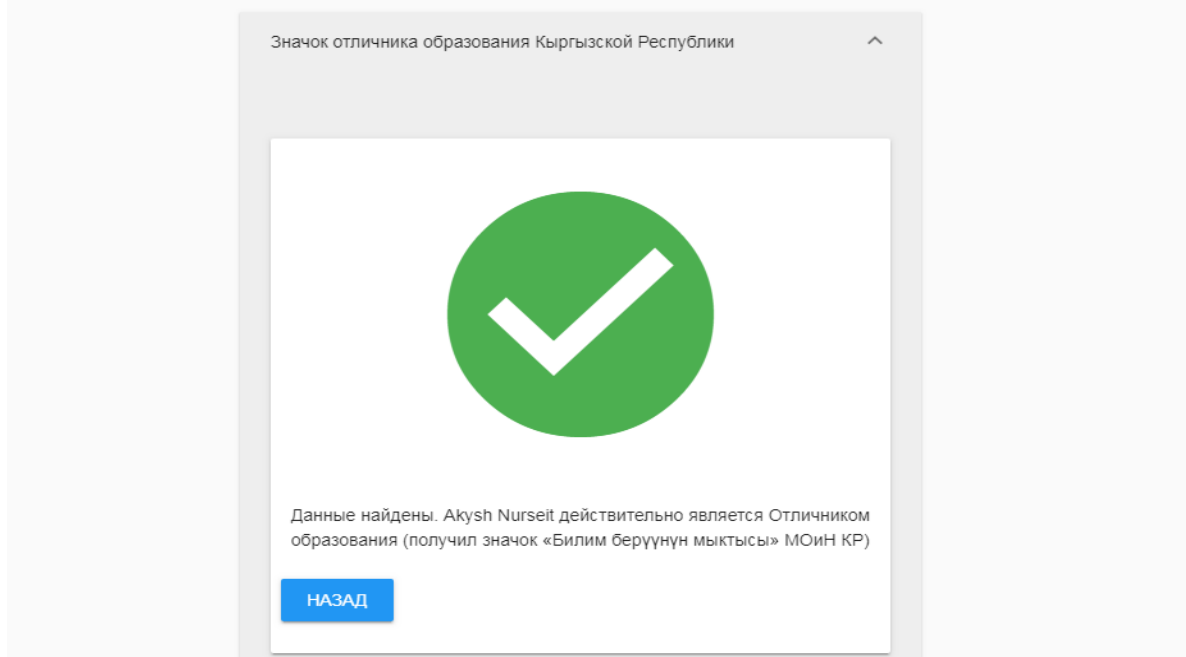


Рис. 3.2.1 Вывод информации, о подлинности награды.

4. Выводы

Создаваемая система обеспечит ускорить процесс учета наград, проверки и получение сформированной системой справки о подлинности наград удаленно. Все выдаваемые награды унифицируются системой уникальным номером идентификации, это позволит искоренению поддельных наград. Присуждение или отказ наград, проходит через систему. Система обеспечит связь для получения информации, о награжденных людях, с порталом межведомственного электронного взаимодействия “Түндүк”. В последующих версии системы, будет расширены функциональности как получение идентификационной код в виде QR кода и будет доступна проверка через QR код, доработки уже, имеющихся функциональности.

Список литературы

1. Документация VueJs. Веб сайт: <https://vuejs.org/>.
2. Документация ExpressJs. Веб сайт: <https://expressjs.com/ru/>.
3. Документация VueJs. Веб сайт: <https://vuetifyjs.com/ru/>.
4. Документация SequelizeJs. Веб сайт: <http://docs.sequelizejs.com/>.

УДК 37.013.2

**ЖОГОРКУ ОКУУ ЖАЙДА АВТОМАТТАШТЫРЫП ҮЙРӨТҮҮ СИСТЕМАСЫН
КОЛДОНУУ**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В
ВУЗАХ**

*Раева Батина Жолчуевна, ЖАМУ, БАС кафедрасынын ага окутуучусу,
e-mail: konung-batina@mail.ru,*

Аннотация. Жогорку окуу жайда офистик FrontPage программасынын жардамында автоматташтырып үйрөтүү системасын иштеп чыгуу технологиясы. Студенттердин өз алдынча ишин уюштуруудагы автоматташтырып үйрөтүү системасын колдонуунун артыкчылыктары жөнүндө маалымдоо.

Аннотация. Технология разработки автоматизированного обучения системы в вузе при помощи офисной программы FrontPage. Информирование о преимуществах применения автоматизированной системы обучения в организации самостоятельной деятельности студентов.

Abstract. Technology of development of automated training system at the University using the FrontPage office program. Informing about the advantages of using an automated learning system in the organization of independent activity of students.

Түйүндүү сөздөр: кредиттик технология, өз алдынча иштер, маалыматтык технология, автоматташтырып үйрөтүү системасы, офистик программа, мобилдик тиркеме, AVN маалымат системасы.

Ключевые слова: кредитная технология, самостоятельная работа, информационных технологий, автоматизированная обучающая система, офисные программы, мобильные приложения, информационная система AVN.

Киришүү

Маалыматтык коомдун өнүгүү шартында билим берүү системасында дагы көптөгөн жаңы системалар жана талаптар жаралууда. Акыркы беш жылдыкта жаңы маалыматтык технологиялардын өтө тез өнүгүүсү билим берүү системасынын кредиттик технология шартында жаш муундардын билим алуусундагы эң негизги ресурс болуп саналууда.

Бүгүнкү күндө жаш муундун талабын канааттандырган, тил табыша билген, коомдун өнүгүүсүнөн артта калбаган, өз алдынча билимин жогорулата алган, эркин жана активдүү ой жүгүрткөн, өзүнүн жеке ишкердүүлүгүнө анализ жасай билген, окуу-тарбиялык процессти моделдештире алган адисти даярдоодо окутуучунун алдында талап күчөөдө. Ал үчүн ар бир адистикке ээ болуучу студент адистик компетентүүлүгүнүн үстүндө иш алып барууга тийиш.

Окуу процессиндеги методикалык камсыздоо комплексин иштеп чыгуу студенттердин өз алдынча иштеринин эффективдүү шарттарынын маанилүүсү болуп саналат. Бул комплексте төмөнкүлөр камтылат: лекциянын тексти, окуу жана методикалык көрсөтмөлөр, лабораториялык практикумдар, тапшырмалардын жана көнүгүүлөрдүн банктары, чыныгы маалыматтардын негизиндеги ойдун тактыгы, эсептөө банкы, тренажердук программа жана өз алдынча текшерүүчү программа, автоматташтырып үйрөтүүчү жана текшерүүчү система, колдонмо программалык пакети, маалыматтар базасынын тартиби ж.б. Бул проблемалык окутууну уюштурууда, студент окуу процессиндеги тең укуктуу катышуучусу катары эсептелет.

Студенттердин өз алдынча ишинин жыйынтыгы, анын текшерилишинин көптөгөн активдүү методдорунун болушу менен аныкталат.

Текшерүүнүн төмөнкүдөй түрлөрү болот:

- Учурдагы предметти үйрөнүүгө киришүү алдындагы студенттин билимин жана билгичтигин алдын ала текшерүү;
- Учурдагы текшерүү, б.а. лекциялык, практикалык жана лабораториялык сабактардагы материалдарды өздөштүрүү деңгээлинде тынымсыз көзөмөлдөө;
- Курстук бөлүмдү же модулду окуп үйрөнүүнүн аяктоосу боюнча аралык текшерүү;
- Жеке текшерүү, алды ала даярдык көрүү

– Экзамен жана модуль түрүндөгү дисциплина боюнча жыйынтыктоочу текшерүү;

Азыркы кредиттик технология шартында билим берүү системасында автоматташтырып үйрөтүү системасынын (АҮС) жардамында өз алдынча иштерди алып барууда жогорудагы аталган маалыматтык-коммуникативдик компетентүүлүгү негизги орунду ээлейт. Бүгүнкү күндө Жалал-Абад мамлекеттик университеттин окуу процессинде автоматташтырылган «Келечек билим» мобилдик тиркемеси жана AVN маалымат системасы (<http://avn.jagu.kg/>) колдонулууда. Алардын негизинде окутуучулардын бекитилген дисциплиналарынын жумушчу программасы, силлабусу жана окуу методикалык комплекси адистиктин компетентүүлүгүнүн негизинде түзүлүп AVN маалымат системасынын порталына жайгаштырылган. Окутуучулар студенттердин өз алдынча иштерин кабыл алуу жана баалоо, катышуусун көзөмөлдөө, автоматташтырылган тесттерди түзүү, ал эми студенттер дисциплиналар боюнча материалдарды ачып пайдаланууга жана окутуучулар менен реалдуу баарлашууга мүмкүнчүлүк алып жатышат.

Маалыматтык-коммуникативдик компетентүүлүк – бул комплекстүү түшүнүк. Маалыматтык – коммуникативдик компетентүүлүктү реалдуу билим берүүдө техникалык билим менен билгичтикти эффективдүү пайдалануунун максаттуу багыты катары карап келишет.

Маалымат-коммуникативдик компетентүүлүк заман талабы. Жаңы өсүп келе жаткан жаш муундун талабын канааттандыруу үчүн ар бир адис компетентүүлүккө ээ болуусу зарыл.

Практика жүзүндө бүгүнкү күндө мектеп окуучусунан тартып кесипке багыт алган студенттерге чейин дээрлик бардыгы маалымат-коммуникативдик технологияларды колдоно билет жана ага даяр.

Окуу программасын өздөштүрүүнүн жыйынтыгындагы компетентүүлүк аракет окутуунун сапатын жогорулатууну талап кылат. Бул ишти чечүү эсептөө техникасыз мүмкүн эмес, анын үстүнө үйрөнүү процесстин өзүн жана бир гана окуу процессин башкарууну автоматташтырууну талап кылат. Акырында көп сандаган жана ар түрдүү окутуп үйрөтүүчү системаларды сунуштайт.

Мына ушундай маселелерди ишке ашыруунун бири катары жогорку окуу жайларда өз алдынча иштерди автоматташтырып үйрөтүү системасынын жардамында аткарууну карасак болот. Автоматташтырып үйрөтүү системасы (АҮС) – бул предметтеги бир теманы, бөлүмдү же толук курсту өз алдынча өздөштүрүүгө ылайыкташкан окутуунун бир формасы.

Автоматташтырып үйрөтүү системасын иштеп чыгуу – бул, өтө татаал жана эмгекти көп талап кылуучу жумуш. АҮС – бул, билимдин негизиндеги жана билимди иштеп чыгуучу система. Окутуу системасынын билим базасында, биринчи иретте, предметтик билимдин теориялык негизи керек, б.а. окуу тартиби (дисциплина) боюнча билим. Билим чөйрөсүндө АҮСнын калыптанышы окуу материалынын системалаштыруунун көптөгөн ыкмалары менен аныкталат. Системадагы колдонуучунун окуу материалын жекече багытта окутууну камсыз кылуу мүмкүнчүлүктөрү канчалык жогору болсо, анын жүрүшү ошончолук ийкемдүү жана шартка ыңгайлуу болуп саналат. Ошондуктан заманбап АҮСны иштеп чыгуунун борбору болуп компетентүүлүктү системалаштыруу, сунуштоо, билимге жетүүчү суроолор эсептелет. Предметтик билимди системалаштыруу проблемасын чечүү АҮС иштеп чыгуунун баштапкы этаптарынын бирин түшүндүрүп берүү. Мисалы, теориялык билим, электрондук окуу китепчесин түзүү 5 этаптан турат: аткарылуу тартибин тактоо, бөлүмдөрдүн мазмунун аныктоо, окуу материалын түшүндүрүү тиркемесин так жана кыска баяндап берүү, ишке ашыруу, коштоп (бирге) баруу.

Бүгүнкү күндө көпчүлүк окутуучулар тарабынан түзүлгөн жумушчу программалар, силлабустар жана окуу методикалык комплекстер .docx жана .pdf форматында болууда. Мына ушул сыяктуу форматтагы документтерди автоматташтырып үйрөтүү системасынын жардамында окуу методикалык комплекстерди автоматташтыруучу колдонмолорду иштеп чыгара алууга болот.

Автоматташтырып үйрөтүү системасын иштеп чыгуучу бүгүнкү күндө бир канча программалар бар. Алардын бири катары JavaScript, FrontPage, Artisteer, Express, PHP, Joomla, Microsoft Visual Studio, Page Maker ж.б.у.с программаларды айтсак болот.

Өз алдынча ишти окутуучунун көзөмөлүндөгү аткарылган, офистик программанын бири болгон FrontPage программасында автоматташтырып үйрөтүү системасын түзүүнүн технологиясына токтолобуз. Бул FrontPage программасы офистик болуп эсептелгени менен, компьютерге офистик программаны орноткондо анын тизмегинде болбойт. Ошондуктан өзүнчө иштетүүчү программасын компьютерге орнотуп алабыз. Эгер системада офистик программанын 2007, 2010 ж.б. версиялары орногон болсо, биз FrontPage 2003 программасын орнотсок, ал каалаган системада иштей берет. Эмесе FrontPage программасынын мүмкүнчүлүгүнө токтолуп өтөлү.

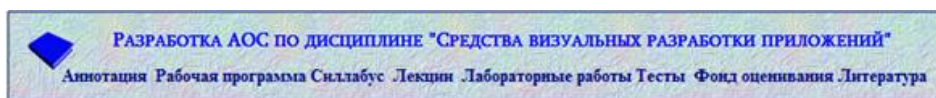
FrontPage Web-беттер мен Web-түйүндөрдү курууга арналган Microsoft Office 2003 курамына кире турган программа. Куралдар панели менен менюдагы командаларды пайдаланып бетке тексттик жана графикалык информацияларды, навигациялар панели аркылуу бир беттен экинчи бетке өтүү үчүн шилтемелерди орноштурууга болот. FrontPageдин башка дагы тиркемелерди, фреймдерди, жүгүртмө саптарды, түрдүү анимацияларды ж.б.у.с. пайдалануу мүмкүнчүлүгү бар. Web-беттер менен Web-түйүндөрдү курууда тездетүү үчүн шаблондор менен мастерлерди пайдаланууга болот. Ошону менен бирге Web-түйүнгө Microsoft Officeдин курамына кире турган Word, Excel, Access жана PowerPoint сыяктуу программаларда даярдалган документтерди иштетүү мүмкүнчүлүгүнө ээ.

Мисал катарында макалада FrontPage офистик программада иштеп чыгарылган "Средства визуальных разработки приложений" предметинен түзүлгөн автоматташтырылган окутуу системасы жөнүндө кыскача маалымат беремин.

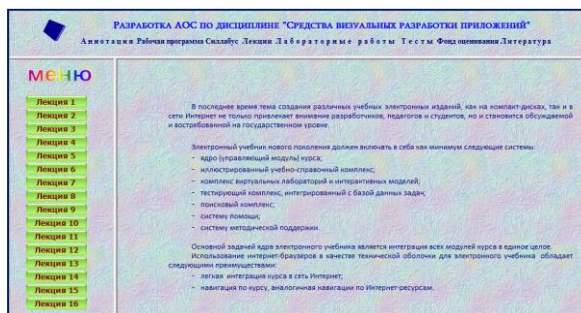
Программанын менюсу төмөнкүлөрдөн турат:

- Аннотация;
- Жумушчу программа;
- Силлабус;
- Лекция;
- Лабораториялык жумуштар;
- Тестер;
- Баалоочу фонддор;
- Колдонулган адабияттар.

"Средства визуальных разработки приложений" дисциплинасы боюнча түзүлгөн Автоматташтырып үйрөтүү системасынын (АУС) менюсу 1-сүрөттө берилет.



1-сүрөт. Автоматташтырып үйрөтүү системасынын менюсу

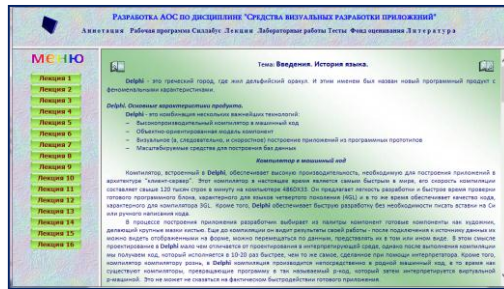


2-сүрөт. "Средства визуальных разработки приложений" дисциплинасынын аннотациясы



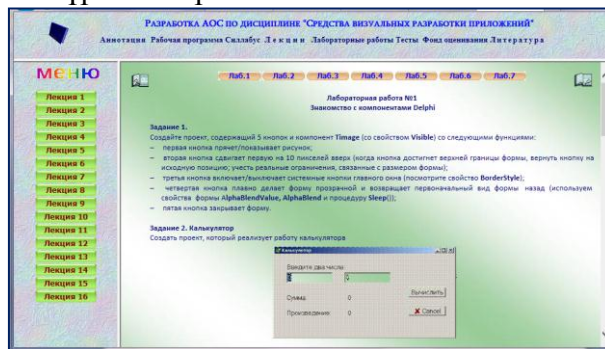
3-сүрөт. "Средства визуальных разработки приложений" дисциплинасы боюнча сиλλαбус

"Средства визуальных разработки приложений" дисциплинасы боюнча түзүлгөн Автоматташтырып үйрөтүү системасынын (АУС) "Лекция" менюсунда 16 лекциялык курс 4-сүрөттө берилет.



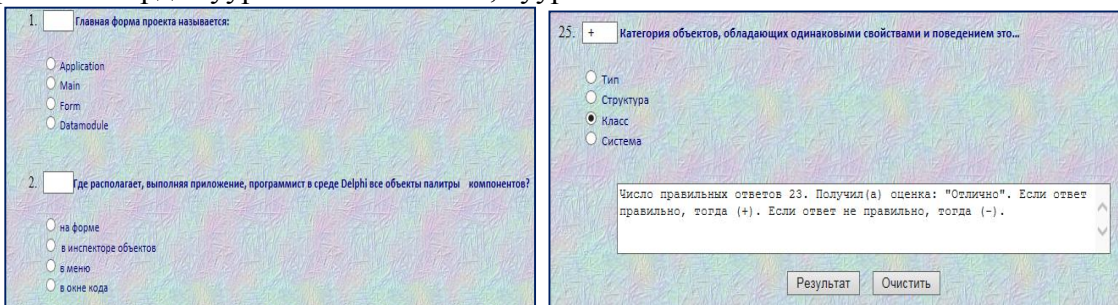
4-сүрөт. "Средства визуальных разработки приложений" дисциплинасы боюнча лекциялык курс

"Средства визуальных разработки приложений" дисциплинасы боюнча түзүлгөн Автоматташтырып үйрөтүү системасынын (АУС) "Лабораторные работы" менюсунда лабораториялык жумуштар 5-сүрөттө берилет:



5-сүрөт. "Средства визуальных разработки приложений" дисциплинасы боюнча лабораториялык жумуштар

"Средства визуальных разработки приложений" дисциплинасы боюнча түзүлгөн Автоматташтырып үйрөтүү системасынын (АУС) "Тесты" менюсунда 25 тестик тапшырмалар 6-сүрөттө берилет. Тесттерге жооп белгиленүү менен жыйынтыгы баа коюлуп чыгарылат. Эгерде туура жооп болсо "+", туура эмес болсо "-" белгиси коюлат.



6-сүрөт. "Средства визуальных разработки приложений" дисциплинасы боюнча тесттер

АҮСнын кеңири колдонулушу төмөндөгүдөй жагдайлар менен түшүндүрүлөт:

- Толук баалуу кесипке машыгуулар түзүлүү үчүн практикалык жактан ар бир студент дайыма жана үзгүлтүксүз даярданууга муктаж, группалардын заманга жараша толукталышы окутуучуну физикалык жактан жекече окутуунун принциптерин иш жүзүнө ашыруу абалында эмес;

- Керектүү мындай өлчөмдөгү билимге жетүүнүн көлөмү, кадимки окутуу методу студенттерге ашыкча жүктөлүүгө алып келүүдө, анын натыйжасында материалды өздөштүрүүсү үстүртөдөн жана окууга кызыгуусу жоголуп жана анын сапаты кескин төмөндөөдө;

Окутуучунун эмгегин автоматташтыруу: студенттердин лекциялык жана практикалык (лабораториялык, практикалык, семинардык ж.б.у.с.) сабактарга даярдануусун текшерүү, тесттик материалдарды түзүү, педагогикалык текшерүүнүн жыйынтыгын статистикалык жактан иштеп чыгуу; студент үчүн окутуунун убактысын азайтуу.

Жыйынтыктоо

Бүгүнкү күндө окуу системасынын кредиттик технология системасында студенттердин өз алдынча билим алуусуна көбүрөөк көңүл бурулган. Ошол студенттин өз алдынча ишти алып баруусуна АҮС чоң роль ойнойт деген ойдомун. Автоматташтырып үйрөтүү системасы - бул дисциплина боюнча түзүлгөн окуу методикалык комплекстин автоматташтырылган формасы катары карасак болот. Анткени бул окутуу системасын пайдаланган студент, өз алдынча теориялык билимди ала алат, лабораториялык жана практикалык иш аракеттерди аткарат жана билимди кандайча өздөштүргөндүгүн компьютердин жардамы менен текшере алуу мүмкүнчүлүгүнө ээ боло алат.

Мына ушундай жогорку окуу жайларда автоматташтырып окутуу системасын колдонуу бүгүнкү күндөгү бакалавр адистигинде даярдалып жаткан студенттердин өз алдынча билим алуусуна жана окутуучунун өз алдынча ишти уюштуруусуна жардам берет деген ойдомун.

Колдонулган адабияттар

1. Атаев Б.С. Компьютерные обучающие системы / Б.С. Атаев // Кыргыз мамлекеттик университетинин жарчысы.- Бишкек, 2011.-99-101 б
2. Данилов В. В. История создания автоматизированных обучающих систем /В. В. Данилов // Молодой ученый. - 2011. - №7. Т.2. - С. 94-98.
3. Ибраев А. «Жаны маалыматтык технологияларды колдонуу менен студенттердин өз алдынча иштерин ийгиликтүү уюштуруу» /А. Ибраев// Социальные и гуманитарные науки. – 2012. - №8
4. Савельев А.Я., Новиков В.А., Лобанов Ю.И. Подготовка информации для автоматизированных обучающих систем /Под ред. А.Я.Савельева – Киев, 1986.- 176 б.
5. Коджаспирова Г.М., Петров К.В. Технические средства обучения и методика их использования. / Г.М.Коджаспирова, К.В. Петров //– Москва, 2003, С. 20 - 114.
6. Краснова Г.А. Технологии создания электронных средств./ Г.А., Краснова, М.И., Беляев, А.В. Соловов// - М., МГИУ, 2001. 224с.
7. Курамаева Т.А. Программалап окутуудагы компьютердик технологияны колдонуунун кээ бир өзгөчөлүктөрү/ Т.А., Курамаева, С.К. Калдыбаев// Жур. Соц. и гуманитар. науки. 1985. - №5
8. Фархадов Т. Окуу процессин башкаруу моделин жасоо адиси./ Т.Фархадов, А.Омаров//конференциянын материалдары, 5-бөлүм/ –Астана, 2006. – 194 б.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СПОСОБА ИЗМЕРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФУРЬЕ-ГОЛОГРАММ СПЕКЛ-ПОЛЕМ

Токонов Акиналы Тургуналиевич - старший преподаватель кафедры «Радиоэлектроника», Институт электроники и телекоммуникации при КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: att2002@mail.ru

Бримкулов Улан Нургазиевич – д.т.н. член корр. НАН КР, профессор кафедры компьютерной инженерии Кыргызско-Турецкого Университета Манас, Кыргызская Республика, 720038, г. Бишкек проспект Ч. Айтматова 56 Кампус им. Ч. Айтматова, Джал, e-mail: unbrim@gmail.com

Аспердиева Назгуль Мирзалиевна - преподаватель кафедры «Радиоэлектроника», Институт электроники и телекоммуникации при КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: aspierdiiva74@mail.ru

В статье приводится автоматизированный способ измерения зависимости дифракционной эффективности голограмм от плотности энергии экспонирования в схеме с точной Фурье голограмм и в схеме с использованием диффузора а также зависимости отношения интенсивностей сигнал шум от соотношения интенсивностей опорной и предметной волн при записи точной Фурье голограммы и с использованием спекл-волн. Предложен структурная схема автоматизированного измерения и алгоритм измерения информационных характеристик.

Ключевые слова: фурье - голограмма, спекл - поле, объектный пучок, опорный пучок, дифракционная эффективность, сигнал, шум, энергия экспонирования, маска для измерения шума, маска для измерения сигнальной волны, цифровой блок.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED METHOD FOR MEASURING THE INFORMATION CHARACTERISTICS OF FOURIER HOLOGRAMS SPECKLE FIELD

Tokonov Akinaly Turgunalievich – Senior Lecturer of “Radio Electronics” Department, Electronics and Telecommunication Institute under the Kyrgyz State Technical University named I.Razzakov, 66, Ch.Aitmatov Prospect, Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic. E-mail: att2002@mail.ru

Brimkulov Ulan Nurgalievich - D. T. S. corresponding member. NAS KR, Professor of computer engineering department of Kyrgyz-Turkish University Manas, Kyrgyz Republic, 720038, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave. 56 campuses of Ch. Aitmatov, JAL,

Asperdieva Nazgul Mirzalievna –Lecturer of “Radio Electronics” Department, Electronics and Telecommunication Institute under the Kyrgyz State Technical University named I.Razzakov, 66, Ch.Aitmatov Prospect, Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic. E-mail: aspierdiiva74@mail.ru

The article presents an automated method for measuring the dependence of the diffraction efficiency of holograms on the energy density of the exposure in the scheme c of the exact Fourier holograms and in the scheme using a diffuser as well as the dependence of the intensity ratio of the signal noise from the ratio of the intensity of the reference and subject waves when recording accurate Fourier holograms and using speckle waves. A block diagram of automated measurement and an algorithm for measuring information characteristics are proposed.

Keywords: Fourier - hologram of the speckle field, the object beam, reference beam, diffraction efficiency, signal, noise, energy exposure mask to measure noise, the mask for measuring the signal wave, the digital block.

Введение.

Для изучения качества восстановленного изображения и отношения сигнал/шум в нем, а также выбора оптимального режима записи, необходимы экспозиционные характеристики, или характеристические кривые, обычно получаемые экспериментальным путем. Экспозиционная τ - E - характеристика применяется к плоским амплитудным голограммам.

Для фазовых голограмм аналогичной характеристикой является зависимость фазы $\varphi(E)$, которая может быть конкретизирована в виде зависимостей $n = n(E)$ или $T = T(E)$, где T -толщина материала. Эти характеристики обычно получают экспериментальным или расчетным путем. Например, рассмотренной в работе [1], экспозиционные характеристики могут быть получены с помощью экспериментальной характеристики $\eta = \eta(E)$ путем численного решения уравнения $\eta(E) = \eta(n)$ или $\eta(E) = \eta(T)$. Однако это возможно только в том случае, когда известна аналитическая зависимость $\eta = \eta(n)$ или $\eta = \eta(T)$.

Экспозиционные характеристики вида $\tau = \tau(E)$ и $\varphi = \varphi(E)$ удобны и совершенно необходимы при теоретическом анализе структуры и качества восстановленного изображения. С их помощью можно легко оценить параметры записи голограммы-экспозицию смещения и допустимую глубину модуляции. Оптимизацией режима записи на тонких амплитудных и амплитудно-фазовых голограммах и методикой ее решения можно ознакомиться по работам [2,3]

Универсальная экспозиционная характеристика, пригодная для описания и сравнения любых регистрирующих материалов, амплитудных или фазовых, толстых или тонких, пропускающих или отражающих, была предложена Л. Лином [4] эта характеристика имеет вид

$$\sqrt{\eta} = SE_0 V, \quad (1)$$

где E_0 - средняя экспозиция; V - видимость полос [4]. Коэффициент S был назван голографической чувствительностью. Для идеального материала, позволяющего восстанавливать точное изображение, S не зависит E_0 , V и несущей частоты интерференционной картины ν_R по всей площади голограммы. средняя экспозиции E_0 по существу представляет собой экспозицию смещения $E_{см}$. нетрудно также показать, что видность полос V по величине равна максимальному значению глубины модуляции m . Поэтому экспозиционную характеристику (1) можно представить в виде

$$\sqrt{\eta} = SE_{см} m. \quad (2)$$

Глубина модуляции m в свою очередь выражается через экспозиционное отношение ϵ

$$m \approx 2.6\sqrt{\epsilon_s}. \quad (3)$$

В ГЗУ обычно экспозиция смещения изменяется плавно по всей площади голограммы, а в большей ее части почти постоянна, поэтому наибольший интерес представляет зависимость $\sqrt{\eta}$ от глубины модуляции m при фиксированном значении $E_{см}$ графически эта зависимость будет представлена в виде семейства прямых, каждая из которых соответствует определенному значению экспозиции $E_{см}$. Такие характеристики могут служить основой для сравнительной оценки свойства реальных материалов независимо от типа голограмм, регистрируемых на них. Для реальных материалов голографическая чувствительность S не является постоянной, а зависит от изменения $E_{см}$, глубины модуляции m и несущей частоты ν_R , но все же имеется некоторая область изменения переменных $E_{см}$, m и ν_R , в пределах которой S , близка к постоянной. Из этой области и выбираются параметры записи голограммы. Отклонение S от постоянного значения, т.е. нелинейность S , приводит к амплитудным искажениям восстановленного волнового фронта и является одним из наиболее сильных источников шума. Шум, обусловленный нелинейностью S , т.е. нелинейностью регистрации, можно уменьшить только за счет уменьшения дифракционной эффективности.

Экспозиционные характеристики типа $\sqrt{\eta} = f(m, E_{cm} = \text{const})$ для реальных материалов получают следующим образом. На интересующем материале записывается серия голограмм, каждая из которых соответствует определенному сочетанию экспозиции смещения и экспозиционному отношению ε . Для каждого ε рассчитывается соответствующая глубина модуляции m . После регистрации и фиксации голограмм измеряются их дифракционная эффективность. Далее строят совокупность кривых $\sqrt{\eta} = f(m)$ для различных значений E_{cm} . Полученные таким образом характеристические кривые позволяют непосредственно установить важные параметры, определяющие режим записи голограммы:

1. Диапазон значений глубины модуляции (или экспозиционного отношения), в котором осуществляется линейная регистрация. Этот диапазон определяется по прямолинейному участку характеристической кривой.

2. Максимально достижимую дифракционную эффективность.

3. Величину экспозиции смещения, необходимую для получения заданной дифракционной эффективности (т.е. меру чувствительности материала).

4. Оптимальные значения E_{cm} и m , позволяющие достичь наилучшего компромисса между линейностью и дифракционной эффективностью голограммы.

Таким образом, экспозиционная характеристика типа $\sqrt{\eta} = f(m, E_{cm})$ более удобна для выбора режима записи голограмм в конкретных условиях. Кроме того, сравнения характеристические кривые реальных материалов с соответствующими прямыми для идеального материала, можно оценить степень их пригодности для использования в ГЗУ.

Экспозиционная характеристика типа $\sqrt{\eta} = f(m, E_{cm} = \text{const})$ весьма точно описывает свойства голограммы в том случае, когда средняя экспозиция и глубина модуляции постоянны или близки к постоянной по всей площади голограммы. Практически же, как средняя экспозиция, так и глубина модуляции, обычно меняются в пределах голограммы. Поэтому значение дифракционной эффективности, найденное экспериментальным путем, представляет собой усредненную величину. Более точной характеристикой в этом отношении может служить экспозиционная характеристика вида

$$\sqrt{\eta} = f(m, E_{IH} E_{cm} = \text{const}), \quad (4)$$

предложенная в работе [5]. Здесь E_{IH} - экспозиция информационного светового пучка. Особенностью этой характеристики является то, что она отражает связь амплитуды восстановленного волнового фронта с амплитудой того же волнового фронта при его регистрации. Однако характеристики такого вида обладают одним существенным недостатком: по ним трудно сравнивать свойства различных регистрирующих материалов между собой, а также со свойствами идеального материала. Исходя из выше сказанного следует что необходимо автоматизированное устройство позволяющий измерять информационные характеристики Фурье – голограмм на любую регистрирующую среду.

Разработка автоматизированного способа измерения информационных характеристик Фурье-голограмм спекл-полем.

В работе [6] приведена автоматизированный способ записи и восстановления голограмм, а автоматизированное измерения информационных характеристик предложена ниже.

Для разрабатываемой структурной схемы автоматизированного способа измерения информационных характеристик Фурье-голограмм спекл полем необходимо следующие блоки: персональный компьютер - предназначен для выдачи управляющих сигналов с LPT порта на цифровой блок и для обработки данных поступающих от приборов им2-1, им2-2, им2-

3, им2-4, измеряющих интенсивность излучения; цифровой блок – управляющий всеми узлами автоматизированного устройства; лазер ЛГН-503 (Ar^+ , $\lambda = 488 \text{ нм}$) с мощностью непрерывного излучения до 1 Вт используется в качестве источника света для записи и восстановления голограмм; светоделитель -используется для разделения светового пучка на два эквивалентных компонента; диффузор с диафрагмой, диффузор служит для пространственной модуляции светового пучка. Диафрагма служит для ограничения диаметра волны; электромагнитные прерыватели - служат для прерывание световых излучений; линзы - используются для направления световых лучей в нужное русло; регистрирующая среда используются для записи информации; маска - для измерения шума; маска- для измерения сигнала; экран - необходим для наблюдения восстановленного изображения транспаранта; зеркала - используются для отражения светового потока. Структурная схема предложенного автоматизированного устройства позволяющий измерять информационные характеристики приведена на рис. 1. В начальный момент времени все элементы автоматизированного устройства находятся в пассивном состоянии, т. е. они не задействованы.

По предложенному алгоритму автоматизированное устройства позволяет измерять энергии экспонирования в схеме с точной Фурье-голограммой и с использованием диффузора с диафрагмой. Для этого с помощью измерителей мощности им2-1 и им2-2 измеряем интенсивности световых лучей $I_{\text{оп}}$ и $I_{\text{пр}}$ соответственно и их сумму умножаем на время экспонирования, получаем энергию экспонирования голограммы ($E = (I_{\text{оп}} + I_{\text{пр}})t_{\text{эк}}$). Для получения разных энергий экспонирования изменять время экспонирования.

Для измерения дифракционная эффективность голограмм используется им2-1 и им2-3. А также электромагнитным прерывателем 5 предметный пучок лазера прерываем. С помощью им2-1 измеряем интенсивность восстанавливающей волны, а с помощью им2-3 измеряем интенсивность дифрагированной волны. Отношение дифрагированной волны к восстанавливающей волне дает дифракционную эффективность голограммы.

Для измерения интенсивности сигнальной волны используем маску 14, линзу 15, им2-4. Интенсивность луча информационной единицы, проходя через маску попадает к собирающей линзе, а потом через им2-4 к LPT порту компьютера. Для измерения интенсивности шума используется соответствующая маска 13, линза 15 и им2-4 к LPT порту компьютера. Затем компьютер проводит обработку данных по заданной программе. Автоматизированная система позволяет измерять интенсивность опорной и предметной волны одновременно. Для измерения интенсивности опорной волны используется им2-1, а для измерения интенсивности предметной волны используется им2-2. С выходов им2 сигналы поступают на LPT порт компьютера и обрабатываются по заданной программе. Таким образом, осуществляем четыре измерения и по поступившим данным компьютер построит нам график зависимостей, что показана на рис. 3 и на рис 4.

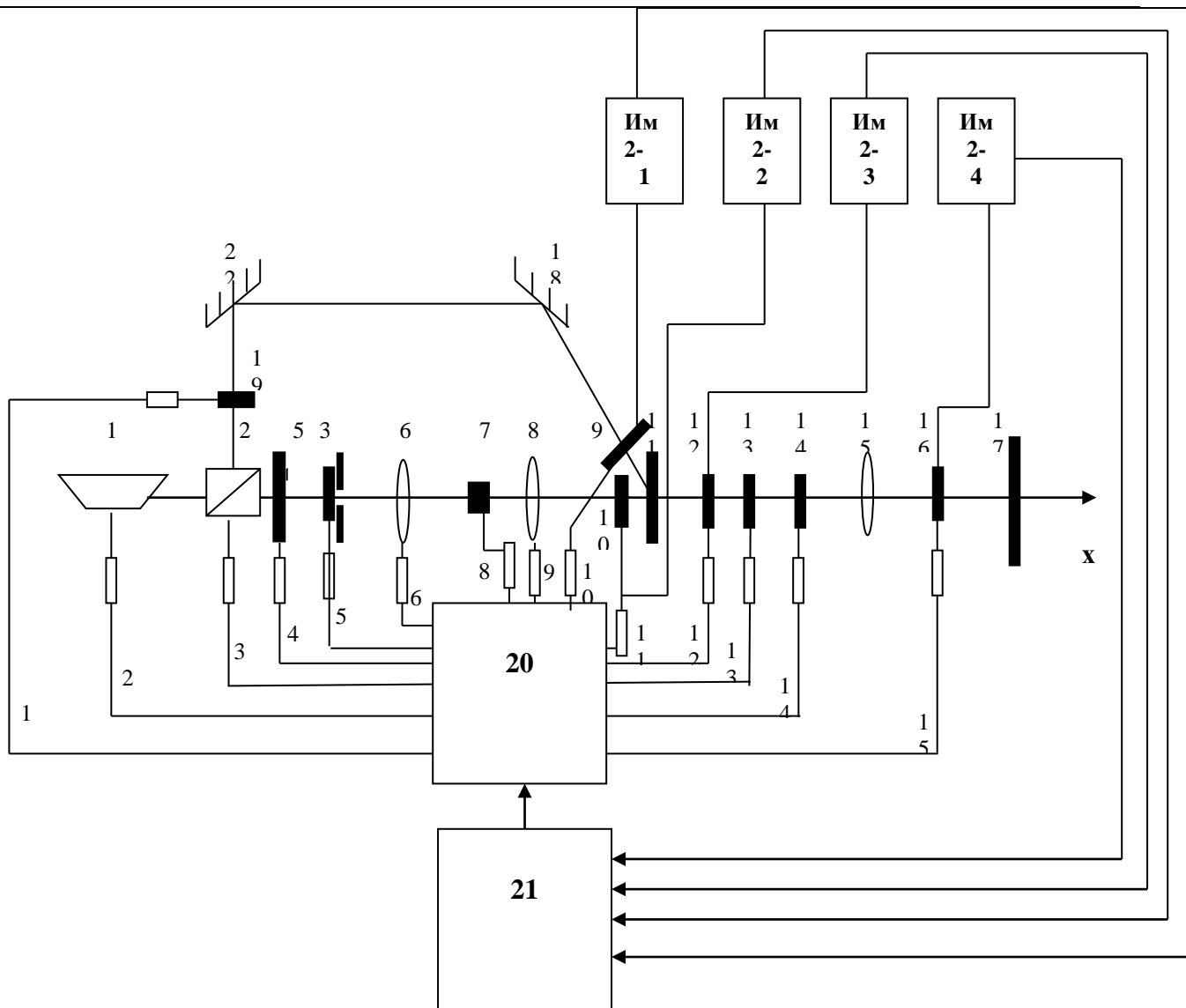


Рис. 1. Автоматизированная система измерения информационных характеристик голограмм спекл-полем: 1-лазер; 2- светоделитель; 3 – диффузор с диафрагмой; 5 и 19 – электромагнитный прерыватель; 6,8 и 15 – линзы; 7 – транспарант; 9,10,12 и 16 им2; 11 – регистрирующая среда; 13 – маска для измерения шума; 17 – экран; 14 – маска для измерения сигнала; 18 и 22 – зеркала; 20 – цифровой блок; 21 – компьютер.



Рис.2. а- маска для измерения сигнала, б- маска для измерения шума.

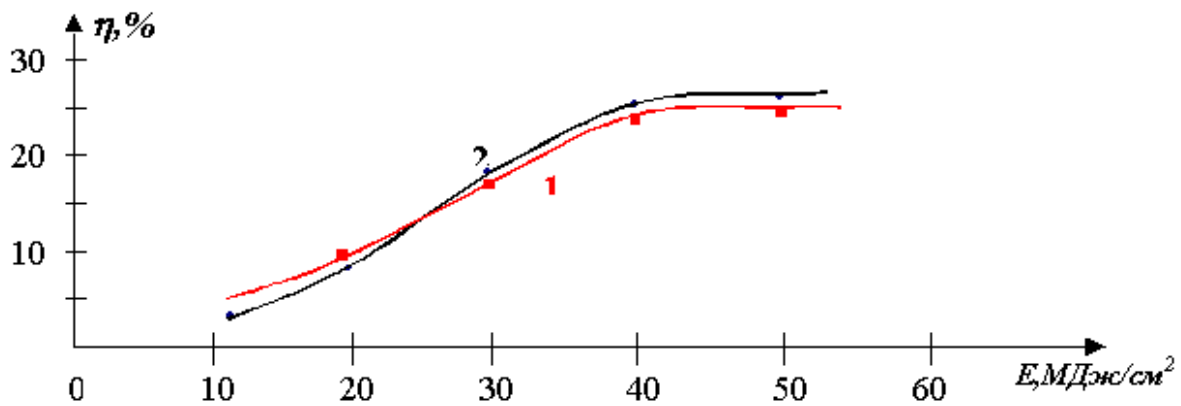


Рис.3. Зависимости ДЭ голограмм от плотности энергии экспонирования в схеме с точной Фурье голограмм (кривая 1) и в схеме с использованием диффузора (2) для ФПН Omni Dex® 352

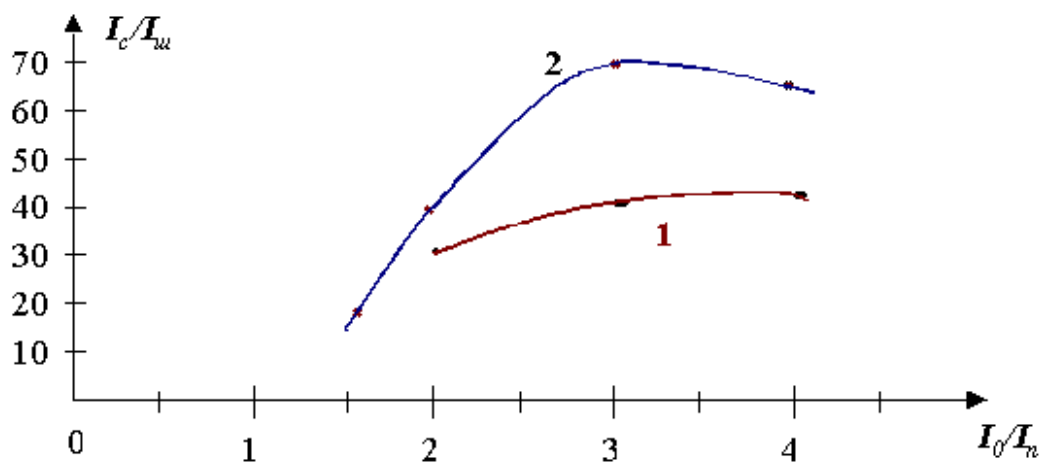
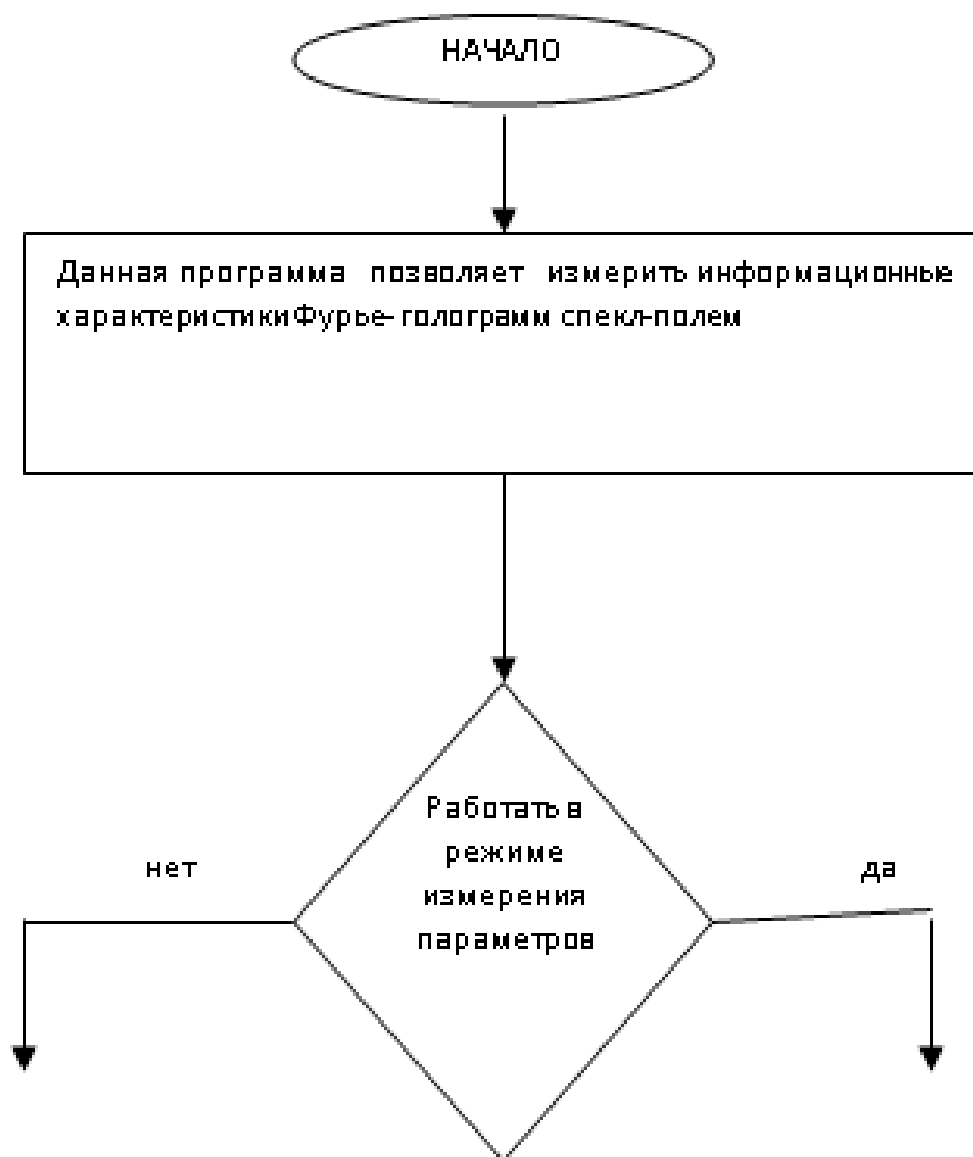
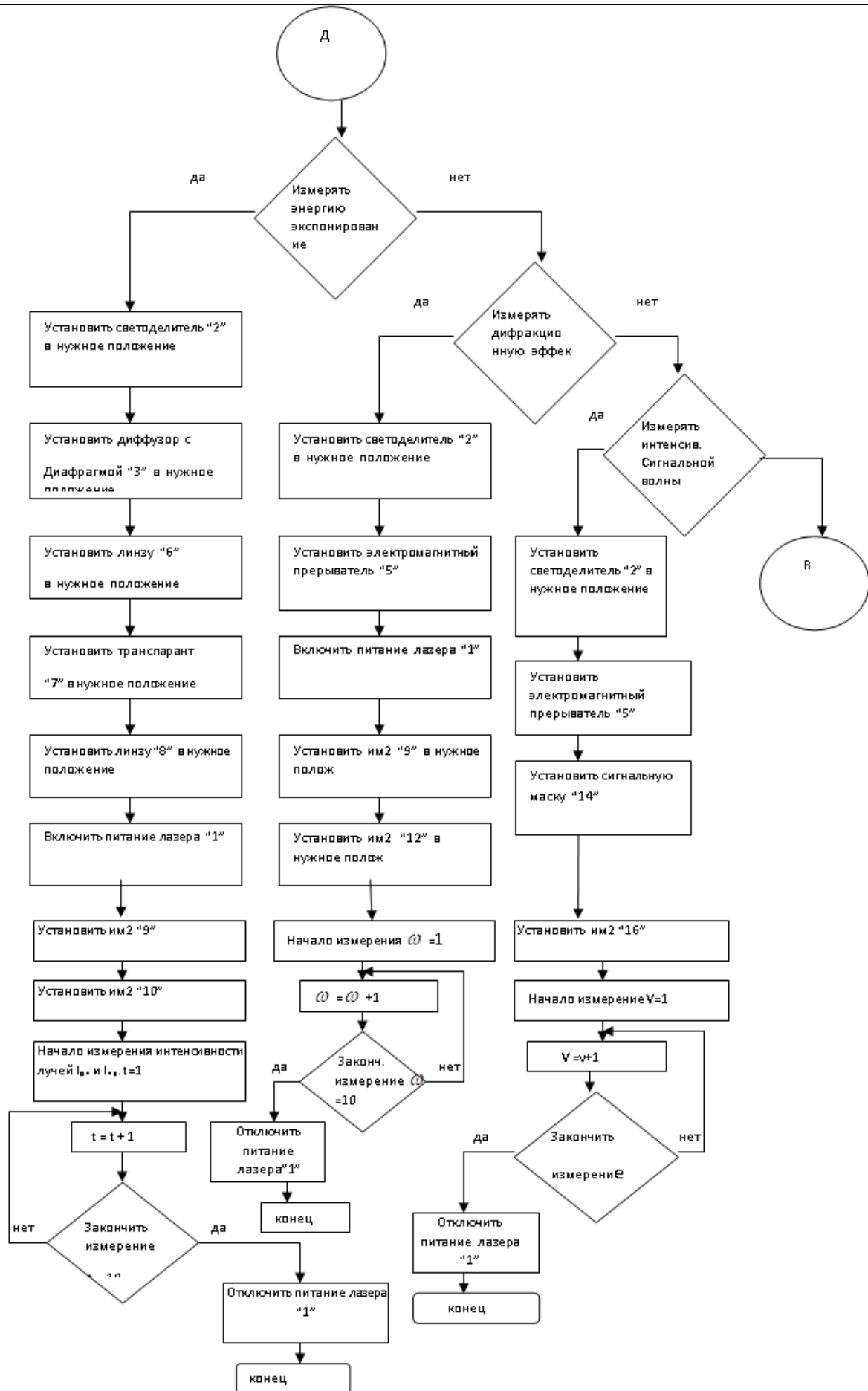
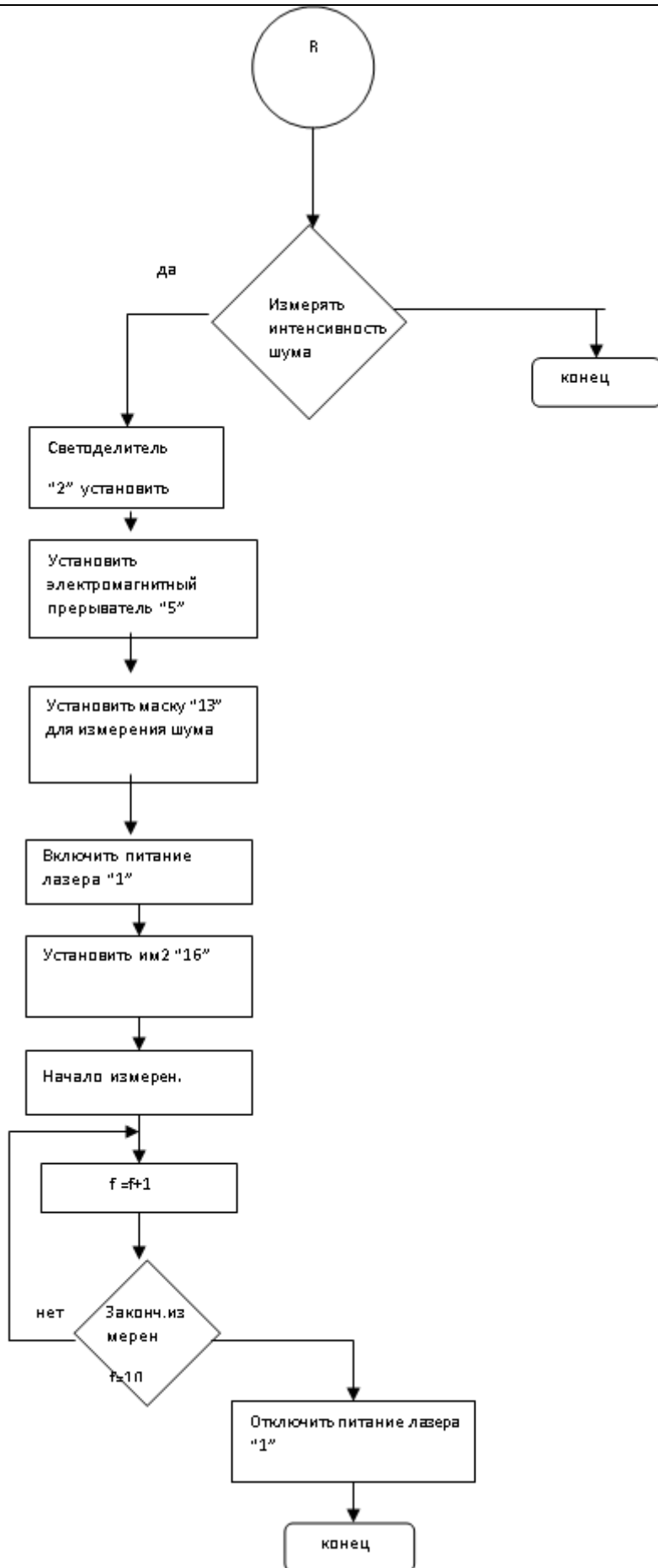


Рис.4. Зависимости отношения I_c/I_m от соотношения интенсивностей опорной и предметной волн при записи точной Фурье голограммы (кривая 1) и с использованием спекл-волн (кривая 2) для ФПН Omni Dex® 352.







Как видно из вышесказанного, с помощью данного устройства можно измерять все параметры записанной голограммы. Отсюда следует, что данное устройство является универсальным и повышает качество записи и восстановления голограммы. А также большой точности можно измерять параметры записанных голограмм.

Литература

1. Аникин А.А., Малиновский В.К. Характеристическая кривая и режимы записи голограмм. - "Квантовая электроника", 1975, Т.2, №9, С. 2054-2057.
2. Барбанель И.С. Оптимизация записи амплитудно-фазовых голограмм. //ЖНиПФиК., 1975, Т.20, вып.6, С. 423-426.
3. Крупицкий Э.И., Барбанель И.С. Оптимизация режима записи тонких амплитудных голограмм методом нелинейного программирования. // ЖНиПФиК., 1973,Т. 18, вып.4, С. 268-273.
4. Lin L.N. Method of characterizing hologram-recording materials. // Journ. Opt. Soc. Amer. 1971, V. 61, №2, P.203.
5. Гибин И.С., Пен Е.Ф., Трубецкой А.В. Методика выбора условий записи голограмм. //Автометрия, 1975, №3, С. 26-31.
6. Токонов А.Т., Каримов Б.Т., Аспердиева Н.М., / Автоматизированный способ записи Фурье-голограмм с использованием пространственно-модулированных световых волн. / Известия КГТУ им И. Раззакова, №4, 2018, Бишкек.

УДК 631.371:621.311.4:636

ТЕХНОЛОГИИ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПТИЦЕВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОВЕН

Уханова В.Ю, канд. техн. наук, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассматривается необходимость более широкого использования в сельскохозяйственном производстве технологий и оборудования российского производства на современном этапе. Актуальность проблематики обусловлена, в первую очередь, высокой стоимостью оборудования зарубежного производства. Также актуальна проблема снижения затрат на электроэнергию, что связано с растущими тарифами на энергоносители. Приводятся «узкий» и «широкий» взгляды на Наилучшие доступные технологии. Обосновывается важность подхода к выбору технологий с точки зрения так называемого «широкого» взгляда. Обоснована необходимость использования нормирования потребления электрической энергии на сельскохозяйственных предприятиях с целью снижения затрат энергии, а как следствие, снижения себестоимости выпускаемой продукции. Приведены удельные показатели затрат электрической энергии в основных отраслях сельского хозяйства. Рассмотрены причины, не позволяющие многим хозяйствам провести масштабную модернизацию производства. Внедрение наилучших доступных технологий необходимо проводить в соответствии с программами импортозамещения и Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации. Рассмотрен пример автоматизированной системы управления технологическим процессом в птицеводческом комплексе, разработанный с использованием продукции российского производителя. Данная АСУ удачно внедрена и используется на птицефабрике в Брянской области.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии в сельском хозяйстве, автоматизированные системы управления, импортозамещение.

**TECHNOLOGIES OF RUSSIAN PRODUCTION FOR POULTRY ON THE
EXAMPLE OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM OWEN**

Ukhanova V.Yu., cand. tech. sci., Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, Moscow, Russia

Abstract. The article discusses the need for wider use in agricultural production of technologies and equipment of Russian production at the present stage. The relevance of the problem is primarily due to the high cost of foreign-made equipment. Also the urgent issue of reducing the cost of electricity that is due to the growing tariffs on energy resources. "Narrow" and "wide" views on the Best available technologies are given. The importance of the approach to the choice of technologies from the point of view of the so-called "broad" view is substantiated. The necessity of the use of rationing of electricity consumption in agricultural enterprises in order to reduce energy costs, and as a consequence, reduce the cost of production. Specific indicators of electric energy consumption in the main branches of agriculture are given. The reasons not allowing many farms to carry out large-scale modernization of production are considered. Implementation of the best available technologies should be carried out in accordance with import substitution programs and the Doctrine of food security of the Russian Federation. The example of the automated control system of technological process in a poultry-breeding complex developed with use of production of the Russian producer is considered. This ACS is successfully implemented and used at the poultry farm in the Bryansk region.

Key words: the best available technologies in agriculture, automated control systems, import substitution.

Согласно распоряжению Правительства Российской Федерации № 2674-р от 24 декабря 2014 года с изменениями на 24 мая 2018 года – об утверждении перечня областей применения наилучших доступных технологий и распоряжением Правительства Российской Федерации от 7 июля 2016 года № 1444-р, НДТ должны внедряться, в том числе в сельскохозяйственных отраслях – разведение свиней, сельскохозяйственной птицы [1].

Внедрение НТД призвано улучшить экологическую ситуацию, послужить импульсом для обновления основных фондов, повысить энергоэффективность и конкурентоспособность производств.

Понятие НТД появилось в 1984 году в Европе в директиве по атмосферному воздуху. В России были внесены изменения в закон «об охране окружающей среды и отдельные законодательные акты Российской Федерации» №219-ФЗ от 21 июля 2014 года.

На сегодня существуют два взгляда на принципы НДТ:

- Узкий, включающий в себя охрану окружающей среды, ужесточение нормирования выбросов и сбросов загрязняющих веществ;
- Широкий, включающий в себя строительство производственных мощностей, отвечающих мировым показателям энергоэффективности и ресурсосбережения; модернизацию существующих производств с использованием современного отечественного оборудования. Данный подход позволяет комплексно решать задачи экологии, энергоэффективности и модернизации производства [2].

Вопросы эффективного использования энергоресурсов становятся все более актуальными с каждым годом. Задача снижения энергоемкости сельскохозяйственной продукции ставится и в энергетической стратегии сельского хозяйства России до 2030 г. Это связано с тем, что большая доля (до 30%) в себестоимости продукции приходится на энергозатраты. Самые энергозатратные отрасли сельского хозяйства – животноводство и птицеводство. Птицеводство, в свою очередь, подразделяется по видам продукции, на яйцо и мясо.

Необходимо определять удельные показатели затрат электрической энергии на единицу производимой продукции, это позволяет осуществлять контроль на производстве за расходом энергии, оценивать и анализировать энергобаланс, выявлять нерациональные статьи расхода энергии, искать пути снижения, принимать решение о необходимости модернизации.

Удельные показатели расхода энергии на единицу производимой продукции осуществляется с использованием норматива мощности (P_i).

$$P_i = \frac{P}{Q}, \text{ кВт/м}^3\text{час} \quad (1)$$

Где: P_i – норматив мощности, P – мощность электропривода стационарного оборудования, кВт, Q – часовая производительность оборудования, м³ ч.

При проведении расчетов были взяты данные по мощностям современного оборудования для сельского хозяйства российского производства.

Основные энергопотребляющие процессы – освещение, вентиляция, раздача корма, уборка помета, сбор яиц, поддержание температурного режима, хранение продукции (мясо, яйцо). На рисунке 1 представлена структура электропотребления по основным технологическим процессам.

Для каждого из процессов были проведены расчеты средних затрат энергии. В качестве примера в таблице 1 приведены удельные показатели расхода электроэнергии на работу транспортирующих устройств [3].

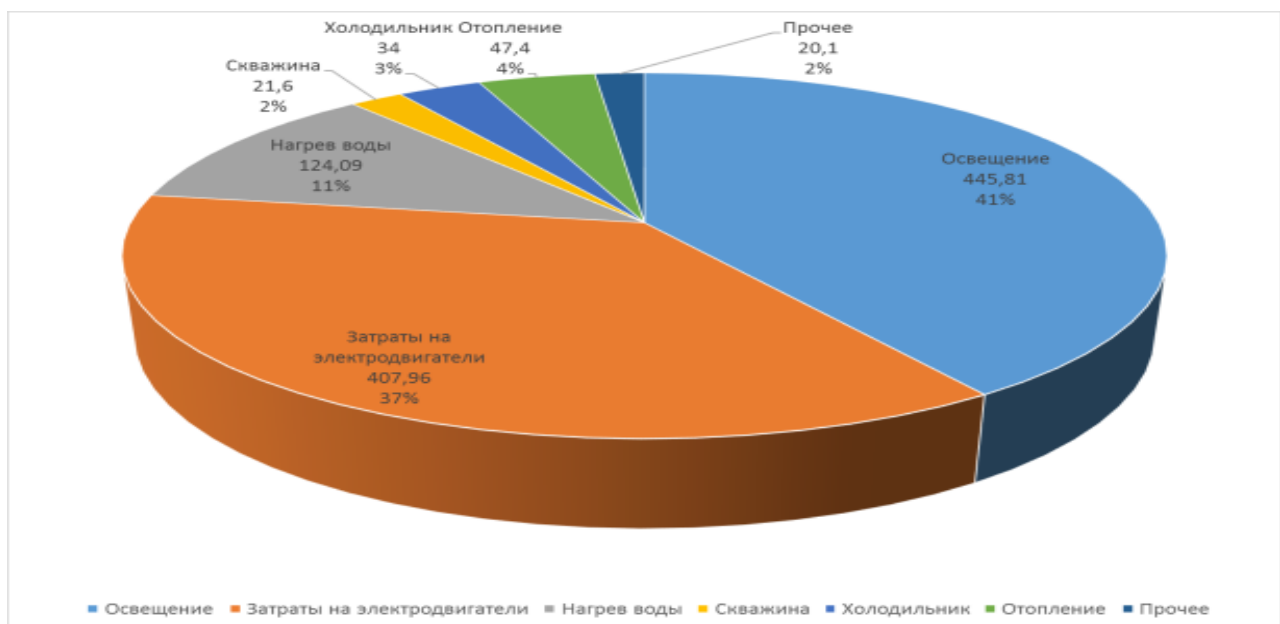


Рис. 1. Структура расхода электрической энергии по основным технологическим процессам

Из графика наглядно видно, что основными потребителями электроэнергии являются процессы освещения и электродвигатели стационарного оборудования [4]. В таблице 1 представлены удельные (расчётные) показатели расхода электрической энергии на работу оборудования в процессах – раздача корма, уборка помета и сбор яиц для яичного и мясного направлений.

Удельные показатели расхода электроэнергии на работу транспортирующих устройств, кВтч/гол. в год

Вид птицы	Раздача корма	Уборка помета	Сбор яиц
Несушки	0,25	0,5	1,9
Бройлеры	0,08	0,05	-

Определение удельных показателей затрат электрической энергии производится в зависимости от климатической зоны, технологии содержания (напольное, 1-ярусное, многоярусное), плотности посадки птицы. Также расход энергии различается в мясных и яичных хозяйствах [5].

Средние показатели для предприятий по производству яиц представлены в таблице 2

Таблица 2.

Расход энергии в помещениях с несушками

Технология содержания	Плотность посадки, гол/м ²	Расход электрической энергии, кВтч на 1 голову в год
Напольное содержание	3	27,8
1-ярусные	7-9	11
4-6 ярусов	20-30	6,6

Как видно из данных таблицы 2, затраты электроэнергии значительные и оказывают влияние на себестоимость.

Затраты электроэнергии при выращивании бройлеров на 1 птицеместо в год (цикл выращивания менее года) составляют до 15 кВтч.

Усредненный норматив на 1 несушку родительского стада – до 17,8 кВтч в год на 1 птицеместо.

Для ремонтного молодняка и родительского стада – до 10 кВтч на 1 птицеместо в год.

Модернизация сельскохозяйственных производств необходима и должна опираться на программу импортозамещения оборудования [6]. Это становится все более актуальным в условиях растущих тарифов на электроэнергию и высокой стоимости зарубежного оборудования. Разница в стоимости оборудования может достигать 2-3 раз. Также немалую роль играет наличие и стоимости услуг, таких как – установка, наладка и программирование используемого оборудования, техническая поддержка, обучение работе с оборудованием.

По данным Министерства энергетики РФ потенциал от внедрения современных НДТ может достигать в сельском хозяйстве 49% [2]. В том числе внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами потенциал снижения затрат электроэнергии – до 15%.

Но одних только мероприятий по модернизации производства не достаточно, необходимо также внедрять:

- учет затрат электроэнергии, дифференцированный по уровням организационной структуры предприятия;
- анализ фактических затрат энергии и сравнение с усредненными удельными показателями по отрасли;
- планирование затрат электроэнергии в соответствии с планом выпуска продукции;
- внедрение технологий, позволяющих снижать затраты энергии и снижать вред, наносимый окружающей среде.

Важно также учитывать, что каждое сельскохозяйственное предприятие имеет свою специфику, и использование типового оборудования не всегда сможет повысить

конкурентоспособность и эффективность предприятия. При подборе оборудования и систем управления, необходим индивидуальный подход.

Российская компания ОВЕН является одним из разработчиков систем автоматизированного управления технологическими процессами для сельского хозяйства. Одна из новых разработок – АСУ для управления вентиляцией, котельной и водоснабжением для птицеводческого комплекса. Решения прошли успешную апробацию на птицефабрике Победа-Агро (брянская область).

Фабрика проводила модернизацию производства, но не сразу, а поэтапно – по технологическим участкам.

Как уже было сказано ранее, вентиляция – один из самых энергозатратных процессов в птицеводстве. Также это один из самых сложных процессов – количество и температура воздуха зависят от многих факторов: возраст птицы, технология содержания (напольное или многоярусное), размеры и структура помещения, время года, климатическая зона.

До проведения модернизации в помещениях с птицей использовалась приточная вентиляция, которая позволяла заслонки открывать только группами и только полностью. В зимнее время это приводило к значительному снижению температуры в помещении, нарушался режим микроклимата. Было принято решение модернизировать систему управления вентиляций с целью – открывать группы заслонок не на полный угол, а на требуемый. На рисунке 2 представлена схема автоматизированной системы управления вентиляцией.

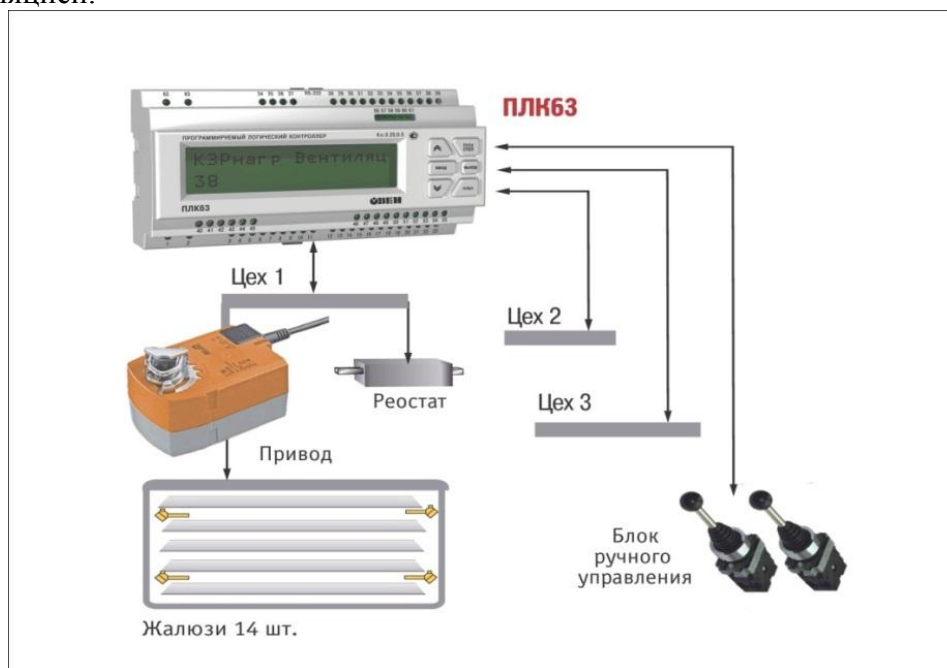


Рис. 2. Автоматизированная систему управления вентиляцией.

Как показано на рисунке система управляет вентиляцией сразу в двух цехах. Так как жалюзи имеют разную скорость движения и могут начать открываться или закрываться под разным углом, ПЛК (программируемый логический контроллер) каждые 4 часа приводит жалюзи в единое положение: летом полностью открывает, а зимой полностью закрывает. Пользователь выбирает и устанавливает в меню режимы: лето или зима, полностью открывать или полностью закрывать жалюзи. В системе также предусмотрен и ручной режим управления, в случае необходимости или в случае поломки какого-то из модулей, системой вентиляции можно управлять вручную – с помощью блока ручного управления.

На рисунке 3 представлена схема управления котельной.

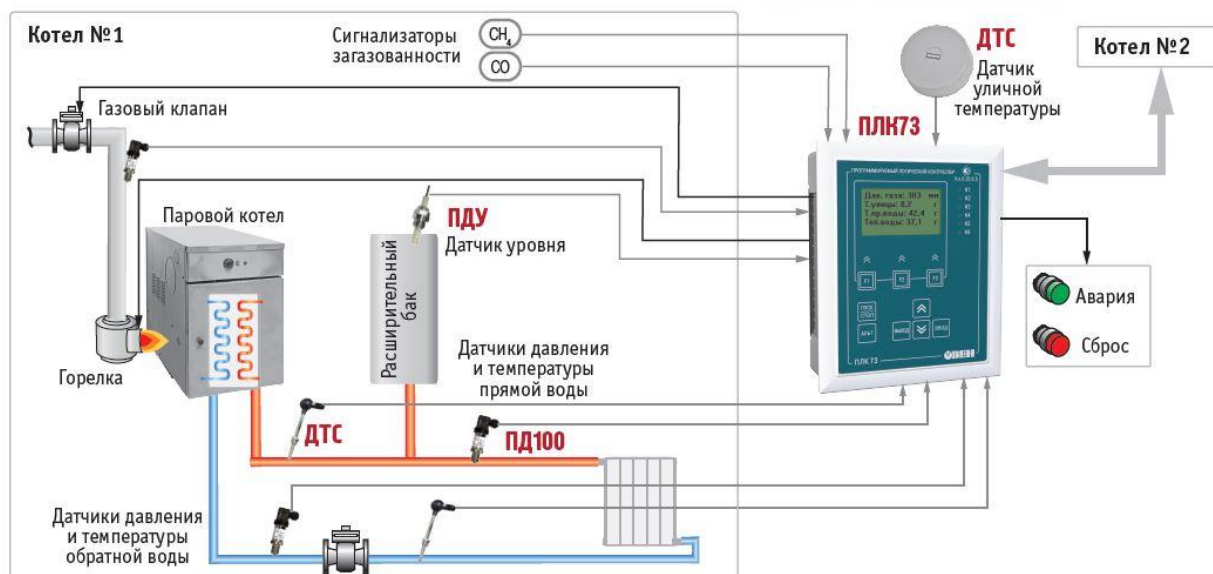


Рис. 3. Схема автоматизированной системы управления котельной.

Как показано на рисунке, контролируемые параметры разделены, первая группа - это критические, такие как загазованность, пожар, охрана, выключение электричества. При превышении допустимых значений отключается главный газовый клапан котельной и клапаны котлов. Вторая группа – давление газа, температура прямой воды, температура обратной воды, уровень в расширительном баке, отсутствие циркуляции, неисправность датчиков. При превышении значений данных параметров отключаются только клапаны котлов.

Второй котел включается только, когда мощности первого котла не хватает, т.е. если температура в течение заданного времени не выходит на заданный показатель. Как только температура выходит на заданные показатели, второй котел выходит в резерв. В данной системе также предусмотрен ручной режим.

На рисунке 4 представлена схема управления участком дозирования.

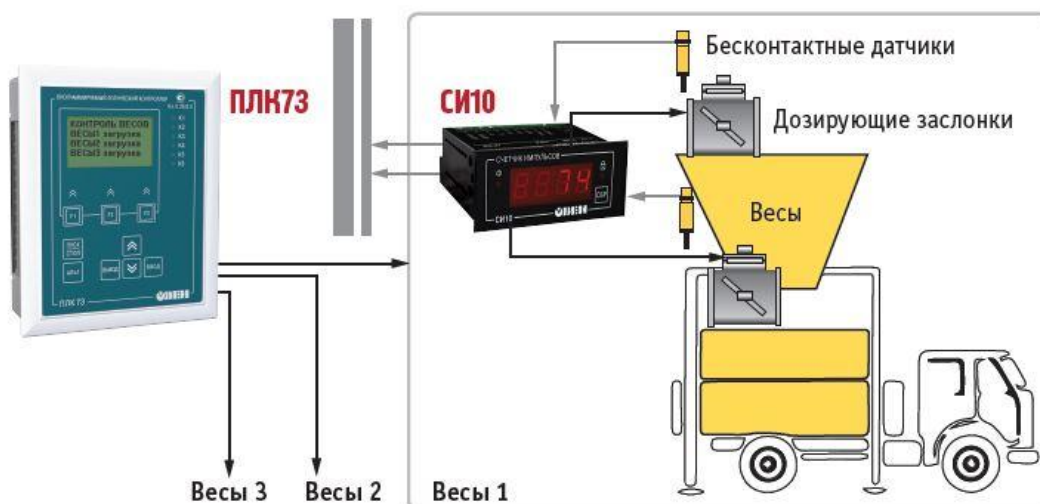


Рис. 4. Схема автоматизированного управления участком дозирования.

Как показано на рисунке весы-дозатор ссыпают комбикорм в смеситель. Это происходит с помощью двух заслонок, одна из них регулирует дозу комбикорма, засыпаемого

в смеситель, другая – дозу комбикорма, засыпаемого в транспорт, который в дальнейшем развозит по цехам.

После проведения модернизации производства затраты электрической энергии снизились до 15%. Также приведенное оборудование российского производства модульное, позволяет производить замену или ремонт вышедших из эксплуатации узлов без выключения системы и останова технологического процесса [7].

Необходимо и в дальнейшем выявлять и анализировать продукцию российского производства для сельского хозяйства. Это позволит сельхозпроизводителям снижать затраты на приобретение оборудования, модернизировать производство с использованием современных разработок, снижать затраты электрической энергии.

Также необходимо разрабатывать мероприятия по энергосбережению, в том числе и не требующие значительных материальных затрат. Снижение зависимости сельхозпроизводителей от дорогостоящего оборудования – важная задача, решение которой позволит не повышать себестоимость продукции.

Список литературы.

1. Распоряжение Правительства РФ № 2674-р от 24 декабря 2014 года (с изменениями на 24 мая 2018 года) Об утверждении перечня областей применения наилучших доступных технологий URL - <http://docs.cntd.ru/document/420242884> (Дата обращения 25.04.2019)
2. В.Ю. Уханова Использование наилучших доступных технологий российского производства в АПК – инструмент повышения энергоэффективности сельскохозяйственного производства// Вестник ВИЭСХ – 2016. – №3(24) С. 26-31
3. Е.К. Маркелова, Н.Ф. Молоснов, А.В. Тихомиров, Р.В. Тузова, Е.Ю. Черномурова. Практические рекомендации по определению удельных показателей энергозатрат и потребностей в топливно-энергетических ресурсах в социально-инженерной сфере села (жилой сектор, социально-культурная сфера обслуживания, ЛПХ, крестьянские (фермерские) хозяйства). – М.: ГНУ ВИЭСХ. – 2008. – 96 с.
4. Тимофеев Е. В., Эрк А. Ф., Судаченко В. Н., Размук В. А. Повышение энергоэффективности в сельском хозяйстве // Молодой ученый. — 2017. — №4. — С. 213-217. — URL <https://moluch.ru/archive/138/38851/> (дата обращения: 13.05.2019).
5. Е.К. Маркелова, А.В. Тихомиров, В.Ю. Уханова Методические рекомендации по определению (расчёту) энергетических затрат при производстве продукции птицеводства. – М.: ФГБНУ ВИЭСХ. – 2015. – 56 с.
6. Уханов Д.С., Александрова М.В. Влияние программ импортозамещения на развитие российского рынка автоматизации промышленности//Инновационная экономика и менеджмент: методы и технологии. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Под. ред. О.А. Косорукова, В.В. Печковской, С.А. Красильникова. – М.: Аспект Пресс. – 2018. – С. 455-459.
7. Бояркин Н. Решение автоматизации для птицеводческого комплекса/ Автоматизация и производство. – 2016. – № 1(16) С. 12-14.

УДК 163.631

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОМЕРЗАНИЕ ГРУНТА

Джаманбаев М.Дж. д.ф.-м.н., профессор,

Шекеев К., старший преподаватель,

Душенова У.Дж. старший преподаватель Кыргызский государственный технический университет им.И.Раззакова. Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр.Мира 66, jamanbaev@mail.ru

Аннотация. На основе численных результатов проводится анализ влияние природных факторов на промерзания грунта. Выявляются природные факторы значительно влияющие на процесс промерзания грунта.

Ключевые слова: промерзание грунта, термическое сопротивление, суглинок, коэффициент теплопроводности, температура окружающей среды.

ESTIMATION OF THE DEGREE OF THE EFFECT OF NATURAL FACTORS ON THE GROUND FREEZING

Professor Jamanbaev M.J.,

Shekeev K., Senior Lecturer,

Dushenova U.J. Senior Lecturer, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov. Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira 66 Ave., jamanbaev@mail.ru

Annotation. Based on numerical results, the analysis of the influence of natural factors on soil freezing is carried out. Natural factors that significantly affect the soil freezing process are identified.

Key words: soil freezing, thermal resistance, loam, thermal conductivity coefficient, ambient temperature.

В данной статье рассматривается задача определения фактора, имеющего наибольшее влияние на глубину промерзания грунта. Для чего численно анализируется влияние разных факторов для одного типа грунта с помощью вычислительного эксперимента.

Расчет глубины промерзания грунта проводится с помощью формулы В.С. Лукьянова. Она учитывает основные факторы, определяющие сезонное промерзание грунтов и достаточно проста и удобна для практических расчетов[2].

$$\tau = \left(Q + \frac{c\theta}{2} \right) \left[\frac{\lambda\theta}{q^2} \ln \frac{\lambda\theta - qS}{\lambda\theta - q(S+h)} - \frac{h}{q} \right] \quad (1)$$

В основу принятой расчетной схемы положен учет семи факторов, влияющих на глубину зимнего промерзания грунта:

длительность зимнего сезона, - τ ч; разность средней температуры воздуха за зимний сезон и температуры промерзания грунта - θ °С¹; средний за зиму тепловой поток к границе промерзания из нижележащих слоев грунта - q ккал/м²*ч; условие теплоотдачи с поверхности грунта, т. е. среднее за зиму термическое сопротивление теплоизоляции поверхности грунта; объёмная теплоемкость мерзлого грунта - C ккал/м³*град; коэффициент теплопроводности данного мерзлого грунта - λ ккал/м*град*ч; количество скрытой теплоты плавления льда в единице объема грунта - Q ккал/м³.

Для анализа влияния природных факторов на процесс промерзания рассмотрен типичный грунт с известными постоянными теплофизическими характеристиками, которые считаются постоянными в вычислительных экспериментах - C ккал/м³*град; λ ккал/м*град*ч; Q ккал/м³. В расчетах были использованы метеоданные местности. Климатический фактор q - взята по картам изолиний, как средние данные из многолетних наблюдений. Значения коэффициента теплопроводности λ - взяты из таблиц [3].

1. θ является средней температурой воздуха только в том случае, если температура замерзания грунта 0°С.

Для анализа результатов вычислений сначала вычислим реальный случай процесса промерзания и будем считать ее как базовый результат. Считая, что снежного покрова нет и температура замерзания грунта равна $t = 0^{\circ}$. При этом данные для формулы расчета границы промерзания взяты равными: $\tau = 5040$ час(210 дней или 7 месяцев); $\theta = 13,4^{\circ}\text{C}$; $i = 0,9$; $\alpha = 20,0$ ккал/м²·г·час; W (суглинок) = 15%; $\gamma_{\text{ск}} = 1540$ кг/м³; $\lambda_{\text{т}} = 2,2$ ккал/м·град·час; $q = 8,3$ ккал/м²·ч.

Величина θ будет равна средней температуре воздуха (т.к. мы приняли, что температура замерзания грунта равна 0°C).

При таких условиях грунт зимой замерзает за 210 дней (7 месяцев) на глубину $h = 2,61$ м., что удовлетворительно совпадает с данными наблюдения. Данное значение глубины промерзания принимаем как базовое.

Ставится задача, определить какой из природных факторов имеет наибольшее влияние на глубину промерзания. Для этого проведем следующий вычислительный эксперимент:

1. Влияние теплового потока к границе промерзания из нижележащих слоев грунта – q . Базовую величину теплового потока (q) взяли значение 8,3 как близкое значение для данного региона из карты изолиний. Проведем расчеты для разных значений величины теплового потока q от 3,3 до 10,3 с шагом 1. Такой расчет проводится для различных случаев средней температуры окружающей среды θ в интервале от 5,4 до 13,4 с шагом 2. Результаты вычислений приведены на рис. 1.

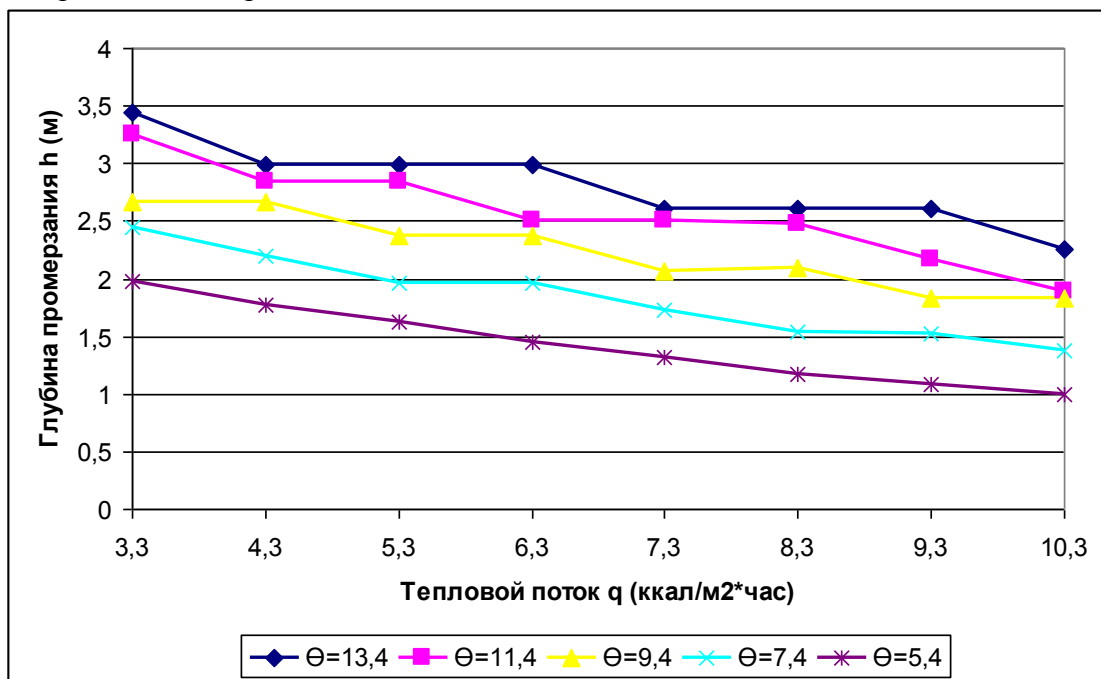


Рис. 1. Результаты анализа при изменении теплового потока

Анализ результатов расчета глубины промерзания при различных значениях теплового потока и средней температуры воздуха за зимний сезон выявил следующие закономерности:

1) при одинаковых значениях теплового потока (например, $q=8,3$ ккал/м²·час первоначальное уменьшение средней разности температуры воздуха от значения $13,4^{\circ}\text{C}$ с шагом в $2,0^{\circ}\text{C}$ ($9,4$; $7,4$; $5,4$) приводит к уменьшению глубины промерзания грунта от первоначального значения ($2,61$ м.) на 20%, 41% и 55%. Отсюда следует, что глубина промерзания сильно зависит от значения температуры воздуха в зимний период.

2) При наименьшем значении величины теплового потока ($q=3,3$ ккал/м²·час) наблюдается увеличение глубины промерзания грунта от первоначального значения ($2,61$ м) на 32%. При наибольшем значении величины теплового потока ($q=10,3$ ккал/м²·час) наблюдается уменьшение глубины промерзания грунта от первоначального значения на

13,4%. Это означает, что процесс промерзания зависит от начального состояние грунта т.е. в предыдущем году какое температурное состояние грунта было, если сильно промерзшее состояние (случай наименьшего значения теплового потока), то будет увеличение глубины промерзания и наоборот.

3) если нам будет известно значение глубины промерзания грунта по результатам измерений, то мы можем указать значение теплового потока для данного значения глубины промерзания грунта.

2. Влияние коэффициента теплоотдачи с поверхности грунта (α). За базовую величину коэффициента теплоотдачи с поверхности грунта (α) взяли значение 20 ккал/м²г*час ($q = 8,3$ ккал/м²*час). Это значение было взято с запасом, как рекомендуется в литературных источниках [2]. Изменяя значение величины коэффициента теплоотдачи от 13,0 до 20 с шагом 1, характеризующие теплоизолирующее свойство поверхности грунта при разных случаях температуры окружающей среды θ в интервале от 5,4 до 13,4 с шагом 2. Результаты расчетов приведены на рис. 2.

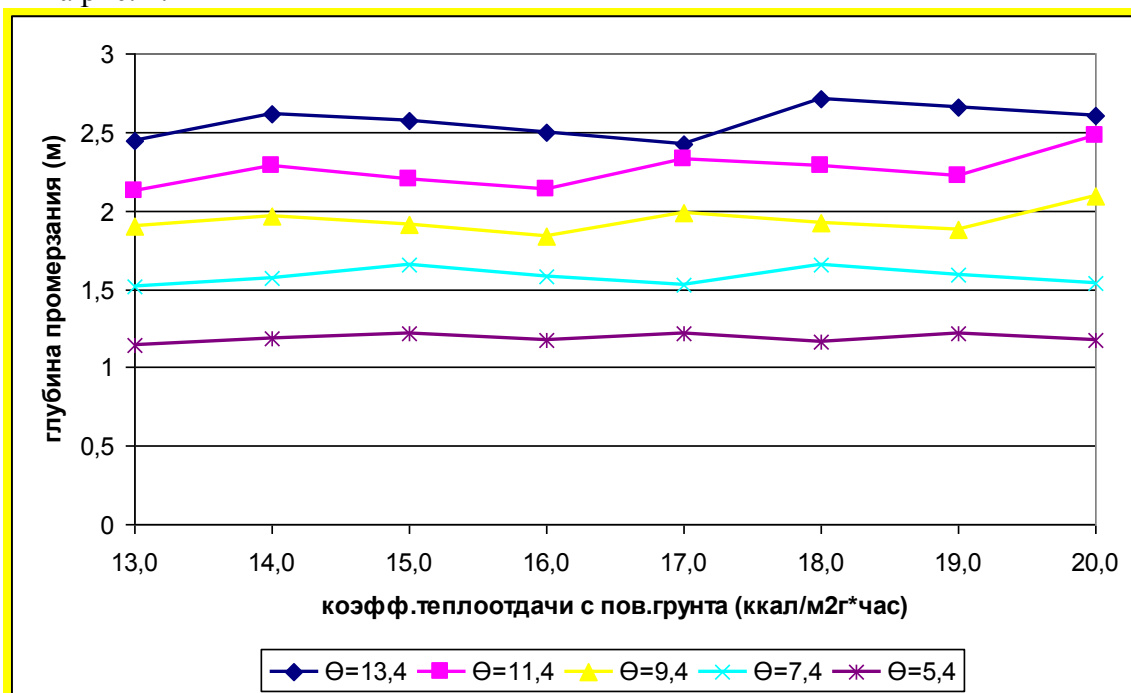


Рис. 2. Результаты анализа при изменении коэффициента теплоотдачи поверхности грунта

Анализ результатов расчета глубины промерзания при различных значениях коэффициента теплоотдачи поверхности грунта выявил следующие закономерности:

1) при разных значениях коэффициента теплоотдачи поверхности грунта (вид теплоизоляции) глубина промерзания мало изменяется. На изменение глубины промерзания сильно влияет среднее значение температуры окружающей среды.

3. Влияние влажности грунта на промерзание. За базовую величину влажности грунта (w) принимается значение 15% из литературных источников [2] для данного региона. Выясним влияние влажности грунта на глубину промерзания при различных значениях средней температуры окружающей среды. Для анализа рассмотрим различные значения влажности w от 10 до 27,5 с шагом 2,5. Величину θ как и в предыдущих случаях. Результаты расчетов приведены на рис. 4.

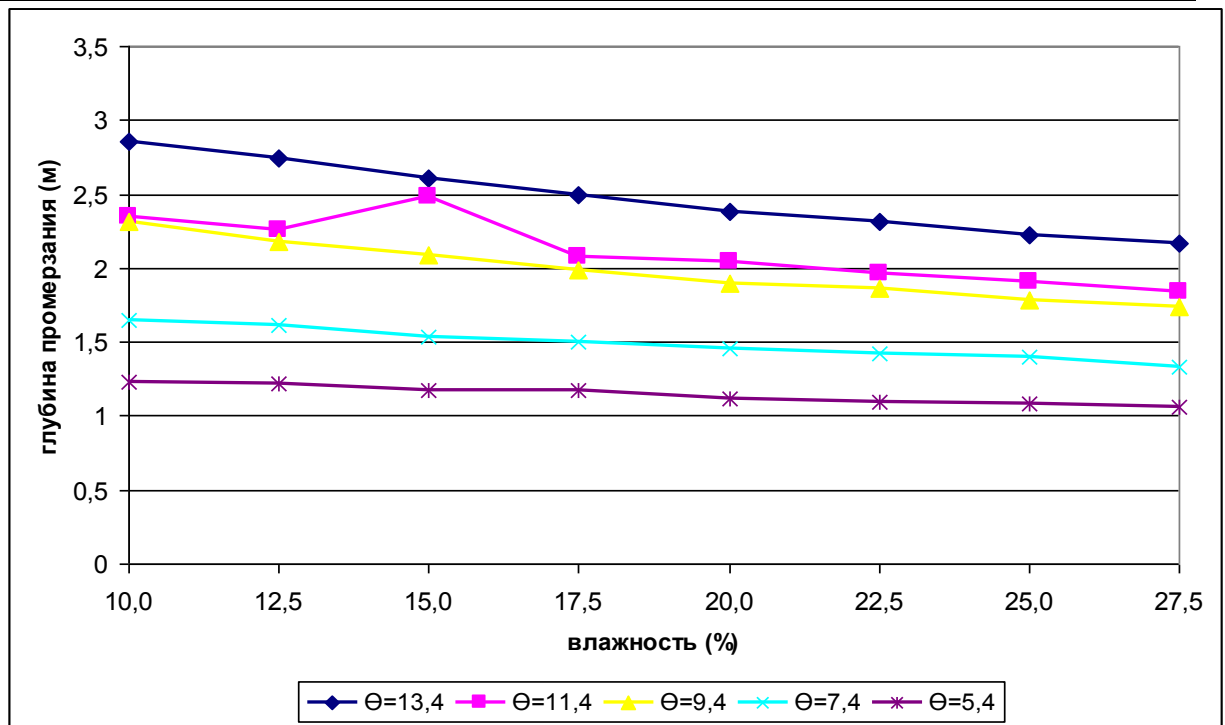


Рис. 3. Результаты анализа при изменении влажности грунта

Анализ результатов расчета глубины промерзания при различных значениях влажности грунта выявил следующие закономерности:

1) при одинаковых значениях влажности уменьшение средней температуры окружающей среды от 13,4°C до 5,4°C приводит к уменьшению глубины промерзания грунта;

2) при наименьшем значении влажности ($w = 10\%$) разница глубины промерзания, при наименьшей и наибольшей значениях температуры окружающей среды, составляет 1,63 м. Это означает, что изменение глубины промерзания прямо пропорционально зависит от изменение температуры окружающей среды т.е. увеличение минусовой температуры окружающей среды на 59,7% приводит к увеличению глубину промерзания на 62,5%. При последующих значениях влажности (12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25; 27) эта разница составляет соответственно 1,52; 1,44; 1,33; 1,26; 1,22; 1,14 и 1,11 м.

3) при наибольшем значении влажности $w = 27,5\%$ уменьшение средней разности температур от значения в 13,4°C до 5,4°C т.е. на 59,7% приводит к уменьшению глубины промерзания грунта от первоначального значения на 1,7 м. т.е. на 62,9%.

Проведенные вычисления численно показали, что из рассмотренных в анализе величин: влажность, тепловой поток снизу, коэффициент теплоотдачи поверхности грунта, наибольшее влияние на глубину промерзания грунта оказывает величина теплового потока снизу (разница между наибольшим и наименьшим значением глубины промерзания составляет 71,9% (1,36 м.). Вторая по значимости величина, оказывающая наибольшее влияние на глубину промерзания грунта – это влажность грунта, а также результаты расчета показали слабое влияние коэффициент теплоотдачи поверхности грунта на изменение глубины промерзания.

Список использованной литературы:

1. Шекеев К.Р. Влияние вида теплообмена поверхности с окружающей средой на протаивание вечной мерзлоты. Современная наука. Актуальные проблемы и пути их решения, №2 (24), Липецк, 2016, стр. 8-11
2. В.С. Лукьянов, М.Д. Головки. Расчет глубины промерзания грунтов. М. Трансжелдориздат, 1957.
3. Таблица теплофизических характеристик строительных материалов.

УДК 621.316.3-025.57:519.718

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АСКУЭ

Оморов Туратбек Турсунбекович, д.т.н., член-корреспондент Национальной академии наук Кыргызской Республики, г.Бишкек, пр. Чуй, 66а, omorovtt@mail.ru. ORCIDID 0000-0002-5902-0220

Такырбашев Бейшеналы Касымалиевич, инженер, Национальная академия наук Кыргызской республики, г.Бишкек. b.takyrbashev@gmail.com.

Койбагаров Таалайбек Джыргалбекович, аспирант, Национальная академия наук Кыргызской Республики, г.Бишкек. koibagarov@bk.ru.

Жаныбаев Тилебалды Оторбекович, зам.ген.директора, ОАО «Северэлектро», Кыргызская Республика, Чуйская область, Аламудунский район, с.Лебединовка, ул.Чкалова, e-mail: zhanybaev1979@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой и внедрением новых инновационных технологий для комплексной автоматизации и информатизации процессов энергопотребления в распределительной электрической сети (РЭС). Дано краткое описание существующей системы энергоучета Республики и ее особенности, частично включающей в своем составе автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). Приведена структура и основные функциональные элементы этих систем. Отмечаются положительные аспекты внедрения АСКУЭ, а также их основные недостатки. Последние связаны с тем, что современные АСКУЭ главным образом предназначены для выполнения функций коммерческого учета электроэнергии и поэтому относятся к классу информационно-измерительных систем, что не позволяет в достаточной степени использовать возможности современных цифровых технологий для повышения их эффективности и технико-экономических показателей распределительных компаний. Отмечается, что в составе существующих АСКУЭ отсутствуют технические и программные средства, предназначенные для решения таких важных задач, как диагностика состояний РЭС и оптимизация их режимов работы, практическая реализация которых дает возможность значительно сократить технические и коммерческие потери электроэнергии. Сформулированы предложения по совершенствованию и повышению эффективности существующих АСКУЭ.

Ключевые слова: распределительная сеть, автоматизация, оптимизация, идентификация.

PROBLEMS OF IMPROVING MODERN AUTOMATED METER READING AND CONTROL SYSTEM (AMRCS)

Omorov Turatbek Tursunbekovich, PhD, Corresponding Member, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek c., Chui av. 66a, e-mail: omorovtt@mail.ru. ORCIDID 0000-0002-5902-0220

Takyrbashev Beishenaly Kasymalievich, engineer, National Academy of Science of the Kyrgyz Republic, Bishkek c., Chui av. 66a, e-mail: b.takyrbashev@gmail.com.

Koibagarov Taalaibek Djergalbekovich, graduate student of National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek c., Chui av. 66a, e-mail: koibagarov@bk.ru.

Zhanybaev Tilebaldy Otorbekovich, Deputy General Director for Commercial Affairs, JSC "Severelectro", Kyrgyz Republic, Alamudun r-n, Lebedinovka v., Chkalova str,3, e-mail: zhanybaev1979@mail.ru

Abstract. The issues related to the development and implementation of new innovative technologies for integrated automation and informatization of energy consumption processes in the distribution electric network (DEN) are considered. A brief description of the existing system of energy accounting of the Republic and its features, partly including automated meter reading and control system (AMRCS) is given. The structure and the main functional elements of these systems are given. The positive aspects of the implementation of AMRCS, as well as their main disadvantages are noted. The disadvantages are related to the fact that modern AMRCS are mainly designed to perform the functions of commercial metering of electricity and therefore belong to the class of information-measuring systems. This does not allow to sufficiently using the capabilities of modern digital technologies to improve the efficiency and technical and economic indicators of distribution companies. It is noted that in the composition of the existing AMRCS there are no technical and software tools designed to solve such important tasks as the diagnosis of the condition of DEN and the optimization of their operating modes, the practical implementation of which makes it possible to significantly reduce technical and commercial losses of electricity. Proposals for improving and increasing the effectiveness of existing AMRCS are formulated.

Keywords: distribution network, automation, optimization, identification.

Введение. Как известно, энергетический комплекс Кыргызской Республики (КР) состоит из трех взаимосвязанных систем: генерирующей, транспортирующей и распределительной. Выработанная генерирующей системой (ГЭС, ТЭЦ) электрическая энергия подводится на вход транспортирующей системы (высоковольтные электрические сети), которая поставляет энергию к распределительным электрическим сетям (РЭС) напряжением 0,4 кВ. РЭС представляет собой нижний уровень энергосистемы, где производится отпуск электроэнергии как товарной продукции. Как известно, к числу важнейших показателей качества и эффективности работы распределительной сети относятся потери электроэнергии в ней, состоящие, в основном, из технических и коммерческих потерь. Несмотря на то, что распределительными компаниями ведется определенная работа по их снижению уровни потерь к настоящему времени остаются достаточно высокими, которые составляют около 13%. Для сравнения - потери электроэнергии в развитых странах в среднем составляют 6-7%. Таким образом, у энергетического комплекса республики имеется огромный потенциал для снижения потерь и экономии энергоресурсов. В связи с этим имеется острая необходимость в разработке и внедрении более совершенных и эффективных новых технологий при автоматизации распределительных сетей. Здесь следует отметить, что несколько лет назад были частично реализованы пилотные проекты для отдельных объектов ряда распределительных компаний по внедрению электронных счетчиков с картой предоплаты, направленные на снижение уровня дебиторской задолженности потребителей. На основе таких мероприятий невозможно кардинально решить такие острые проблемы, как выявление и предотвращение несанкционированных отборов (хищений) электроэнергии, оптимизация режимов работ распределительных сетей и контроль за состоянием приборов учета и технологического оборудования, оценка технических и коммерческих потерь, составление баланса энергопотребления. Другими словами, счетчики с картой предоплаты осуществляют лишь частичную автоматизацию процессов энергопотребления в РЭС. Поэтому распределительными компаниями республики принята концепция системного подхода к решению рассматриваемой проблемы, предусматривающая комплексную автоматизацию и информатизацию распределительных сетей напряжением 0,4 кВ на основе внедрения автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) [17], что позволило

ряд функций системы выполнить в автоматическом режиме без участия работников распределительных компаний (сбор данных с абонентских счетчиков электроэнергии, отключение нагрузки абонента при определенных ситуациях и др.). В то же время анализ функциональной структуры существующих АСКУЭ показал, что главный их недостаток заключается в том, что они, в основном, предназначены для коммерческого учета электроэнергии [3, 17] и поэтому относятся к классу информационно-измерительных систем. Они по существу не имеют технических и программных средств, необходимых для снижения технических и коммерческих потерь электроэнергии хотя в составе автоматизированных систем имеются так называемые «умные счетчики». Средства, включенные в их составе позволяют лишь дистанционное отключение нагрузки абонента при несвоевременной оплате за использованную электроэнергию, а также при превышении установленного лимита по потребляемой мощности в соответствии с техническими условиями на подключение энергии.

В связи с изложенным актуальной является проблема совершенствования современных АСКУЭ. В работе излагаются вопросы, связанные с комплексной автоматизацией РЭС, и сформулированы предложения, направленные на повышение технико-экономических показателей распределительных компаний Республики и эффективности внедряемых в настоящее время АСКУЭ.

Текущее состояние системы энергоучета Республики

1. В настоящее время для измерения расходов электроэнергии, потребляемых абонентами сети, используются и индукционные, и современные электронные («умные») счетчики. Удельный вес последних составляет порядка 17%, а индукционных – 83% от общего количества абонентов в Республике. Как известно, индукционные счетчики электроэнергии морально и физически устарели, которые не пригодны для целей автоматизации. Поэтому в настоящее время идет их активная замена современными электронными счетчиками в составе АСКУЭ, которые разрабатываются и выпускаются рядом известных фирм, таких как АО ГК «Системы и Технологии», концерн «Энергомера», АО «ЛЕМЗ», НПО «МИР» (Россия), Iskraemeco (Украина), ADD Grup (Молдова), Yitran (Израиль), Hexing Electrical Co.Ltd. (КНР), Ningbo Sanxing Medical & Electric Co.Ltd. (КНР) [18-22]. Данные по внедрению современных счетчиков в составе АСКУЭ, внедряемых на объектах распределительных компаний республики, приведены в табл. 1.

Таблица 1
Данные по внедрению современных счетчиков в составе АСКУЭ

Годы	Количество установленных на объектах электронных («умных») счетчиков	Название фирм, счетчики которых использовались в составе АСКУЭ
2013г.	10278	Ningbo Sanxing Medical & Electric Co.Ltd. (КНР), ADD Grup (Молдова), Hexing Electrical Co.Ltd. (КНР), НПО «МИР» (Россия)
2014г.	55437	
2015г.	49285	
2016г.	59451	
2017г.	34461	

Необходимо отметить, что современные электронные счетчики по сравнению с индукционными имеют расширенный состав измеряемых величин. В частности, функциональная структура этих приборов включает следующие функции [19, 22]:

- 1) измерение действующих значений токов и напряжений на нагрузках распределительных сетей;
- 2) измерение коэффициентов мощностей;

3) измерение активных и реактивных мощностей.

Эти дополнительные функциональные возможности электронных счетчиков можно использовать для расширения состава функций существующих АСКУЭ и повышения их эффективности. Здесь следует отметить, что в Республике в настоящее время не существует предприятий, выпускающих средства измерения, автоматизации, сбора и передачи информации.

2. Сбор информации об энергопотреблении абонентами сети, которые снабжены индукционными счетчиками, осуществляется вручную с помощью работников распределительных компаний – инспекторов путем ручной записи показаний электросчетчиков. Всего в республике насчитывается более 1600 контролеров. Такой способ сбора данных об энергопотреблении, допускающий непосредственный контакт контролеров с абонентами сети, создает благоприятные условия для коррупционных схем.

3. Как известно [1, 4], к числу важнейших показателей качества и эффективности работы распределительных сетей относятся потери электроэнергии в ней, состоящие, в основном, из технических и коммерческих потерь. В целях экономии энергоресурсов при эксплуатации РЭС необходимо разрабатывать и принимать практические меры, направленные на минимизацию этих потерь. В настоящее время для снижения технических потерь электроэнергии РЭС на практике по существу не используются соответствующие способы и технологии, хотя имеется ряд средств для этой цели [5, 13-15]. В то же время практически отсутствуют методы и средства для снижения коммерческих потерь электроэнергии, к которым относятся утечки токов, вызванные, в частности, несанкционированным отбором электроэнергии и в результате прямых контактов зеленых насаждений с проводами сети.

Официальные статистические данные по потерям электроэнергии за последние годы приведены в табл.2.

Таблица 2.

Статистические данные по потерям электроэнергии

Годы	Относительный уровень потерь (%)
2010 год	26,8
2012 год	21,2
2014 год	18,2
2015 год	14,9
2016 год	13,9
2017 год	13,1
2018 год	12,7

Как видно из этих данных, уровни потерь остаются достаточно высокими и в 2018 году составили порядка 12,7%, что составляет 1,5439 млрд кВт час электроэнергии, что в 1,5 раза больше чем планировалось получить за счет строительства Верхне-Нарынского каскада ГЭС. Таким образом, у энергетического комплекса республики имеется огромный потенциал для снижения потерь и экономии энергоресурсов.

Проблемы, связанные со снижением потерь электроэнергии в сети

Анализ показывает, что существующая система энергоучета, включающая ряд АСКУЭ, допускает высокий уровень технических и коммерческих потерь электроэнергии из-за существенного влияния ряда факторов. К таким основным факторам относятся:

- 1) несимметрия нагрузки фаз линий и параметров сети (токов и напряжений);
- 2) утечки токов в сети, включая несанкционированные отборы (хищения) электроэнергии;
- 3) наличие в сети нелинейных нагрузок (электроприемников) потребителей, вызывающих несинусоидальность токов;
- 4) износ силовых электрических линий и высокое сопротивление контактных соединений проводов;
- 5) обрывы линий электроснабжения РЭС;
- 6) погрешность приборов учета электроэнергии.

Несимметрия нагрузки фаз линий и параметров сети приводит к повышенным потерям электроэнергии в силовых линиях (фазных и нулевом проводах) и трансформаторной подстанции (ТП). По данным научных исследований в линиях с распределенной нагрузкой при относительном отклонении токов фаз от их среднего значения в диапазоне 0,3 – 0,5 технические потери возрастают в среднем на 35%. Результаты экспериментальных исследований по определению потерь электроэнергии в системах электроснабжения индивидуального жилищного строительства показывают, что технические потери от несимметрии в линиях электропередач и трансформаторной подстанции составляют более 6% от общего объема потребляемой электроэнергии в РЭС [1]. Как известно, при несимметричном режиме РЭС возрастает вероятность выхода из строя бытовой техники и промышленных установок, а также сокращаются сроки эксплуатации функциональных элементов (КТП, линий электропередач и др.) РЭС. Анализ показывает, что эффективное решение проблемы несимметрии в режиме реального времени в настоящее время не существует, а известные методы и средства [5, 7-12, 16] направлены на ее частичное решение.

В настоящее время наиболее актуальной является и борьба с неконтролируемой утечкой тока, вызванной, в частности, несанкционированными отборами (хищениями) электроэнергии (НОЭ) [7, 16]. Необходимо отметить, в настоящее время объемы хищений все еще остаются и не поддаются точной оценке. Поэтому оперативная локализация утечек тока в сети в составе АСКУЭ [7-12] дает возможность значительно сократить коммерческие потери электроэнергии за счет своевременного принятия соответствующих мер. Непрерывная диагностика состояний электрических линий позволяет оценить уровень их износа, а также своевременно идентифицировать обрывы фазных и нулевых проводов распределительных сетей, что также важно для уменьшения потерь электроэнергии и поддержания сети в нормальном состоянии. Актуальной проблемой является также проблема раздельной оценки технических и коммерческих потерь электроэнергии в РЭС, так как в существующих АСКУЭ такая функция отсутствует, в них формируется лишь информация об общих – суммарных потерях электроэнергии.

Проблемы, связанные с применением существующих АСКУЭ

В настоящее время в целях автоматизации и информатизации процессов энергопотребления в РЭС стали внедряться автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) [3, 17]. Структура таких автоматизированных систем состоит из двух или трех иерархических уровней. Общая структура двухуровневой системы показана на рис.1. Она включает два уровня: верхний и нижний уровни управления. Основу верхнего уровня составляет вычислительный комплекс (ВК), расположенный в центральном диспетчерском пункте управления (ЦДПУ). Комплекс технических средств (КТС) нижнего уровня включает: концентратор данных (КД); группу счетчиков электроэнергии (Сч), установленных у потребителей (абонентов); телекоммуникационные модули (ТКМ), которые строятся по технологии PLC, GSM и входят в состав КД и Сч. Счетчики электроэнергии обеспечивают измерение потребляемой абонентами мощности и количества энергии, а также токов и напряжений на нагрузках потребителей. Концентратор данных строится на основе микропроцессорной техники, который, в основном, располагается в трансформаторной

подстанции РЭС, и выполняет функции сбора данных со счетчиков, их хранение и обработку с целью решения соответствующих функциональных задач нижнего уровня (оценка потерь электроэнергии в РЭС, контроль технического состояния Сч, управление нагрузкой абонентов и др.), а также для передачи необходимых данных на верхний уровень.

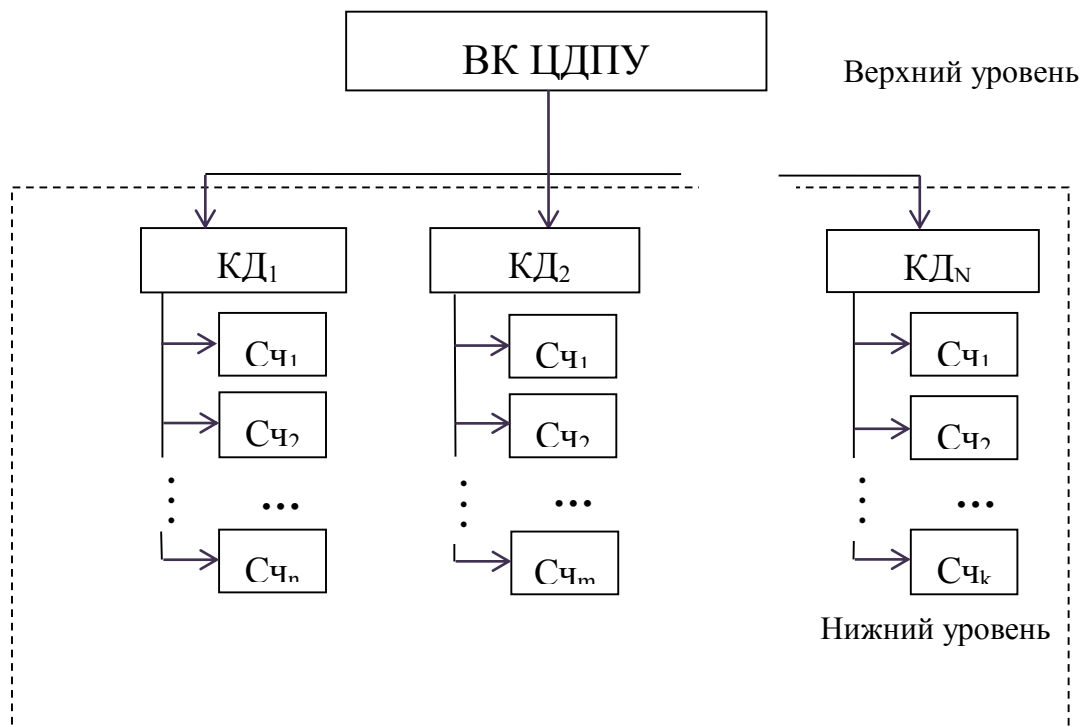


Рисунок 1. Общая структура двухуровневой системы АСКУЭ

В ВК ЦДПУ (центральный компьютер, сервер базы данных, автоматизированные рабочие места) осуществляется сбор, хранение, обработка и анализ данных, полученных от концентраторов (КД) нижних уровней с целью решения соответствующих функциональных задач (расчет потерь электроэнергии, составление энергобаланса по системе; принятие управленческих решений; формирование документов, связанных с отчетностью и оплатой за потребленную абонентами электроэнергию, взаимодействие с внешними информационными системами и др.). Функцию обмена информацией между верхним и нижним уровнями системы выполняют различные типы ТКМ (PLC, GSM и др.).

Основные достоинства АСКУЭ заключаются в следующем:

- 1) автоматизация процесса сбора данных со счетчиков электроэнергии без участия инспекторов (контролеров) энергосбыта;
- 2) исключение человеческого фактора при сборе данных об энергопотреблении, что позволяет устранить коррупционные схемы;
- 3) автоматическое отключение нагрузки абонента при несвоевременной оплате за использованную электроэнергию;
- 4) автоматическое отключение нагрузки абонента при превышении установленного лимита по потребляемой мощности в соответствии с техническими условиями на подключение энергии;
- 5) оперативное составление энергобаланса в системе.

Анализ процессов автоматизации и информатизации РЭС показывает, что к настоящему времени более 80% распределительных сетей остаются не охваченными системами АСКУЭ. Как уже отмечалось, главной функцией существующих АСКУЭ является коммерческий учет электроэнергии. В их составе по существу не решаются задачи,

ориентированные для снижения технических и коммерческих потерь электроэнергии, что можно рассматривать как недостаток этих систем. В целях экономии энергоресурсов при эксплуатации РЭС необходимо разрабатывать и принимать практические меры, направленные на минимизацию этих потерь. В частности, для снижения технических потерь электроэнергии к настоящему времени предложен ряд способов и средств [5, 13-15]. В то же время на практике по существу не используются методы и средства для снижения коммерческих потерь электроэнергии, к которым относятся утечки токов, вызванные, в частности, несанкционированным отбором электроэнергии и в результате прямых контактов зеленых насаждений с проводами сети. Анализ показывает, что наиболее эффективный путь значительного снижения потерь электроэнергии состоит в разработке и внедрении дополнительных подсистем в составе существующих АСКУЭ, ориентированных для выполнения таких важных функций, как оптимизация режимов работы РЭС, а также идентификация и локализация мест утечек тока в сети. В лаборатории «Адаптивные и интеллектуальные системы» НАН КР ведутся научно-исследовательские работы по разработке научных основ и инновационных цифровых технологий [7-9, 23-25], ориентированных для создания указанных подсистем в условиях несимметрии токов и напряжений.

К проблеме оптимизации режимов работы распределительных сетей

Таким образом, в целях снижения технических и коммерческих потерь электроэнергии до желаемого уровня необходимо создавать интеллектуальные технологии в составе существующих АСКУЭ, позволяющие минимизировать потери электроэнергии в сети. Таким образом возникает проблема оптимизации режима работы трехфазной распределительной сети в режиме реального времени. Одна из идей в решении этой проблемы состоит в разработке и внедрении цифровой системы автоматического управления (САУ) в составе АСКУЭ [12, 24], обеспечивающей в режиме реального времени минимизацию действующего значения тока в нейтральном проводе, что эквивалентно минимизации технических потерь электроэнергии в сети. При этом оптимизация режима осуществляется за счет перераспределения потоков электроэнергии между фазами сети, что можно реализовать посредством желаемых переключений электроприемников сети с одной фазы на другую. Структура такой САУ состоит из цифрового регулятора и объекта управления, в качестве которого выступает группа однофазных счетчиков, установленных у потребителей (абонентов) сети. Регулятор на основе измерительных данных, поступающих со счетчиков электроэнергии, по определенному алгоритму формирует управляющие воздействия (сигналы), которые передаются на объект для реализации. Применение таких САУ приводит к тому, что РЭС будет адаптироваться в условиях действий неконтролируемых случайных возмущений в режиме реального времени путем автоматической самонастройки своей структуры. В результате такую распределительную сеть можно рассматривать как систему с переменной структурой [2, 6]. Практическая реализация такого принципа перераспределения потоков энергии между фазами сети является в настоящее время реальной задачей, так как в современных однофазных и трехфазных счетчиках (серии Альфа, Меркурий, МИР и др.) имеются электромагнитные реле с мощными контактами до 100А, которые можно использовать для переключения приемников с одной фазы на другую путем подачи соответствующих управляющих импульсов (сигналов). В настоящее время в НАН КР разработан лабораторный образец коммутатора фазных токов, выполняющего функции требуемых переключений электроприемников.

Выводы. Таким образом, сегодня наиболее актуальной и острой является проблема снижения технических и коммерческих потерь электроэнергии в распределительных сетях Республики. Один из путей ее решения – это создание интеллектуальных информационно-управляющих систем (ИУС) на основе совершенствования современных АСКУЭ. Структура этих ИУС кроме уже существующих подсистем, входящих в состав АСКУЭ, должны включать

новые дополнительные функциональные подсистемы, предназначенные, в частности, для решения в режиме реального времени следующих задач:

- 1) идентификации и локализации мест утечек тока в трехфазной сети, включая несанкционированные отборы (хищения) электроэнергии;
- 2) оптимизации режима работы распределительной сети за счет управления процессом балансировки фазных токов в условиях несимметрии токов и напряжений;
- 3) диагностики состояний магистральной линии с выявлением и локализацией мест обрывов фазных и нейтрального проводов РЭС;
- 4) идентификации и мониторинга технических и коммерческих потерь электроэнергии в распределительной сети.

Практическое применение указанных подсистем в составе АСКУЭ дает возможность:

- значительно сократить технические и коммерческие потери электроэнергии в сети;
- повысить технико-экономические показатели АСКУЭ и распределительных компаний;
- улучшить качество электроснабжения.

Использованная литература

1. Авербух М.А., Жилин Е.В. О потерях электроэнергии в системах электроснабжения индивидуального жилищного строительства // Энергетик. 2016. №6. – С. 54-56.
2. Емельянов С.И., Уткин В.И., Таран В.А. и др. Теория систем с переменной структурой. М.: Наука, 1970. 592с.
3. Еремина М.А. Развитие автоматических систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) // Молодой ученый. 2015. №3. С. 135-138.
4. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. –М.: ЭНАС, 2009. 456с.
5. Косоухов Ф.Д., Васильев Н.В., Филиппов А.О. Снижение потерь от несимметрии токов и повышение качества электрической энергии в сетях 0,38 кВ с коммунально-бытовыми нагрузками // Электротехника. 2014., №6. – С. 8-12.
6. Оморов Т.Т., Джолдошов Б.О. Краткий обзор методов анализа и синтеза нелинейных САУ//Известия Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова. 2012. №26. С. 28-36.
7. Оморов Т.Т., Тақырбашев Б.К. Идентификация и мониторинг потерь электроэнергии в распределительной сети в составе АСКУЭ // Электричество. 2016, №11. – с.4-11.
8. Оморов Т.Т., Тақырбашев Б.К., Койбагаров Т.Д., Осмонова Р.Ч. Метод идентификации несанкционированного потребления электроэнергии в распределительной сети по данным АСКУЭ // Электрические станции. 2019. № 2 (1051). С. 37-41.
9. Оморов Т.Т., Тақырбашев Б.К., Осмонова Р.Ч. и др. Идентификация утечек тока в распределительных сетях по данным АСКУЭ // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2018. Т. 18. № 2. С. 48-54.
10. Оморов Т.Т., Осмонова Р.Ч., Тақырбашев Б.К. Диагностика состояний электрических линий распределительных сетей в составе АСКУЭ // Контроль. Диагностика. 2017. №5. С.44-48.
11. Оморов Т.Т., Тақырбашев Б.К., Закиряев К.Э. К проблеме диагностики обрывов электрических линий трехфазных распределительных сетей в составе АСКУЭ // Электричество. 2018. № 8. С. 24-28.
12. Оморов Т.Т. Симметрирование распределенной электрической сети методом цифрового регулирования // Мехатроника, автоматизация, управление. 2018. Т. 19. № 3. С. 194-200.

13. Патент № 2490768 (РФ). И.В. Наумов, Д.А.Иванов, С.В. Подъячих, Гантулга Дамдинсурэн. Симметрирующее устройство для трехфазных сетей с нулевым проводом // Бюлл. № 23. 20.08.2013.
14. Патент № 2548656 (РФ). Самокиш В.В. Способ симметрирования фазных токов трехфазной четырехпроводной линии и устройство для его осуществления // Бюлл. №11. 27.12.2013.
15. Патент № 2249286 (РФ). Г.А. Большанин. Способ автоматизированного активного контроля уровня несимметрии напряжений и токов // Бюлл. №9. 27.03.2005.
16. Сапронов А.А., Кужеков С.Л., Тынянский В.Г. Оперативное выявление неконтролируемого потребления электроэнергии в электрических сетях напряжением до 1 кВ // Изв.вузов. Электромеханика. 2004. №1. С.55-58.
17. Якушев К.В. Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии для розничного рынка // Информатизация и системы управления в промышленности. 2009. №3.
18. <https://www.altera.com/downloads/software/quartus-ii-we/121.html>.
19. <http://www.mir-omsk.ru/stuff/career/vacancies>
20. <http://www.microcontroller.com>
21. <http://www.sanxingelectric.com>
22. <http://www.sicon.ru>
23. Omorov T.T., Takyrbashev B.K. A method for identification of nonmeasurable parameters of a distribution electric grid in systems of automation of control and accounting of electric power // Russian electrical engineering. 2018. т. 89. № 3. с. 152-155.
24. Omorov T.T., Takyrbashev B. K., Osmonova R.Ch. Synthesis of the managing director of the subsystem for optimization of the operating mode of the distributive electric network // Engineering Studies. 2016. №3. pp. 606-615.
25. Omorov T., Zakiriev K., Takyrbashev B. Identification of lines of electric lines of three-phase distribution networks in the composition of ASMAE // В сборнике: E3S Web of Conferences 2017. С. 02010.

УДК 662. 997. 534.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕМПЕРАТУРЫ
И ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ
ТЕПЛИЧНЫХ КУЛЬТУР**

С.М. Зеркаль, д.т.н., профессор Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин), г. Новосибирск, E-mail: zerkal@ngs.ru.

Мурзакулов Н.А., к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика» Омск ТУ, г.Омск ; e-mail: nurkul72@mail.ru

Аннотация. В статье сформулирована проблема, решаемую системой управления тепличным хозяйством: с учетом фактических внешних входных переменных, ожиданием их изменений в ближайшее время и с учетом наблюдаемых исходных параметров теплицы и урожая: какие необходимо выбрать управляющие входы, чтобы за указанный период выращивания явно сформулирована целевая функция достигла максимума. А также решается задача разработки математической модели теплицы при управлении температурой и влажностью воздуха, основанный на законах сохранения энергии и массы, которая в дальнейшем будет использована для получения оптимальных законов управления.

Ключевые слова: математическая модель, влажностью воздуха, интеллектуальная система, наглядность моделирования, алгоритмы контроллеров, микроклимат, нагрев воздуха (отопление), вентиляцию, увлажнение, моделирования урожайности.

MATHEMATICAL MODEL OF CHANGING THE TEMPERATURE PARAMETERS AND AIR HUMIDITY FOR CROP YIELD MODELING IN GREENHOUSE

C.M. Zerkal, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, E-mail: zerkal@ngs.ru;

N. A. Murzakulov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Electric Power Engineering" Osh TU, Osh. e-mail: nurkul72@mail.ru

Abstract. The problem solved by the greenhouse management system has formulated in the article: taking into account actual external input variables, waiting for their changes in the near future and taking into account the observed initial parameters of the greenhouse and harvest: which control inputs need to be chosen so that the objective function clearly reaches the specified cultivation period maximum. It also solves the problem of developing a mathematical model of a greenhouse in controlling the temperature and humidity of the air, based on the conservation laws of energy and mass, which will later be used to obtain optimal control laws.

Keywords: mathematical model, air humidity, intelligent system, visual modeling, controller algorithms, microclimate, air heating (heating), ventilation, humidification, yield modeling.

Поддержка параметров микроклимата в теплице имеет значительное влияние на рост растений, уровень и качество урожайности, а также на потребление энергии в процессе выращивания. Часто для удовлетворения требований высокой урожайности при малом потреблении энергии нужно контролировать и управлять многими параметрами микроклимата: температурой и влажностью воздуха, содержанием CO₂, используя такие управляющие действия, как нагрев воздуха (отопление), вентиляцию, увлажнение, обогащение диоксидом углерода и т.д. Из-за высокой нелинейности описание физических процессов теплицы, классические методы теории управления не пригодны для решения проблемы проектирования регуляторов управления урожайностью.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследование математических моделей теплицы как объекта управления в последние десятилетия существенно продвинулись. В работах таких ученых как Rodriguez, Takakura представлены исследования математического описания динамических процессов в теплицах.

Наиболее простые модели представлены в виде апериодических звеньев первого или второго порядка с запаздыванием [1, 2]. Такие модели достаточно грубы и приближенно представляют поведение объекта управления при регулировании одного параметра, например температуры. Существуют модели более сложной структуры, например, для управления двумя и более параметра были описаны в [4, 5]. Неоспоримым преимуществом таких способов задания математических моделей является наглядность моделирования и возможность применения классических методов регулирования систем управления параметрами микроклимата.

Цель исследования. Исследовать необходимость использования математической модели микроклимата теплицы в структуре компьютеризированной системы управления урожайностью тепличного хозяйства. Разработать математическую модель теплицы при управлении температурой и влажностью воздуха, основанный на законах сохранения энергии и массы. Система управления урожайностью тепличных культур с помощью современных

интеллектуальных управляющих средств имеет иерархическую структуру, как показано на рис. 1. На рис. 1 изображены три основных уровня: уровень урожая, система управления, производитель сельхозпродукции.

На нижнем уровне сигналами реальные физические параметры тепличных систем и культур. На этот уровень влияют погодные факторы $f_{\text{реал}}$, которые являются неуправляемым внешним воздействием. Сигналы на исполнительные элементы, например, системы открытия вентиляционных отверстий или смесительные клапаны систем обогрева являются управляющими воздействиями $u(t)$. Значения, полученные от датчиков параметров микроклимата теплицы $x_T(t)$, или характеристик урожайности $x_Y(t)$, являются исходными контролируемыми переменными, которые передаются на оперативный уровень управления (контроллер) вместе с параметрами погодных условий.

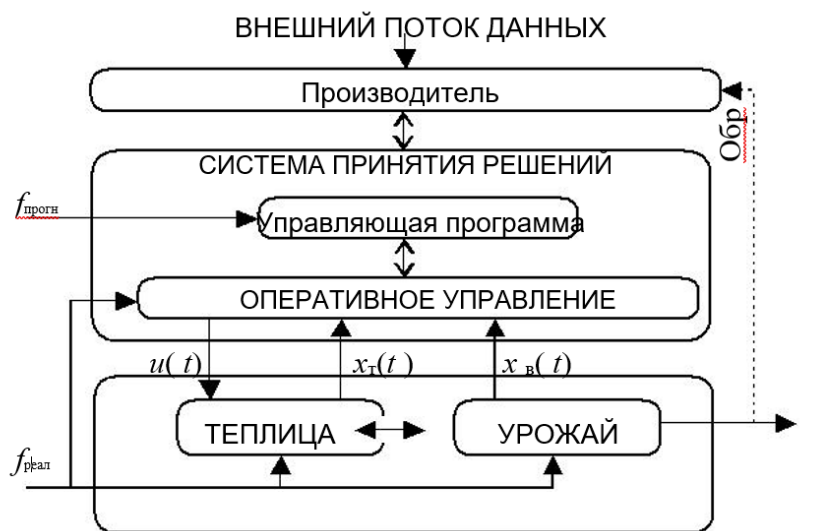


Рис. 1 - Система управления урожайностью тепличных культур

Отношение между параметрами состояний системы и выходами на оперативном уровне есть математическая модель системы становится необходимой при постановке задачи оптимизации системы управления [3].

Второй уровень - это интеллектуальная система управления климатическими параметрами, в рамках которой есть два уровня: оперативный уровень, который выполняет фактическое управление и стратегический уровень (супервизор). Оперативный уровень воспринимает значения физических параметров теплицы и, возможно, урожайности, и возвращает управление в виде команд на исполнительные механизмы. По заданием супервизора заключается в том, чтобы перевести информацию сельхозпроизводителя с тактического уровня таким образом, чтобы эта информация могла использоваться на оперативном уровне. На тактическом уровне могут быть использованы долгосрочные погодные прогнозы $f_{\text{прогн}}$.

На верхнем уровне системы располагается сельхозпроизводитель, который проводит наблюдения характеристик урожая и принимает решение о корректирующих действий, если он чувствует в них потребность. Эти решения основаны на внешней информации, его собственном опыте. Сельхозпроизводитель взаимодействует с компьютерной системой управления микроклиматом через настройки.

Простейшие алгоритмы контроллеров оперативного уровня часто разработаны эвристическим методом и имеют вид релейных правил для принятия решения об отоплении и вентиляции через одноконтурные системы с регуляторами.

В то же время даже при использовании контроллеров, как правило, операционные режимы, в которых управленческое решение принимается только сельхозпроизводителем. В

первую очередь, это автоматическая адаптация системы управления на температурах выше допустимых, при максимальном солнечном излучении. Производитель устанавливает параметры желаемого режима работы системы в соответствии со своими наблюдениями о состоянии сельскохозяйственных культур, на основе своего опыта и внешней информации. Основной алгоритм может быть пересмотрен по соображениям безопасности, например, в случае дождя или штормовой погоды.

Наилучшие результаты деятельности тепличного хозяйства достигаются путем вычисления управляющих воздействий при наличии математической модели на основе оптимизации сформулированной в явном виде целевой функции, которая сочетает ожидаемые выгоды, затраты и риски

Таким образом, можно сформулировать проблему, решаемую системой управления тепличным хозяйством: с учетом фактических внешних входных переменных, ожиданием их изменений в ближайшее время и с учетом наблюдаемых исходных параметров теплицы и урожая: какие необходимо выбрать управляющие входы, чтобы за указанный период выращивания явно сформулирована целевая функция достигла максимума. Очевидно, что вместо того, чтобы максимизировать функцию доходности, могут быть сведены к минимуму функции стоимости.

В данной работе на первом этапе решается задача разработки математической модели теплицы при управлении температурой и влажностью воздуха, основанный на законах сохранения энергии и массы, которая в дальнейшем будет использована для получения оптимальных законов управления.

В работах [4,5] предлагаются различные варианты таких моделей основанные в большинстве случаев на законах сохранения массы и энергии в динамике переменных состояния в следующей дифференциальной форме

$$\frac{dT_{\text{внутр}}(t)}{dt} = \frac{1}{\rho C_B V_m} [Q_H(t) + S_n(t) + \lambda Q_m(t)] - \left(\frac{v_B(t)}{V_m} + \frac{k_{m.ог}}{\rho C_B V_m} \right) [T_{\text{внутр}}(t) - T_{\text{внешн}}(t)] \quad (1)$$

$$E(S_n(t), \phi_{\text{внутр}}(t)) = \alpha \frac{S_B(t)}{\lambda} - \beta \phi_{\text{внешн}}(t) \quad (2)$$

где $T_{\text{внутр}}$, $T_{\text{внешн}}$ - температура воздуха внутри и снаружи теплицы соответственно ($^{\circ}\text{C}$); $\phi_{\text{внутр}}$, $\phi_{\text{внешн}}$ - относительная влажность воздуха внутри и снаружи теплицы соответственно (%); $k_{m.ог}$ - коэффициент теплопередачи материала ограждения теплицы (Вт / К); V - полный геометрический объем теплицы (м^3); V_m , $V_{yв}$ - обогреваемые и увлажняемые объемы теплицы соответственно (м^3), которые обычно составляют не более 60-70% от общего объема теплицы; ρ - плотность воздуха (1,2 кг / м). C_B - удельная теплоемкость воздуха (1,005 кДж · кг⁻¹ · К). Q_H - мощность нагревателей воздуха теплицы (Вт). Q_m - производительность системы образования тумана (Гвода / с); $S_n(t)$ - солнечное излучение, поглощённое теплицей (Вт) λ - удельная теплота парообразования (2512 кДж / кг); $v_B(t)$ - воздухообмен обеспечиваемый системой вентиляции теплицы ($\text{м}^3 / \text{с}$);

$E(S_n(t), \phi_{\text{внутр}}(t))$ - суммарное количество влаги, удаляемой в результате испарения и транспирации растений в функции от поглощенного солнечного излучения и влажности воздуха в теплице (Гвода / с); α , β - масштабные коэффициенты, принимаются обычно постоянными.

В системе уравнений (1) - (2) переменными являются температура и относительная влажность воздуха внутри теплицы $T_{\text{внутр}}$, $\phi_{\text{внутр}}$, а управляющими воздействиями: мощность обогревателей воздуха теплицы Q_H , производительность системы туманообразования Q_m , а также воздухообмен системы вентиляции теплицы $v_B(t)$.

Для упрощения модели обычно считается, что выделяемые растениями испарения в большей степени зависят от солнечной радиации и в меньшей от влажности воздуха, поэтому в уравнении (2) пренебрегают слагаемым $\beta \phi_{\text{внешн}}(t)$.

Подставляя (2) в (1), после преобразований получим

$$\frac{dT_{\text{внут}}(t)}{dt} = \frac{1}{C_B} [Q_H^{\text{max}} \hat{Q}_H(t) + S_n(t) + \lambda' \hat{Q}_m(t)] - \left(\frac{\hat{v}_B(t)}{T_V} + \frac{k_{m.ог}}{C_B} \right) [T_{\text{внут}}(t) - T_{\text{внеш}}(t)] \quad (3)$$

$$\frac{d\phi_{\text{внут}}(t)}{dt} = \frac{1}{V'} \hat{Q}_m(t) + \alpha' S_n(t) - \frac{\hat{v}_B(t)}{T_V} [\phi_{\text{внут}}(t) - \phi_{\text{внеш}}(t)] \quad (4)$$

Где $\hat{Q}_H(t)$, $\hat{Q}_m(t)$, $\hat{v}_B(t)$ - нормализованные управляющие переменные; $\lambda' = \lambda Q_m^{\text{max}}$, $V' = \frac{V_m}{Q_m^{\text{max}}}$, $\alpha' = \frac{\alpha}{v_B \lambda}$ - нормализованные коэффициенты модели. $T_V = \frac{V_B}{v_B^{\text{max}}}$ - константа, равная времени, необходимому для полной замены воздуха в увлажняемой части теплицы.

На базе системы уравнений (3) - (4) в данном исследовании была разработана блочно-имитационная модель в среде Simulink программного комплекса Matlab, которая представлена на рис. 2.

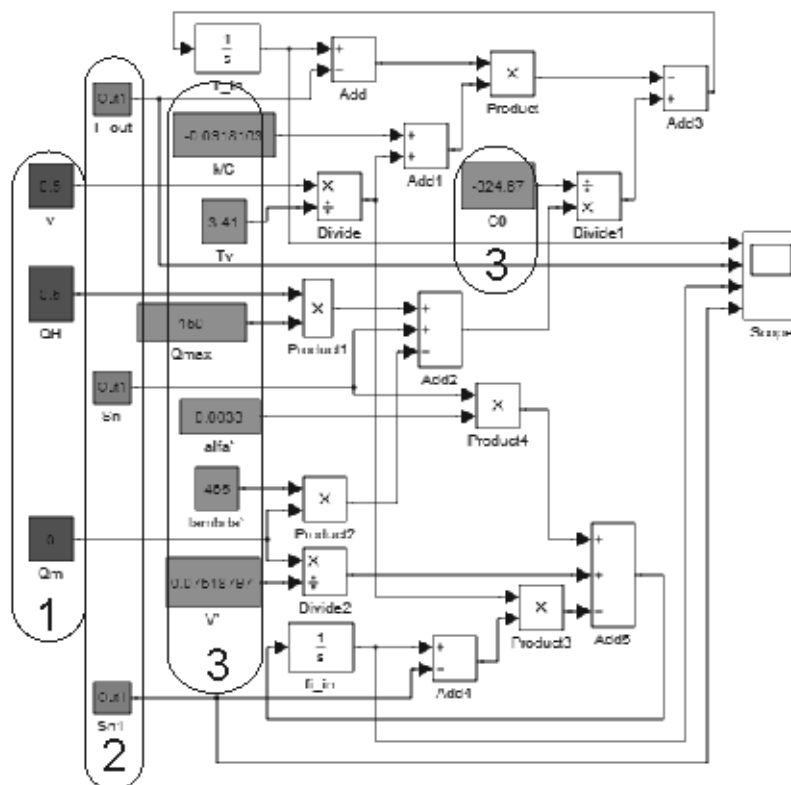


Рис. 2 - Математическая модель теплицы в среде Matlab-Simulink

На схеме выделены три группы блоков. В группу 1 входят блоки управляющих воздействий. Группа 2 сочетает блоки возмущающих воздействий. В третью группу объединены блоки констант-параметров конкретной теплицы. Другие блоки предназначены для выполнения математических операций: суммирование, умножение, интегрирование и т.д.; а также для визуализации результатов моделирования - блок «Scope».

В примере была промоделирована теплица на 1000 м² высотой 4 м. С параметрами взятыми из работы [4]:

$$C_B = -324,67 \text{ мин} \cdot \text{Вт} / ^\circ \text{C}; k_{m.ог} = 29,81 \text{ Вт} / ^\circ \text{C}; T_V = 3,41 \text{ мин};$$

$$\lambda' = 465 \text{ Вт}; \alpha' = 0,0033 \text{ г} / (\text{м}^3 \cdot \text{мин} \cdot \text{Вт}); V' = 13,3 \text{ г} / (\text{м}^3 \cdot \text{мин}).$$

Все параметры приведены к одному квадратному метру площади теплицы. Начальные значения температуры и влажности, установленные в блоках интегрирования: 15 °C и 50%.

При моделировании все параметры математической модели теплицы считались постоянными, внешние возмущения моделировались подсистемами, в которые входят три составляющие: постоянная, гармоничная и случайные.

Моделирование проводилось в среде Matlab/Simulink, для интегрирования использовался метод Рунге-Кутта 4-го порядка с фиксированным шагом 1 мин, диапазон интегрирования 1 сутки или 1440 мин. Результаты представлены на рис. 3.

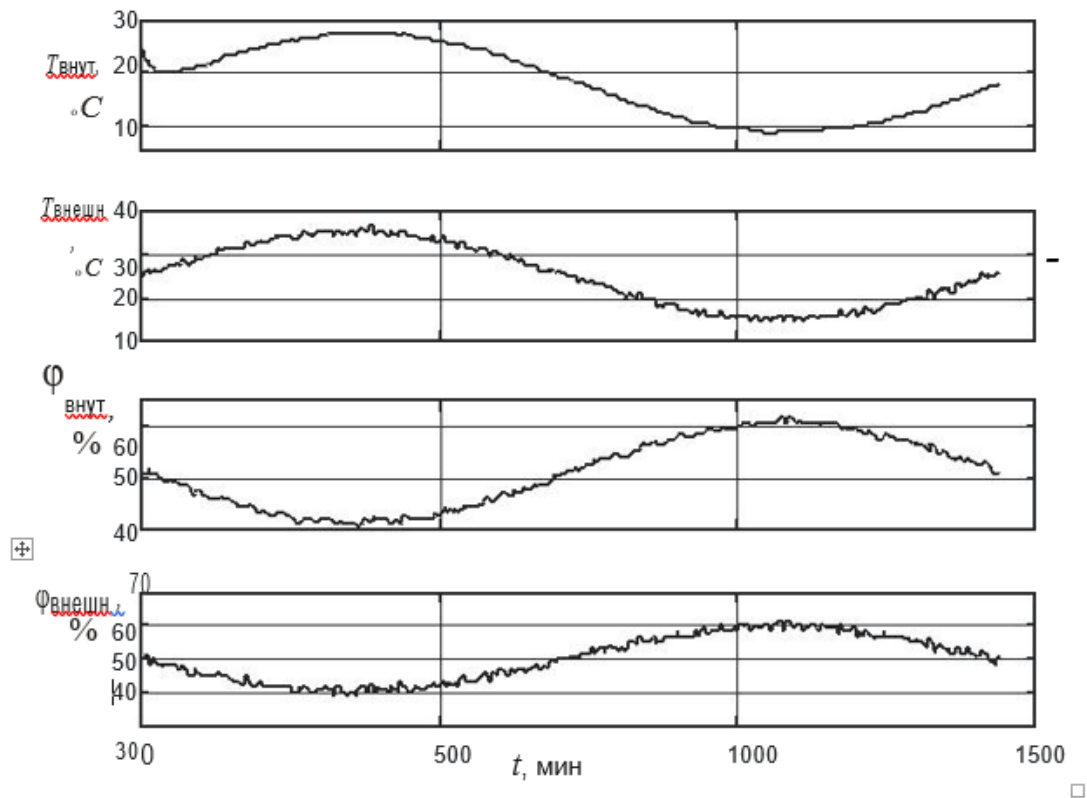


Рис. 3 - Результаты моделирования температуры и влажности воздуха внутри теплицы

Выводы. Представленная модель теплицы при управлении параметрами микроклимата, разработанная для применения в компьютерных системах управления урожайностью для поиска оптимальных режимов работы. Вследствие простоты настройки параметров, может быть легко воспроизведена для множества различных конструкций и систем тепличных комплексов, а также для различных сценариев изменения условий окружающей среды. В качестве дальнейших направлений исследований предполагается разработка оптимальных регуляторов для системы управления микроклиматом как непрерывного, так и дискретного принципов действия.

Список литературы

1. Малько С. Л. Актуальность проблемы контроля и диагностики систем автоматизации технологических процессов защищенного грунта / С. Л. Малько, Л. П. Андрианова // Электрификация сельского хозяйства. - Уфа : БГАУ, 2002, Вып. 3. - С. 62-65.
2. Токмаков Н. М. Математическая модель системы управления микроклиматом ангарных теплиц / Н. М. Токмаков, В. С. Грудинин // Гавриш №3. - М. : Научно-исследовательский институт овощеводства защищенного грунта (НИИОЗГ), 2008. - С. 28-32.
3. Speetjens, S. L. Towards an adaptive model for greenhouse control / S. L. Speetjens, J. D. Stigter, G. Van Straten. - Computers and Electronics in Agriculture, 2009, Vol. 67 (1-2). - P. 1-8.
4. Rodriguez, F. Feedforward controllers for greenhouse climate control based on physical models/ F. Rodriguez, M. Berenguel, M. R. Arahall. - Proceedings of the European Control Conference ECC, 2001. — P. 2158-2163
5. Takakura, T. Simulation of biological and Environmental Processes / T. Takakura, J. E. Son. - Kyushu University Press, 2004. - 139 p.

СОЗДАНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА И ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ С ПРИВЯЗКОЙ К ОПОРНЫМ ТОЧКАМ С ИЗВЕСТНЫМИ КООРДИНАТАМИ

Исаев Болотбек Анваралиевич, ст.преподаватель, Институт горного дела и горных технологий им. академика У.Асаналиева, Кыргызстан, 650075, г. Бишкек, пр. Чуй215, e-mail: bola_86.kg@mail.ru

Умаров Талантбек Самиевич, ст.преподаватель, Институт горного дела и горных технологий им. академика У.Асаналиева, Кыргызстан, 650075, г. Бишкек, пр. Чуй215, e-mail: umarov_talantbek@mail.ru

Дуйшонбек кызы Гулжамал, преподаватель, Институт горного дела и горных технологий им. академика У.Асаналиева, Кыргызстан, 650075, г. Бишкек, пр. Чуй215. e-mail: miss.gulzhamal@bk.ru

Аннотация: В статье описано исследование, целью которого является повышение точности плано-высотного обоснования аэрофототопографической основы с привязкой к опорным точкам. При исследовании были получены координаты опорных пунктов, которые определялись с использованием электронного тахеометра, и произвелась аэрофотосъемка местности по заданной траектории для дальнейшего создания ЦММ и привязки к опорным пунктам.

В качестве исходных данных загружаются геодезические координаты наземных опорных точек и производится уравнивание центров фотографирования к внешней системе координат в программе Agisoft PhotoScan Professional.

По результатам обработки полученные данные, по своей детальности и точности не уступают традиционным методам создания топографической основы для решения инженерных задач. А современные алгоритмы классификации данных обеспечивают распознавание поверхности земли, деревьев, зданий, сооружений и других технологических объектов.

Ключевые слова: Привязка, дистанционное зондирование, фотограмметрия, аэрофотосъемка, топографическая съемка, цифровая модель, ортофотоплан, система координат, обработка, карта, план.

CREATING A TOPOGRAPHIC BASE WITH THE USE OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE AND IMPROVING THE ACCURACY OF TOPOGRAPHICAL SURVEY WITH REFERENCE TO REFERENCE POINTS WITH KNOWN COORDINATES

Isaev Bolotbek, senior lecturer, Institute of mountain Affairs and mountain technologies named. academician U. Asanalieva, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, chuy215 Ave., e-mail: bola_86.kg@mail.ru

Umarov Talantbek, senior lecturer, Institute of mining and mining technologies. academician U. Asanalieva, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, chuy215 Ave., e-mail: umarov_talantbek@mail.ru

Duishenbek kzy Gulzhamal, lecturer, Institute of mining and mining technologies. academician U. Asanalieva, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, chuy215 Ave., e-mail: miss.gulzhamal@bk.ru

Annotation: The article describes a study, the purpose of which is to improve the accuracy of the planning and altitude justification of the aerial and topographic basis with reference to the reference points.

During the study, the coordinates of support points were obtained, which were determined using an electronic total station, and aerial photographs of the area were taken along a given trajectory for the further creation of the DTM and reference to support points.

The geodesic coordinates of ground control points are loaded as the initial data and the photographic centers are leveled to the external coordinate system in the Agisoft PhotoScan Professional program.

According to the results of processing, the data obtained, in their detail and accuracy, are not inferior to the traditional methods of creating a topographical basis for solving engineering problems. And modern data classification algorithms provide recognition of the surface of the earth, trees, buildings, structures and other technological objects.

Key words: Binding, remote sensing, photogrammetry, aerial photography, topographical survey, digital model, orthophotomap, coordinate system, processing, map, plan.

Для решения различных практических вопросов в горном деле, кадастра и землеустройства используются топографические планы и карты. Топографические карты масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 создаются, как правило, путем использования топографических съемок более крупного масштаба.

Согласно Инструкции по топографические съемки в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 съемки выполняются следующими методами:

- стереотопографическим;
- комбинированным аэрофототопографическим;
- мензольным;
- наземным фототопографическим (фототеодолитная съемка);
- тахеометрическим или теодолитным [1].

Наряду с вышеперечисленными методами создания топографических карт, появилась возможность использования аэрофототопографических снимков. Когда стоит задача получения данных топографической съемки небольшой территории за короткое время, материалы аэрофотосъемки с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) остаются востребованы.

Полученные материалы с БПЛА, обладают высокой информативностью за счет получения ортофотопланов местности при обработке и дают возможность получить качественную и количественную характеристику местности.

БПЛА осуществляют полет по заранее выбранному маршруту, на заданной местности в автоматическом и полуавтоматическом режиме, получая высококачественные изображения с привязкой к географическим координатам с установленного GPS- навигатора и определяет приблизительные координаты местоположения объектов на карте с погрешностью достигающих 5–20 метров в плане и по высоте. В статье описано исследование, целью которого является повышение точности планово-высотного обоснования топографической основы с применением БПЛА и привязкой к опорным точкам.

Исходные данные

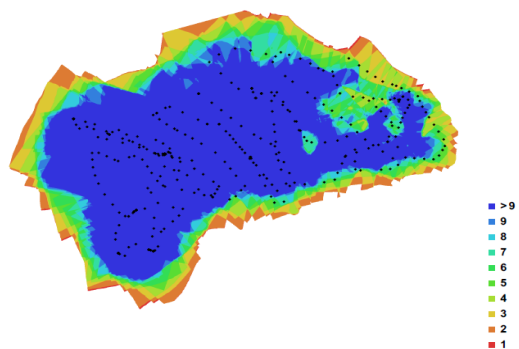


рис. 1. Позиция камер и перекрытие изображений

Для получения координат опорных пунктов выполнена съемка местности традиционным методом с использованием электронного тахеометра и аэрофотосъемка местности для дальнейшей привязки. Данные параметров аэрофотосъемки приведены в таблице №1. Полученные координаты центров фотографирования были импортированы в программное обеспечение Agisoft Photoscan pro., так же были импортированы координаты опознаков, для привязки к модели местности (рис.1).

Таблица №1 Параметры аэрофотосъемки

Всего изображений	363	Позиции съемки	362
Высота полета	108 м	Связующие точки	269765
Площадь покрытия	70Га	Проекции	1295739

Программа Agisoft PhotoScan Professional –используется для обработки трехмерных моделей поверхностей объектов съемки по фотоизображениям этих объектов. Генерация данных максимально автоматизирована что возлагает – на оператора лишь функции контроля и управления режимами работы программы.

Опорные точки



Рис. 2. Позиции опорных точек

Таким образом мы заменили навигационные координаты, определенные с GPS самого дрона, на координаты опознаков, что в последствии значительно уточнило координаты в процессе создания проекта для фотограмметрической обработки данных и построения цифровой модели местности. В результате получены данные опорных пунктов (рис.2), с точностью показанном в таблице №2.

Таблица №2. Ошибки при привязке аэрофотоснимков к каждой опорной точке

Название	Ошибка XY (м)	Ошибка Z (м)	Ошибка (м)	Проекции	Ошибка (пикс)
10	0.0546705	-0.0151079	0.0567196	19	0.259
2	0.0216717	-0.0183874	0.0284211	20	0.405
4	0.0344739	-0.0187616	0.0392485	33	0.245
5	0.0114504	-0.0040731	0.0121532	21	0.400
6	0.0238663	0.0077006	0.0250779	22	0.254
8	0.0449674	0.0149775	0.0473962	29	0.333
9	0.052572	0.00807176	0.0531881	21	0.347
t-1	0.0465929	0.0236445	0.052249	33	0.225
t-2	0.00666126	-0.000527215	0.0066821	17	0.210

При исследовании были получены данные координат центров фотографирования, при непрерывном полете беспилотного летательного аппарата по заданной траектории. Отклонения координат от опорных точек приведена в таблице №3.

Таблица №3. Отклонение координат с беспилотного летательного аппарата от опорных точек

Ошибка X (м)	Ошибка Y (м)	Ошибка XY (м)	Ошибка Z (м)	Общая ошибка (м)
3.68281	5.50231	6.62107	21.5545	22,5485

Опорные точки позволяют проводить трансформирование снимков и геодезическое ориентирование пространственных моделей местности. Геодезические координаты опорных точек можно получить с помощью геодезических измерений в поле.

Процесс опознавания на снимках точек местности и определение координат этих точек геодезическими методами называют привязкой аэрофотоснимков.

Если в результате привязки у каждой опорной точки определены все три геодезические координаты, то привязку называют планово-высотной, если только плановые координаты - плановой, если только высотная координата -- высотной.

Опознанные опорные точки закрепляют на местности кольями длиной 0,3...0,5 м и окапывают треугольником со сторонами 1,2...1,5 м. На снимках эти точки накапывают с погрешностью не более 0,1мм и обводят двумя красными концентрическими окружностями диаметром 8 и 10 мм. Каждой опорной точке присваивают номер.

Обработка производится в программе Agisoft PhotoScan Professional. В качестве исходных данных загружаются геодезические координаты центров фотографирования.

Процесс обработки начинается с переноса полученных данных аэросъемки на компьютер, затем в браузере открывается страница, где перенесенная информация съемки загружается для процесса обработки в автоматическом режиме. Полученные результаты могут быть рассмотрены в четырех разных режимах: 3D модель, 2D модель, нормализованный вегетационный индекс (Plant Health - NDVI), высота (Elevation).

Построение и привязка модели местности в программе Agisoft PhotoScan Professional состоит из трех важнейших этапов:

I этап - построение модели. Автоматическое определение общих точек на перекрывающихся снимках, восстановление проектирующих лучей, определение координат центров фотографирования и элементов взаимного ориентирования снимков, расчет параметров, описывающих оптическую систему. Все расчеты выполняются за одну операцию;

II этап - уравнивание модели. Привязка полученной модели к внешней системе координат и уравнивание всех параметров системы – координат центров фотографирования и наземных опорных точек, углов ориентирования снимков, параметров оптической системы с использованием параметрического метода уравнивания. В качестве весовых показателей для уравнивания выступают погрешности определения координат точек съемки, определения координат точек наземной опорной сети, дешифрирования и маркирования опорных точек на снимках;

III этап - построение полигональной модели. Заключается в триангуляции только общих точек, полученных на I этапе и более достоверные способы обработки при определении пространственного положения для каждого пиксела изображения (в зависимости от заданной степени детализации обрабатывается каждый первый, каждый четвертый, каждый шестнадцатый, и т. д. – всего пять возможных уровней).

Затем полученная модель используется для генерации ортофотопланов и матриц высот.

Процесс работы с программой выглядит следующим образом:

Загрузка и обработка фотоснимков;

1. Выбор системы координат и загрузка данных привязки центров фотографирования;
2. Формирование точечной модели поверхности Земли;
3. При наличии наземной опорной сети – установка отметок опорных точек на фотоснимках и загрузка координат точек опорной сети;
4. Уравнивание параметров привязки;
5. Генерация полигональной модели поверхности Земли;
6. Экспорт данных – ортофотоплан, матрица высот.

Во время работы сохраняются промежуточные анализы расчетов в файле проекта.

Формируются пакетные задания на обработку. После загрузки исходных снимков, сразу указываются параметры для каждого из этапов, и программа самостоятельно прodelывает весь цикл обработки.

В графическом интерфейсе программы осуществляются базовые измерения на полученной модели — измерение расстояния, площадь поверхности и объем модели [5].

В результате вышеуказанных вычислений, были получены координаты цифровой модели местности из данных аэрофотоснимков, с привязкой к опорным точкам с точностью указанной в таблице №4.

Таблица №4. Точность после привязки аэроснимка к геодезическим пунктам

Название	Ошибка XY (м)	Ошибка Z (м)	Общая ошибка (м)
Общая	0.0370418	0.0143102	0.0397099

Выводы. В результате проведенных работ была отработана технология цифровой аэрофотосъемки местности с применением дрона DJI Phantom 3 Pro с GPS приемником, позволяющим определять координаты центров фотографирования с невысокой точностью, результаты которой можно посмотреть в табл. №3, а дальнейшая фотограмметрическая обработка данных с привязкой к опорным точкам с известными координатами позволяет превратить результаты обработки аэрофотоснимки в высокоточную и детальную трехмерную модель местности. Результаты обработки фотоснимков после привязки к геодезическим пунктам с известными координатами, представлены в табл. № 4.

Полученное облако точек по своей детальности и точности не уступает традиционным методам создания топографической основы, для решения инженерных задач, а современные алгоритмы классификации данных обеспечивают распознавание поверхности земли, деревьев, зданий, сооружения и других технологических объектов.

Применение описанной выше технологии позволяет получать данные для построения топографических планов застроенной территории вплоть до масштаба 1:500 и имеет следующие преимущества:

- Низкая стоимость;
- Легкость перевозки и простота управления дроном;
- Оперативность получения информации;
- Минимальное привлечение труда оператора, сокращение объемов полевых работ;
- Детальность данных.

Библиографический список:

1. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / ГУГК.- М.: Недра, 1985.- 152 с.
2. Булавицкий В.Ф. Применение беспилотных летательных аппаратов для оперативного получения аэроснимков местности. — Хабаровск, 2013.
3. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Москва, ЦНИИГАиК, 2002.

4. <http://www.gisinfo.ru/techno/photoscan.htm/>
5. Исаев Б.А., Дуйшонбек кызы Г., Умаров Т.С. «Внедрение в учебный процесс беспилотного летательного аппарата (БПЛА) DJI квадрокоптера phantom 3 professional и программного обеспечения Agisoft photoscan professional» Теоретический и прикладной научно-технический журнал «Известия» №3(47), Бишкек 2018г., с. 486-492.

Bibliography:

1. Instructions for topographical survey on a scale of 1: 5000, 1: 2000, 1: 1000, 1: 500 / GUGK.- М.: Nedra, 1985.- 152 p.
2. Bulavitsky V.F. The use of unmanned aerial vehicles for the rapid receipt of aerial photographs of the area. - Khabarovsk, 2013.
3. Instructions for photogrammetric work in the creation of digital topographic maps and plans for the SCINP (GNT) -02-036-02. Moscow, TsNIIGAIK, 2002
4. <http://www.gisinfo.ru/techno/photoscan.htm/>
5. Isaev BA, Duyshonbek Kyzy G., Umarov TS “Introduction to the learning process of an unmanned aerial vehicle (UAV) DJI quadcopter phantom 3 professional and Agisoft photoscan professional software” Theoretical and applied scientific and technical journal “Izvestia” No. 3 (47), Bishkek 2018, p. 486-492

УДК 330.341

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИННОВАЦИОННОГО ИНДЕКСА КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ПО ДАННЫМ ГИ 2018

Оморов Роман Оморович, д.т.н., проф., член-корр. НАН КР, г.н.с. Института физики им.акад. Ж. Жеенбаева НАН КР, 720071, г.Бишкек, пр. Чуй, 265а, e-mail: romano_ip@list.ru
Роман Нурбек, соискатель Кыргызского экономического университета им. М. Рыскулбекова, г. Бишкек, e-mail: trueman1331@gmail.com

ГИ 2018 МААЛЫМАТТАРЫ БОЮНЧА КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ИННОВАЦИЯЛЫК ИНДЕКСИНИН КӨРСӨТКҮЧТӨРҮНҮН АНАЛИЗИ

Аннотация: В работе рассмотрены показатели инновационного индекса Кыргызской Республики, представленные в исследованиях Глобального инновационного индекса ГИ 2018. Одним из рычагов стабилизации и развития экономики Кыргызской Республики является активизация инновационной деятельности с широким использованием интеллектуальной собственности. В современных условиях все более значимым источником экономического развития стран мира становятся инновации и прежде всего инновации, основанные на охраняемой законодательством интеллектуальной собственности. Основным конкурентным преимуществом экономик стран являются инновации, основанные на правах на объекты интеллектуальной собственности, которыми владеют фирмы, компании, корпорации, любые юридические и физические лица этих стран. Торговлей патентами и лицензиями на интеллектуальную собственность можно в идеале получить значительный доход для компаний, фирм и бюджета страны. В настоящее время экспертами инновационной деятельности высокого уровня ведутся интенсивные исследования глобального инновационного развития в мире, которые организованы и координируются совместно тремя авторитетными организациями и институтами – Всемирной организацией интеллектуальной собственности, Мировой школой бизнеса и Корнельским университетом. Эти организации ежегодно издают результаты исследований в виде книг под названием «Глобальный инновационный индекс» на английском языке. В статье проведен анализ показателей инновационного индекса Кыргызской Республики по данным ГИ 2018, а также

рассматриваются сравнительные характеристики показателей глобального инновационного индекса ряда стран мира, включая страны СНГ. Проанализированы сильные и слабые показатели инновационного индекса Кыргызской Республики, по результатам этих исследований предложены рекомендации по улучшению инновационных показателей страны, которые будут способствовать социально-экономическому развитию страны.

Ключевые слова: Инновация, инновационный индекс, показатели инновационного индекса, группа доходности страны, рыночные условия, преимущества бизнеса, человеческий капитал, интеллектуальная собственность, институциональные показатели, удельные расходы.

ANALIZ OF INDICATORS INNOVATIVE INDEX OF THE KYRGYZ REPUBLIC IN DATA OF GII 2018

Omorov Roman, Doctor of Engineering , Chief Researcher the Instiute of Physics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, 720071, Kyrgyzstan, Bishkek, Chui av., 265a, e-mail: romano_ip@list.ru

Roman Nurbek, applicant of the Kyrgyz economic university of M. Ryskulbekov, Bishkek, e-mail: truman1331@googlemail.com

Abstract: In this article the indicators of the innovative index of the Kyrgyz Republic presented in researches of the Global innovative GII 2018 index are considered. One of the levers, for stabilization and development of economy of the Kyrgyz Republic is activation in every possible way innovative activity in the country with wide use of intellectual property. In modern conditions innovations and first of all the innovations based on the intellectual property protected by the legislation become more and more significant source of economic development of the countries of the world. The main competitive advantage of economies of the countries are the innovations based on the rights for intellectual property items which are owned by firms, the companies, corporations, any legal entities and individuals of these countries. Trade in patents and licenses for intellectual property it is possible to gain ideally meaningful income for the companies, firms and the budget of the country. In recent years experts of innovative activity of high level conduct intensive researches of global innovative development in the world which are organized and coordinated in common by three authoritative organizations and institutes – the World Intellectual Property Organization (WIPO), World business school (INSEAD) and Cornell University (JONSON). These organizations annually publish results of researches in the form of books under the name the Global innovative index (GII). In this article the analysis of indicators of the innovative index of the Kyrgyz Republic according to GII 2018 is carried out and also comparative characteristics of indicators of GII of the countries of the world, including the CIS are considered. Strong and weak indicators of the innovative index of the Kyrgyz Republic are analysed, by results of these researches recommendations about improvement of innovative indicators of the country which will contribute to the social and economic development of the country are offered.

Keywords: Innovation, innovative index, indicators of innovative index, group of income of the country, market conditions, bussiness benefits, human capital, intellectual property, institutions indicators, specific expenditure.

Введение. В настоящее время в развитии Кыргызской Республики одним из рычагов стабилизации и подъема экономики является активизация инновационной деятельности с использованием интеллектуальной собственности (далее – ИС) [1-7]. В процессе развития современного общества все более значимым источником экономического развития стран мира становятся инновации и прежде всего, инновации, основанные на охраняемой

законодательством ИС. Постиндустриальная экономика породила новый вид товара – уникальные результаты интеллектуальной деятельности. Появился новый рынок – рынок прорывных инновационных технологий и лицензий на эти технологии. Этот товар попадает на рынок либо в виде зарегистрированного объекта авторского права и смежных прав, либо в виде объекта патентного права или промышленной собственности, либо в виде других нетрадиционных объектов интеллектуальной собственности. Возрастает доля торговли правами на объекты ИС в общей совокупности международного товарооборота. В период 1990–2010 гг. мировая торговля лицензиями на право использования промышленной собственности увеличивалась ежегодно более чем на 12 % в среднем.

В мире наблюдается положительная динамика роста индустрии ИС, которая опережает темпы роста мировой экономики. Так например, средняя годовая динамика роста общемирового количества выданных патентов на изобретения в период 1990–2010 гг. составляет более 4 %, а по процедуре Международного договора о патентной кооперации (далее – РСТ) ежегодный рост более 10 % и в 2017 г. достиг 243 500 заявок на изобретения РСТ.

Возрастание количественных показателей объектов интеллектуальной собственности способствует увеличению стоимости ИС в хозяйственном обороте. Увеличение стоимости объясняется тем, что совокупность зарегистрированных объектов ИС становится базовым элементом инновационной экономики. Инфраструктура охраны результатов интеллектуальной деятельности, которые представлены документальными свидетельствами на результаты интеллектуальной деятельности, предоставляют возможность производителю высокотехнологичной продукции защитить собственный инновационный продукт от недобросовестной конкуренции, обеспечивая таким образом возможность выстраивать коммерческие трансакции по передаче прав на ИС с получением материальной выгоды, позволяя хозяйствующим субъектам становится более конкурентными в определенных сегментах рынка.

В развитых странах доходы от использования и продажи прав на зарегистрированные объекты интеллектуальной собственности составляют существенную часть национального дохода. Различные оценки экспертов говорят, что доля высокотехнологичной продукции в общем экспорте произведенной продукции за последние годы составляет в США, Великобритании, Франции и Японии более 20 %, а в Республике Корея более 30 %. При этом доля стоимости объектов интеллектуальной собственности в ежегодном приросте валового внутреннего продукта (далее – ВВП) во многих развитых странах, а в частности в вышеперечисленных странах, достигает 80 %. Зарегистрированные и охраняемые государством объекты ИС, как локомотив инновационных процессов общества, играют важнейшую роль в развитии наукоемкой экономики, снижении трудоемкости и как следствие – повышении производительности труда, энергосбережении и обеспечении экологической безопасности.

В условиях рыночной экономики Кыргызская Республика как член Всемирной торговой организации находится в высококонкурентной среде общества постиндустриальной формации. Основным конкурентным преимуществом экономик стран в современных условиях являются инновационный и прорывные технологии, базирующиеся на защищенных государством правах на объекты ИС, которыми владеют компании, фирмы, частные и государственные корпорации, отдельные юридические и физические лица этих стран.

Не удивительно, что по данным Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) [2] юридические и физические лица развитых стран и некоторых развивающихся стран придают решающее значение и международной защите результатов интеллектуальной деятельности (патентованию). Так, например, по итогам 2017 г. по РСТ в мире подано 243 500 заявок на изобретения, что на 4,5 % больше по сравнению с предыдущим 2016 г. В 2017 г. подано следующее количество заявок по данным [8] (табл. 1).

Прирост количества заявок на изобретения в 2017 г.

Страна	Кол-во заявок	Прирост, %
США	56 624	+0,1
Китайская Народная Республика	48 882	+13,4
Япония	48 208	+6,6
Федеративная республика	18 982	+3,7
Германия		
Республика Корея	15 763	+1,3
Российская Федерация	1 097	+22
Республика Казахстан	24	+26,3
Республика Узбекистан	4	+100
Кыргызская Республика	0	0
Республика Таджикистан	0	0
Туркменистан	0	0

По сравнению с 2016 г. наибольший прирост количества заявок на изобретения отмечается у Китайской Народной Республики и Японии – 13,4 % и 6,6 %, соответственно. Следует отметить минимальный относительный рост на 0,1 % у США. Согласно данным таблицы 1 можно заявить, что все развитые страны и передовые развивающиеся страны (включая КНР и республику Корея) придают важное значение международному патентованию изобретений. Такое внимание обусловлено именно конкурентными стратегиями компаний и фирм этих стран, которые правомерно полагают, что в современных условиях эта стратегия обеспечит им завоевание новых высокоприбыльных рынков в мире.

Для повышения уровня инновационности экономики Кыргызской Республики возникает настоятельная необходимость усиления роли и значения системы защиты ИС страны, в особенности в вопросах международного (РСТ) или зарубежного патентования через региональные системы Евразийской патентной организации. При этом торговлей патентами и лицензиями на интеллектуальную собственность можно в идеале получить существенное увеличение доходов как для частных компаний и фирм, так и для бюджета страны в целом. Дополнительные доходы в бюджет страны можно получить и непосредственно торговлей самими экспортоспособными объектами авторских и смежных прав. Также необходимо усилить внутреннее патентование и защиту объектов интеллектуальной собственности юридических и физических лиц страны.

Одной из ключевых проблем при различных операциях с активами юридических лиц являются проблемы оценки ИС и включения нематериальных активов в суммарную стоимость активов этих лиц. Правильный учет таких нематериальных активов фирм и компаний позволит увеличить их балансовые стоимости. Например, заявленная стоимость нематериальных активов корпораций Google, Microsoft и др. составляет более 90 % от общей суммы их активов.

В последние годы экспертами инновационной деятельности под эгидой ВОИС, Мировой школы бизнеса (INSEAD) и Корнельского университета (JONSON) ведутся исследования инновационного развития в мире, по результатам которых ежегодно издаются книги под названием Глобальный инновационный индекс на английском языке (The Global Innovation Index, GII) [8, 9].

В данной работе авторы продолжают исследования, проведенные ранее [7], и анализируют показатели инновационного индекса Кыргызской Республики по данным ГИ 2018, а также рассматривает сравнительные характеристики показателей ГИ ряда стран мира, включая СНГ. По результатам исследования предложены рекомендации по улучшению инновационных показателей Кыргызской Республики, которые будут способствовать социально-экономическому развитию страны.

Основные показатели ГИ. В исследованиях ГИ 2018 г. рассмотрены 126 стран по 108 показателям. Существуют 4 группы стран по их величине доходов: страны с высокими доходами – HI; страны со высоко-средними доходами – UM; страны с низко-средними доходами – LM; страны с низкими доходами – LI.

В ГИ 2018 г. первые 10 стран рейтинга это следующие – Швейцария, Нидерланды, Швеция, Великобритания, Сингапур, США, Финляндия, Дания, Германия и Ирландия, которые, конечно же, относятся к странам группы HI. Необходимо отметить, что Швейцария многие годы в рейтинге ГИ занимает первые места, а Сингапур, как правило, входит в топ-5 в этом рейтинге, также следует подчеркнуть, что первая десятка или Топ-10 по составу из года в год почти не меняется. Наибольший прогресс в рейтинге ГИ 2018 принадлежит Нидерландам, которые сделали скачок на 7 позиций вверх с 9 места в ГИ 2016, на 2 место в рейтинге. В группе HI всего 47 стран, UM – 34, LM – 30, а в группе LI-15 стран.

В ГИ 2018 [9] страны СНГ и Грузия обладают рейтингами, представленными в таблице 2, при этом Республики Узбекистан и Туркменистан в исследованиях ГИ за 2018 г. не представлены. По рейтингу ГИ за 2015 г. Республика Узбекистан занимает 127 место из 141 страны мира и относится к группе LM. Данных по Туркменистану в исследованиях ГИ не имеется, но следует ожидать, что Туркменистан относится к группе стран UM.

Таблица 2.

Рейтинг ГИ 2018 г. и классификация по годовому доходу (ВВП) на душу населения по паритету покупательской способности (PPP \$)

Страна	Рейтинг	Группа	Доход, долл. США
Таджикистан	101	LM	3 212,0
Кыргызстан	94	LM	3 667,5
Беларусь	86	UM	18 930,8
Азербайджан	82	UM	17 492,4
Казахстан	74	UM	26 252,1
Армения	68	LM	9455,9
Грузия	59	LM	10 747,1
Республика Молдова	48	LM	5 660,7
Российская Федерация	46	UM	27 834,1
Украина	43	LM	8 713,0
Узбекистан	нет данных	LM (ожидается)	нет данных
Туркменистан	нет данных	UM (ожидается)	нет данных

Из стран СНГ и Грузии ни одна из них не относится к группе HI; группе UM относят: Россию, Казахстан, Азербайджан, Беларусь, возможно, Туркменистан; группе LM относят: Грузию, Армению, Кыргызстан, Республику Молдова, Таджикистан, Узбекистан, Украину; в группе LI стран СНГ нет. При этом номинальные значения годовых доходов на душу населения отличаются от приведенных выше паритетных по покупательской способности в среднем в три раза, например, по данным ГИ 2016, минимальная кратность для Армении в 2,4 раза, а максимальная кратность для Украины в 3,72 раза. Для Кыргызстана эта кратность составляет 2,96 раза. Рассматриваемые группы показателей: 1) институциональные (10 показателей); 2) человеческий капитал и исследования (15); 3) инфраструктура (13); 4)

рыночные условия (12); 5) преимущества бизнеса (18); 6) производство знаний и технологий (17); 7) творческое производство (16).

Анализ показателей инновационного индекса Кыргызской Республики и предложения по улучшению ряда показателей индекса. Рассмотрим сильные и слабые стороны инновационного развития Кыргызской Республики по данным ГИ 2018.

По группе «институциональные показатели» к сильным показателям отнесен показатель легкости начинания бизнеса (26 место из 126 мест). Этот показатель очевидно следует стабилизировать и в дальнейшем. А к слабым показателям отнесен показатель качества законодательства в целом, по которому подсчитано 119 место, т. е. одно из последних мест в рейтинге. Также следовало отнести к слабым показателям и показатели политической среды в целом, и эффективности правительства, которые получили соответственно 114 и 118 места. Следовательно, необходимо улучшать законодательство, в особенности правоприменительную практику, где, например, наиболее заметны изъяны законодательства в области интеллектуальной собственности [6], а также стабильность и компетентность политических государственных структур и их кадрового потенциала.

По разделу «Человеческий капитал и исследования» к сильным показателям отнесены показатели образования в целом и затрат на образование, где страна оценена соответственно на 23 и 22 места, что, конечно, является положительным моментом в развитии Кыргызской Республики, и эту позицию необходимо и далее поддерживать. В то же время к слабым показателям этой группы отнесены показатели рейтинга вузов и науки, которые получили соответственно 78 и 107 места, а показатель финансирования науки и исследований – 102 место. Таким образом, Кыргызская Республика, имея высокие результаты по показателям образования, обладает худшими показателями в организации и финансировании науки, хотя очевидно, что образование и наука – тесно связанные сферы развития любой страны. Поэтому необходимо предложить соответствующим структурам государственной власти обратить внимание на комплексное рассмотрение вопросов организации и финансирования сфер образования и науки, с тем чтобы рационально оптимизировать соотношение этих сфер развития страны. Так, по данным ГИ 2018, например, соотношение финансирования этих сфер, составляет для развитых стран, входящих в топ-20 в пределах от 24,5 % до 86,1 %, а для стран СНГ от 1,67 % до 28,95 %. При этом минимальное или наихудшее значение этого соотношения, равное 1,67 %, оказалось к сожалению, именно у Кыргызской Республики, максимальное или наилучшее значение среди стран СНГ – у Российской Федерации, равное 28,95 %, а среди всех стран максимальное значение у Японии равное 86,1 %.

Если рассмотреть суммарный показатель финансирования образования и науки вместе в % от ВВП, то в этом случае имеем следующие показатели: максимальная величина среди стран топ-20 характерна Швеции у которой она равна 11 %, а минимальная Сингапuru 5,1 %, а среди стран СНГ максимальная величина принадлежит Республике Молдова и равна 7,0 %, минимальная Армении – 3,0 % от ВВП. При этом следует отметить, что максимальные финансирования науки по ГИ 2018, равное 4,3 % и 4,2 % от ВВП соответственно у Израиля и Республики Корея. А минимальное финансирование науки среди стран СНГ у Кыргызстана и Таджикистана, которое составляет 0,1 % от ВВП и соответственно имеет рейтинг 102 и 103 места.

Раздел «Человеческий капитал и исследования» является весьма важным, особенно для развивающихся стран, поскольку перспектива развития стран, прежде всего, определяется индикаторами этого раздела, которые имеют мультипликативный эффект воздействия на другие разделы. Поэтому предлагается для лучшего развития страны изменить соотношение финансирования образования и науки в Кыргызской Республике в сторону увеличения финансирования науки, например, оставив финансирование образования на прежнем уровне 6,0 % от ВВП, увеличить финансирование науки до 0,2 % от ВВП, т. е. повысить в 2 раза, тем самым соотношение довести этих показателей до 3,3 %, а в дальнейшем постепенно до 5,0 %.

Такие соотношения вполне достижимы и позволят развить страну и улучшить качество человеческого капитала.

Группа показателей «Инфраструктуры» имеет только один сильный показатель – капитальное строительство, который равен 33,9 % от ВВП и занимает 13 место в рейтинге. Неплохой показатель по энергообеспеченности, а именно 75 место и в абсолютных величинах 2,1862 тыс. квт/ч на душу населения. Слабые показатели: работа логистики – 122 место; ВВП на единицу используемой энергии – 107 место; очень слабый показатель ISO 14001 экологических свидетельств на млрд ВВП, PPP\$ – 124 место. Для улучшения показателей этой группы необходимо усилить работу по стандартам ISO и логистике, а также по энергоэффективности.

Сильными показателями группы «Рыночные условия» являются: кредитные условия в целом – 28 место; легкость получения кредита – 26 место; микрофинансовые кредиты в % от ВВП – 4,2% и 10 место. К слабым показателям относятся: рыночная капитализация – 2,3 % ВВП и 85 место; торговля, конкурентность и масштаб рынка – 107 место; интенсивность внутренней конкуренции – 115 м.; масштаб внутреннего рынка – 22,6 млрд по паритету покупательской способности (далее – ППС) и 119 место. Над улучшением слабых показателей должны усилить работу антимонопольные и финансовые органы страны.

По разделу «Преимущества бизнеса» сильными показателями являются: фирмы, предлагающие обучение (их % от общего количества фирм) – 6 место; FDI чистые притоки (инвестиции) – 9,6 % ВВП и 14 место. К слабым показателям относятся: научное сотрудничество университетов и промышленности (связь науки и бизнеса) – 117 место; государственное развитие кластеров – 116 место. Таким образом, по этой группе показателей государственную политику необходимо направить на улучшение связи науки и производства, а также развитию кластеров за счет инвестиций.

По разделу «Производство знаний и технологий» сильными показателями являются: уровень патентования промышленной собственности на млрд ВВП, по ППС – 4,2 ед. и 29 место; темпы роста ВВП по ППС на количество работающих – 2,7 % и 22 место; экспорт ИКТ услуг, к общей торговле в % – 3,0 % и 35 место; чистые оттоки средств FDI, ВВП, % – 1,4 % и 44 место. К слабым показателям относятся следующие: цитируемость публикаций, Н (Хирша) индекс – 121 место; сертификаты качества ISO 9001 на млрд ВВП по ППС – 124 место; производства средней и высокой технологии – 94 место. На наш взгляд, необходимо обратить внимание на развитие науки, издательского дела в области науки и работе по стандартам ISO.

По последнему разделу показателей ГИ 2018 «Творческое производство» сильных показателей рейтинга не оказалось, а к слабым показателям относятся следующие показатели подраздела нематериальные активы: нематериальные активы в целом – 118 место; ИКТ и создание бизнес моделей – 118 место; ИКТ и создание организационных моделей – 116 место. Для улучшения показателей этого раздела необходимо усилить работу по информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ) и нематериальным активам, т. е. обратить надлежащее внимание государственным финансово-экономическим структурам на внесение интеллектуальной собственности в качестве нематериальных активов предприятий и организаций, для которого совершенствовать соответствующее законодательство в этой области.

В заключение приведем некоторые данные по Кыргызской Республике по показателям ГИ 2018:

- годовой доход на душу населения по паритету покупательской способности – 3 667,5 долл. США (группа LM);
- годовой ВВП, PPP\$ – 22,6 млрд долл. США;
- глобальный инновационный индекс – 94 место из 126 мест.

Список литературы

1. Блинников В.И., Дубровская В.В., Сергиевский В.В. Патент: от идеи до прибыли. - М.: Мир, 2002. – 333 с.
2. Введение в интеллектуальную собственность. – Женева: ВОИС, 1998. – 652 с.
3. Гарри Ф. Речь по случаю вступления в должность Генерального директора 22 сентября 2008. - Женева: ВОИС, 24/09/2008. – 5 с. Режим доступа: http://www.wipo.int/pressroom/ru/articles/2008/article_0045.html (дата обращения 10.10.2018).
4. Идрис К. Интеллектуальная собственность – мощный инструмент экономического роста / Пер. с англ. - М.: Роспатент. – 450 с.
5. Мухопад В.И. Интеллектуальная собственность в мировой экономике знаний. - М.: РГИИС, 2009. – 256 с.
6. Оморов Р.О., Роман А. Введение в интеллектуальную собственность в Кыргызской Республике. Изд. 2-е. - Бишкек: Илим, 2016. – 388 с.
7. Оморов Р.О., Роман Н. Интеллектуальная собственность в условиях четвертой промышленной революции и показатели инновационного индекса Кыргызской Республики по данным ГИ // Изв. КГТУ им. И. Раззакова. 2017. № 4 (44). - С. 371–377.
8. Отчет РСТ: Yearly Review. 2018. – Geneva: WIPO, 2018. – 98 p.
9. Global Innovation Index. 2018. – Geneva: WIPO, 2018. – 430 p.

УДК 378.147

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И МОДУЛЕЙ ПРОГРАММЫ КОМПЬЮТЕРНОГО
ТЕСТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ

Хренов Сергей Петрович, магистрант гр.ИВТм-1-17, Институт горного дела и горных технологий им.академика У.Асаналиева, Кыргызстан, 720046, г.Бишкек м/р Достук 5/3, e-mail: brink6996@bk.ru

Кабаева Г.Дж., научный руководитель, д.ф-м.н., профессор, Институт горного дела и горных технологий им.академика У.Асаналиева, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек пр.Ч.Айтматова 66, e-mail: kabgd@mail.ru

Аннотация. В настоящей работе приведено описание недостатков и достоинств компьютерного тестирования знаний студентов, а также приведена разработанная автоматизированная система с мульти-дисциплинарной базой данных для тестирования знаний студентов, алгоритм прохождения тестирования студентов.

Ключевые слова: Тестирование, тест, программы, оценка знаний, сравнение, качество знаний, учебные дисциплины, система оценки.

THE SYSTEM OF ESTIMATION OF KNOWLEDGE OF STUDENTS WITH
MULTIDISCIPLINARY BASE

Khrenov Sergey Petrovich, 2nd year master's student: Mining University named after U.Asanaliyev in Bishkek, 720046, Kyrgyzstan/Bishkek/District „Dostuk“ 5/3, e-mail: brink6996@bk.ru.

Kabaeva G. Dzh., Scientific director, Professor of The Institute of Mining and Mountain Technologies, named after academician U. Asanaliyev of KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyz Republic, Bishkek city, 720044, Bishkek, Ch.Aitmatov Ave. 66, e-mail: kabgd@mail.ru

The purpose of the article: This paper describes the shortcomings and quality of computer testing of students' knowledge, as well as the development of an automated system with a multi-disciplinary database for testing students' knowledge.

Key words: Testing, test, programs, assessment of knowledge, comparison, quality of knowledge, academic disciplines, assessment system.

Введение. В условиях развития средств коммуникации и информационных технологий для оптимизации образовательного процесса, создание и эффективное использование информационно-образовательной среды на основе ИКТ является актуальным. В настоящее время получили большое распространение программы для электронного тестирования студентов и школьников. Такие технологии являются наиболее удобными для преподавателя, поскольку, данный подход позволяет не только сэкономить время, а главное, критерии оценивания являются самыми объективными, так как машина не способна умышленно завышать, или занижать баллы. Если сравнить процедуру проведения бланчного тестирования с компьютерным, то очевидно, что компьютерное тестирование более эффективно. Следовательно, разработка системы компьютерного тестирования знаний, является актуальной задачей, которое позволяет уменьшить затраты как финансовые, так и трудовые возлагаемые на преподавателя. Ещё одной особенностью такого программного обеспечения является то, что оно изначально может быть ориентировано на конкретную дисциплину, или быть универсальным (для любой дисциплины) [1].

Основные преимущества программ для тестирования:

1) *Высокая скорость и универсальность.* Можно за короткое время проверить знания большого количества студентов и материала. Благодаря тестам можно сделать задания по отдельным тестам, разместить их в разброс или по порядку, с одним ответом или несколькими и т.д

2) *Объективность и точность.* Тесты помогают убрать человеческий фактор, а именно личное отношение к студенту. А заданная шкала оценивания тестов делает тестирование «прозрачным» для всех участников.

3) *Автоматизация.* Тут все говорит само за себя, не нужно тратить большое количество времени на проверку, например, группы студентов, так как тест проверит ЭВМ.

Тестирование имеет и ряд недостатков:

1) *Долго и трудозатратно.* Это касается в частности банка данных. Так как для того, чтобы оценить знания студента, необходимо: 2 варианта теста (простой и сложный), количество тем (например: 10), 20 вариантов вопросов и минимум 4 варианта ответов. Итого получается: $1(\text{тест}) * 2(\text{варианта}) * 10(\text{тем}) * 20(\text{вопросов}) = 400$ вопросов и 1600 ответов, и это только на один предмет.

2) *Случайность и угадывание.* Что бы избежать угадывания ответов, необходимо делать варианты с максимально похожими формулировками, а так же стараться делать тесты, не с одним правильным ответом, а с несколькими

3) *Трудность с повторным применением теста.* Трудность в том, что у студента появляется возможность заучить варианты ответов, но это решается хаотичностью вопросов и вариантов к ним.

Цель работы и постановка задачи. Целью работы является разработка системы компьютерного тестирования с мультidisциплинарной базой данных. Для реализации поставленной цели следует решить следующие задачи: 1) разработка структуры и алгоритмов, 2) компонентов и модулей системы компьютерного тестирования знаний студентов, 3) разработка мультidisциплинарной базы данных.

Описание работы. Выбор инструментальных программных средств и технологий при создании программы тестирования знаний студентов осуществляется с учетом основных критериев, а именно возможностью использования тестирующей программы на компьютерах с различными аппаратными конфигурациями; простотой установки и низкой зависимостью к ресурсам компьютера, стоимостью программных средств, которые предназначены для создания системы тестирования знаний. А также решение задачи

разработки информационной системы с мульти-дисциплинарной базой данных для тестирования знаний студентов, приводит к необходимости проведения обзора существующих программ, поскольку нужно было иметь какое-то представление о возможностях и недостатках набора функций, входящих в такие системы. В процессе разработки пришлось перейти с десктопных языков программирования на web-языки, так как для прохождения онлайн тестирования, учащийся не обязан быть привязанным к месту прохождения. Выбран был язык php, так как он больше всего распространён в интернете и проблем с развертывание сайта на виртуальных серверах не возникнет. За разметку отвечает язык гипертекстовой разметки HTML5. Графическую составляющую на себя взял CSS3, а так же фреймворк Bootstrap.



Была разработана автоматизированная информационная система с мульти-дисциплинарной базой данных для тестирования знаний студентов по алгоритму представленном на рис.1.

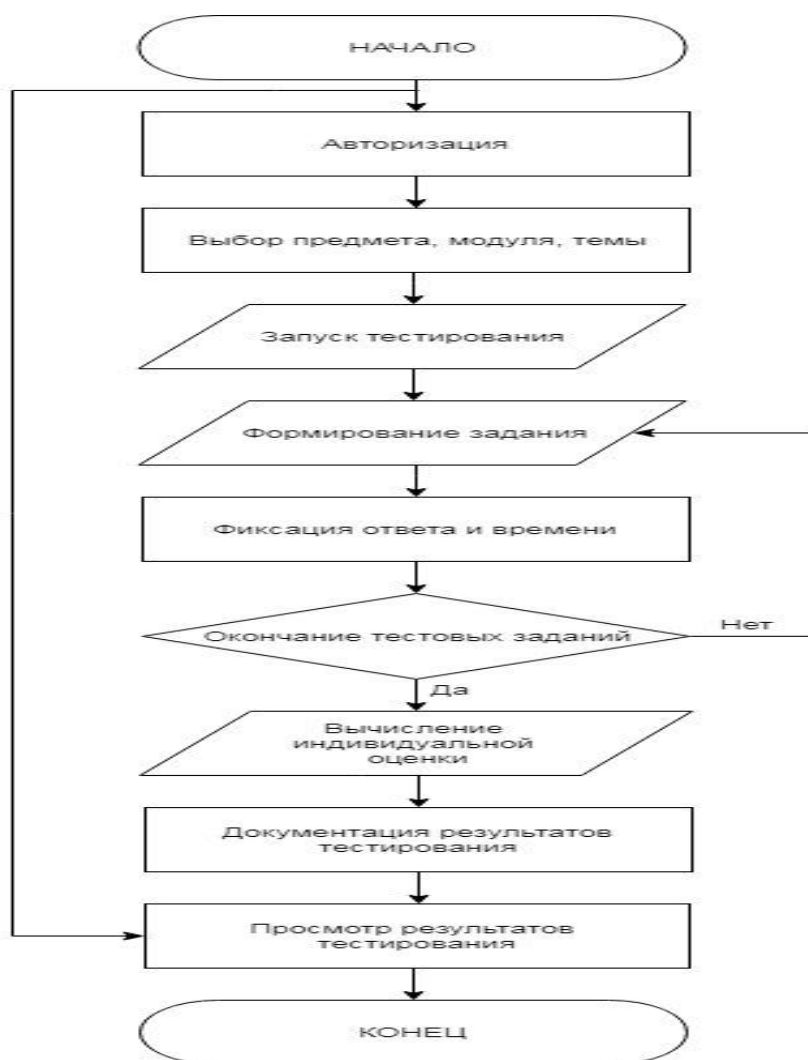


Рис. 1. Алгоритм выполнения тестирования.

Для хранения тестовых заданий была создана базы данных, для разработки которой была выбрана сборка OpenServer, содержащая систему управления базами данных MySQL. Структура базы данных на уровне атрибутов представлено на рис.2.

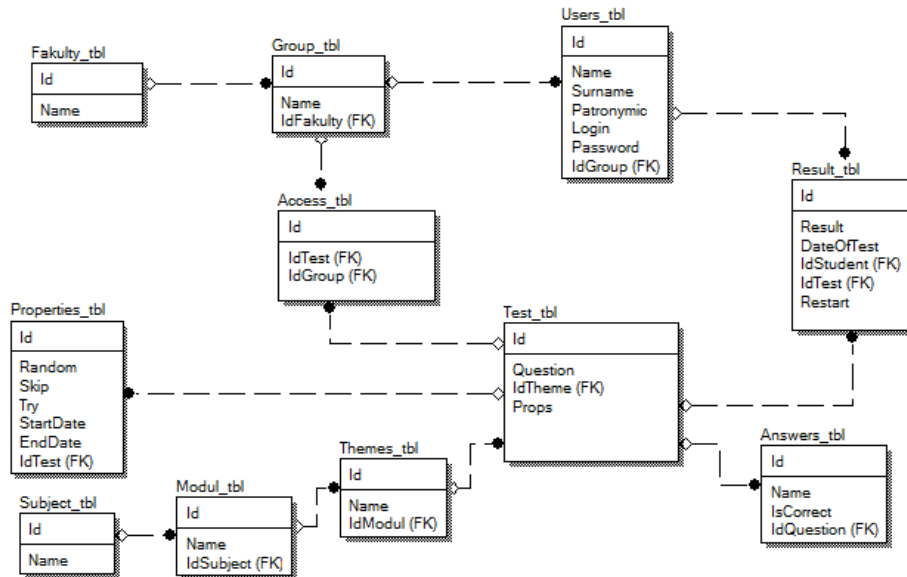


Рис.2. Структура базы данных.

Работа с программой начинается с регистрации, регистрация всех пользователей производится преподавателем. У преподавателя есть возможность добавлять удалять и редактировать учетные записи пользователей системы, назначать права пользователю, преобразовывать внешний вид сайта. Описание бизнес процессов на диаграмме URL представлено на рис.3.

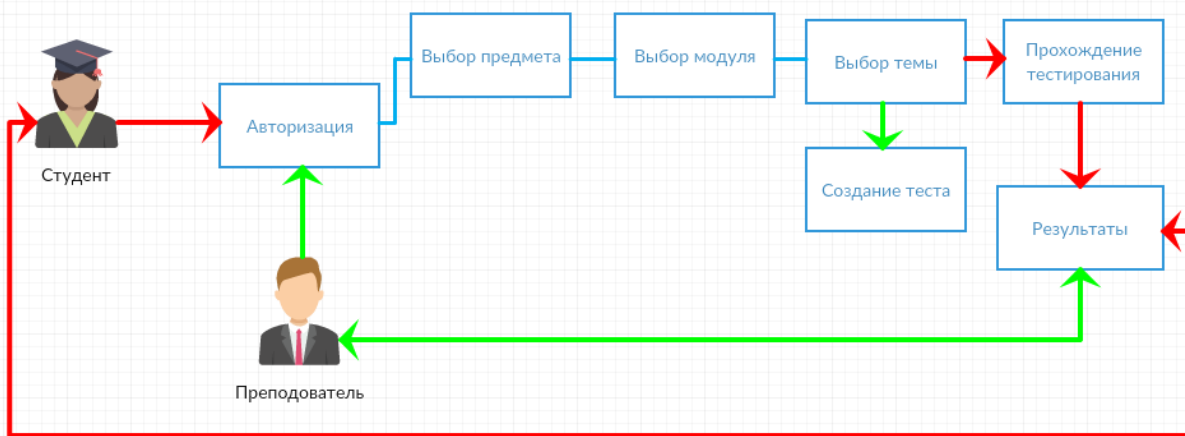


Рис.3. Диаграмма URL.

Удобный интерфейс данной системы позволяет упростить как проведение тестирования, так и последующую обработку его результатов. При входе в систему открывается главная страница системы тестирования знаний, где студенты вписывает свое имя рис.3.

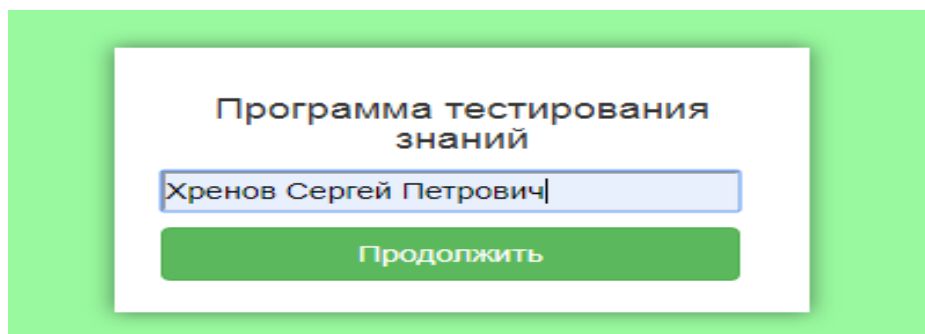


Рис. 3. Главная страница сайта. Авторизация.

Введенные данные сравниваются с данными из базы, и на основе сравнения совершается переход в тестовую часть, где студенты выбирает тест рис.4.

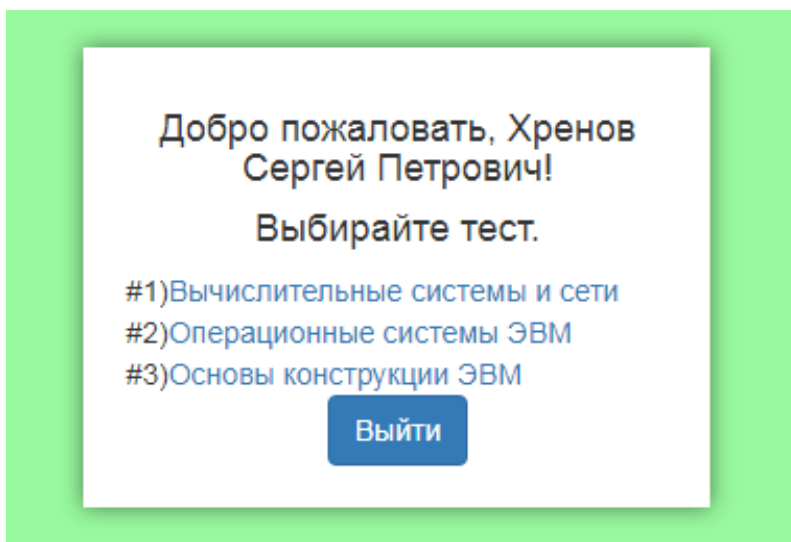


Рис.4. Выбор теста.

Исходя из выбранного теста, формируется список вопросов с различным порядком вариантов ответов. Окно тестирования представлены на рис.5.

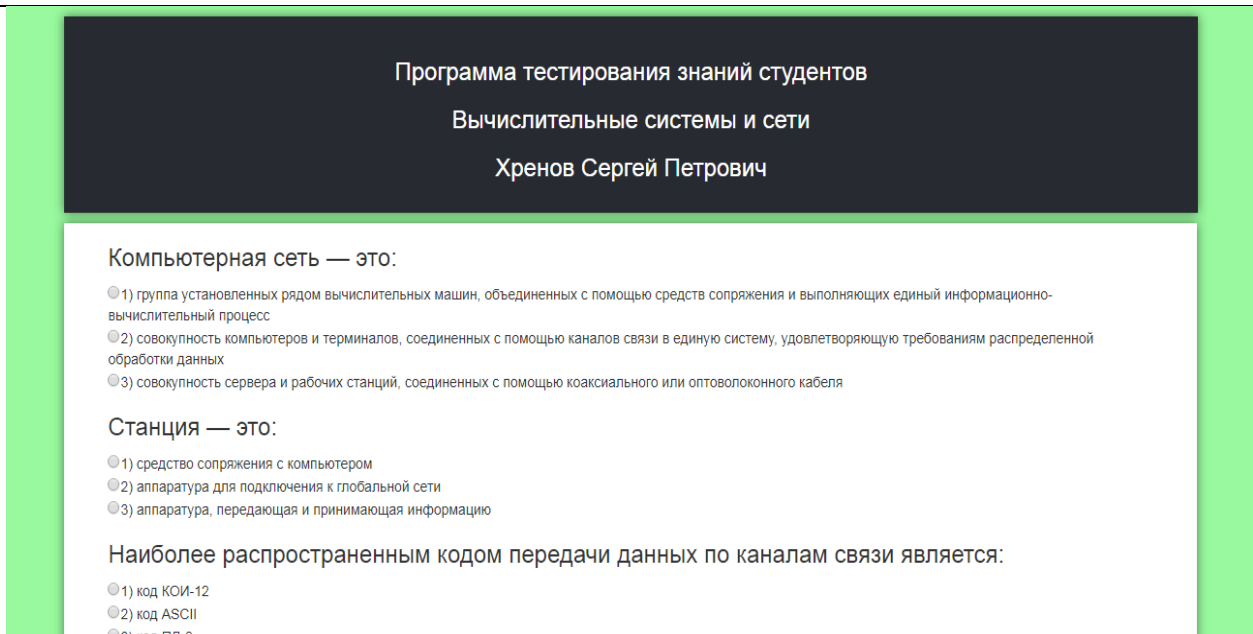


Рис.5. Страница тестирования.

Тестируемый отмечает варианты ответов и нажимает кнопку «Завершить». Выводится страница с результатом тестирования, а также вся информация записывается в базу данных.

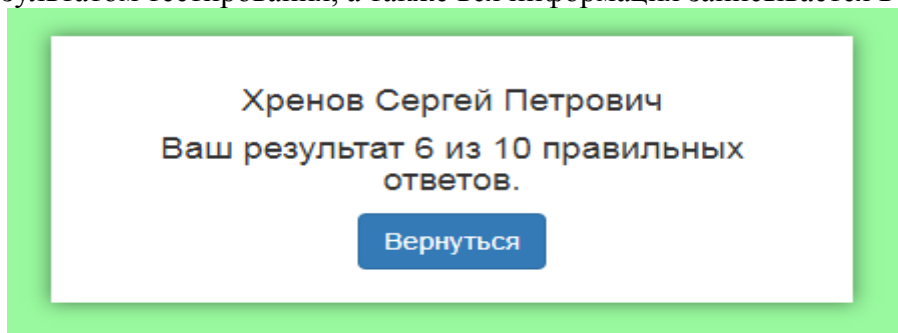


Рис. 6. Вывод результата.

Преподаватель с помощью специального окна может увидеть, кто сдал тест, сколько правильных ответов было дано рис.7.

Результаты тестирования				
#	ФИО	Предмет	Дата тестирования	Результат
1	Хренов Сергей Петрович	Вычислительные системы и сети	01.03.2019	6/10

Рис. 7. Панель преподавателя

Выводы. Таким образом,

- 1) Разработаны структура и алгоритмы, компоненты и модули программного обеспечения компьютерной системы тестирования знаний;

2) Разработанная система позволит преподавателю повысить эффективность проведения тестирования знаний студентов, предоставляя возможность обучаемому удаленный доступ к системе и через мобильные устройства.

Литература:

1. Миронов В.В. и Латыпов С. Н. Всеобщая информатизация образования: внутри и вне процесса. Рязань.
2. Конструктор тестов easyQuizzy <http://easyquizzy.ru/>
3. Программа для создания тестов и онлайн тестирования <http://indigotech.ru/>
4. Трубилин А.И. и Григораш. О.В. Система оценки знаний и рейтингового тестирования студентов. Научный журнал КубГАУ, №116(02). 2016г.

УДК 681.518.5: 621.318.3

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ
ПРИВОДНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ СИЛОВЫХ МЕХАНИЗМОВ**

Бочкарев Игорь Викторович, д.т.н., профессор, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: elmech@mail.ru

Галбаев Жалалидин Токтобаевич, д.т.н., профессор, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: jalal1603@mail.ru

Гунина Милана Геннадьевна, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: mg_gunina@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены способы и устройства контроля приводных электромагнитов силовых механизмов. Проведен их сравнительный анализ и показаны основные недостатки. Описана разработанная система бесконтактного контроля, позволяющая осуществлять контроль положения якоря электромагнита непосредственно сразу после подключения обмотки приводного электромагнита к источнику питания. Данная система обеспечивает контроль за всеми обязательными условиями нормальной работы СЭМ и при невыполнении хотя бы одного из них производит отключение оборудования от источника питания, не позволяя ему работать в аварийных режимах.

Ключевые слова: силовые электромагнитные механизмы, электромагнит, магнитопровод, якорь, система бесконтактного контроля положения якоря, магнитодиод.

**DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF CONTROL OF DRIVE
ELECTROMAGNETS OF POWER MECHANISMS**

Bochkarev Igor Viktorovich, doctor of technical sciences, professor, KSTU named after I.Razzakov, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, Ch.Aitmatov av. 66, e-mail: elmech@mail.ru.

Galbaev Zhalalidin Toktobaevich, doctor of technical sciences, professor, KSTU named after I.Razzakov, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, Ch.Aitmatov av. 66, e-mail: jalal1603@mail.ru

Gunina Milana Gennadevna, Ph.D., assistant professor, KSTU I.Razzakova, 720044, Bishkek, Pr. Ch. Aitmatov, 66, e-mail: mg_gunina@mail.ru

Abstract. Methods and devices for contactless control of drive electromagnets of power mechanisms are considered. A comparative analysis of them and the main disadvantages are shown. The developed contactless control system is described, which allows to monitor the position of the armature of the EMS immediately after connecting the drive electromagnet winding to the power source. This system, if one of the mandatory conditions for normal operation of the PEM is not fulfilled, will disconnect the equipment from the power source, preventing it from operating in emergency conditions.

Keywords: power electromagnetic mechanisms, an electromagnet, a magnetic core, an anchor, an anchor contactless monitoring system, a magnetic diode.

Введение. Силовые электромагнитные механизмы (СЭМ) находят широкое применение в различных технических устройствах, используемых практически во всех сферах деятельности человека – в промышленности, транспорте, сельском хозяйстве, быту.

СЭМ имеют огромное количество разнообразных конструкций и назначений, но при этом имеют однотипный электромагнитный привод в виде силового приводного электромагнита, обеспечивающего дистанционное управление режимом работы СЭМ [1,2]. Такой электромагнит содержит магнитопровод с обмоткой и подпружиненный подвижный якорь. Электромагниты могут иметь различные конструктивные исполнения и отличаться значениями тяговых усилий и величинами перемещений якоря. Характер движения якоря определяет функциональные возможности СЭМ. При этом в СЭМ чаще применяются электромагниты с цилиндрическим магнитопроводом и прямоходовым перемещением якоря. На рис.1 показаны разновидности конструкций силовых электромагнитов.

При подаче напряжения на обмотку электромагнита по ней начинает протекать ток, который создает магнитный поток. Под действием этого потока якорь, преодолевая сопротивление пружин, начинает притягиваться к магнитопроводу и перемещается в пределах рабочего зазора δ . При снятии напряжения якорь возвращается в исходное состояние под действием усилия пружин. Магнитный поток, замыкающийся через рабочий зазор, называется основным, а потоки, замыкающиеся вне рабочего зазора, представляют собой потоки рассеяния.

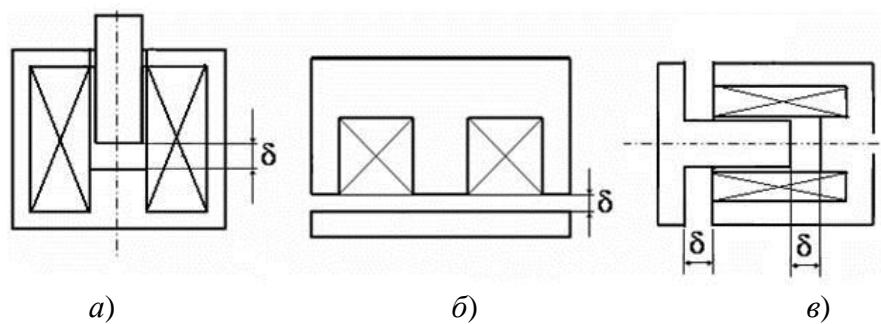


Рис. 1. Разновидности конструкций силовых электромагнитов:
 а) – с втяжным якорем; б) – с внешним притягиваемым якорем;
 в) – с комбинированным якорем

В сущности, приводной электромагнит является исполнительным органом и образует основу рабочей системы СЭМ, в которой непосредственно выполняется преобразование электрической энергии в механическую посредством магнитного поля. Например, в электромагнитных муфтах он регулирует положение подвижной полумуфты, в электромеханических тормозных устройствах состояние фрикционного узла, в запорной арматуре – текущее положение запорного или распределительного клапана, в системе дымоудаления – положение заслонки вентиляционного канала [3, 4, 5]. Очевидно, что для выполнения своих функций в большинстве случаев требуется переходное звено для передачи механической мощности от якоря к рабочему органу СЭМ. В частности, в электромагнитных клапанах это шток, соединенный одним концом с якорем, а другим – с запорным органом. Но в любом случае рабочее состояние СЭМ определяется положением якоря относительно магнитопровода.

Постановка задачи. При эксплуатации технических устройств, содержащих СЭМ, требуется постоянная информация в режиме реального времени о том, соответствует ли состояние входящих в их состав СЭМ требуемому по условиям эксплуатации режиму работы. Если этот режим нарушен, то устройство не сможет выполнить свое функциональное назначение, а безопасность работы обслуживающего персонала резко снизится. Таким образом, очевидно, что в процессе эксплуатации СЭМ необходимо контролировать его состояние.

Результаты работы. В настоящее время на практике используются системы косвенной диагностики СЭМ, принцип которых заключается в использовании специфических свойств электромагнита. Например, устройство контроля может регистрировать факт движения якоря (как при подаче напряжения, так и при его снятии) по возникновению в этом случае характерного провала в кривой тока. Для этого выделяют переменную составляющую тока и преобразуют её в прямоугольные импульсы, по количеству которых и определяется факт срабатывания [6]. Однако контроль таким способом можно использовать только для оценки поведения СЭМ в переходных режимах работы, а его установившееся текущее состояние диагностировать нельзя.

Для регистрации положение якоря в установившемся режиме было предложено бесконтактные устройства контроля, которое использует особенности СЭМ, содержащих в своей конструкции постоянные магниты [7]. Контроль положения якоря осуществляется по изменению потока рассеяния постоянного магнита, зависящего от величины рабочего воздушного зазора δ между якорем и магнитопроводом. Для этого используется магнитоуправляемый элемент 1, например, геркон, расположенный в зоне поля рассеяния постоянного магнита [6]. Однако данное устройство не может быть использовано для диагностики пружинных СЭМ и, кроме того, не позволяет произвести контроль за положением якоря непосредственно в начальный момент подключения питания к СЭМ. Тем самым, если осуществлялось ручное управление положением якоря с его фиксацией, например, в положении при $\delta = 0$, после снятия напряжения с обмотки электромагнита СЭМ якорь останется в том же положении, что приведет к аварийной ситуации.

Для ликвидации этого недостатка была разработана система бесконтактного контроля, позволяющая осуществлять контроль положения якоря СЭМ непосредственно сразу после подключения обмотки приводного электромагнита к источнику питания. Для наглядности на рис.2 приведена принципиальная электрическая схема включения электродвигателя, снабженного СЭМ в виде электромеханического тормоза.

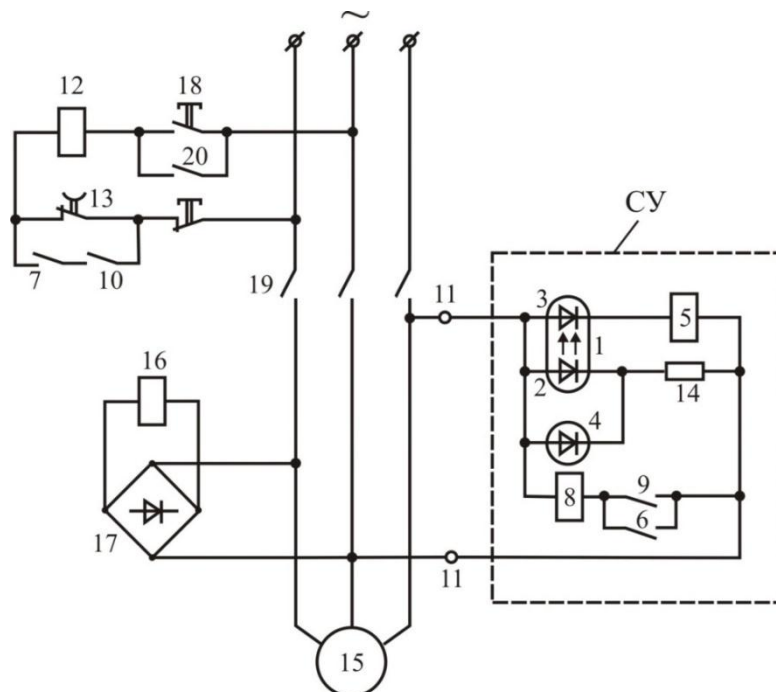


Рис.2. Принципиальная электрическая схема управления электродвигателем со встроенным электромеханическим тормозом, содержащая устройство бесконтактного контроля режима работы тормоза

В систему управления СУ входит управляемый ключ 1, магнитоуправляемый элемент в виде магнитодиода 4, реле сигнализации 5, дополнительное реле 8, выводы 11 для подключения источника питания, контактор 12, размыкающий ключ 13 с замедлением при срабатывании и резистор 14. Магнитодиод 4 расположен в непосредственной близости от рабочего воздушного зазора между якорем и магнитопроводом с возможностью срабатывания от потоков выпучивания и рассеяния. Управляемый ключ выполнен в виде оптрона. Входная цепь оптрона выполнена в виде фотодиода 2, а выходная цепь – в виде светодиода 3. Реле сигнализации 5 имеет замыкающий 6 и размыкающий 7 контакты, а дополнительное реле 8 – замыкающие контакты 9 и 10.

Обмотка 16 приводного электромагнита тормоза подключена к источнику питания через мостовой выпрямитель 17.

Схема управления электродвигателем 15 содержит кнопочный выключатель 18 для включения контактора 12. При замыкании выключателя 18 размыкающий ключ 13 находится в замкнутом состоянии и по обмотке контактора 12 протекает ток. Контактор 12 срабатывает и замыкает свои контакты 19 и 29. Тем самым, электродвигатель 15 и обмотка 16 тормоза подключаются к источнику питания. Одновременно подается напряжение и на выводы 11 устройства контроля. Обмотка 16 тормоза создает магнитный поток и, если тормоз замкнут, т.е. между якорем и магнитопроводом есть воздушный зазор, то через магнитодиод 4 проходят потоки выпучивания. За счет этого сопротивление магнитодиода 4 увеличивается и он не шунтирует светодиод 2 оптрона 1. По светодиоду 2 протекает ток, в результате чего светоправляемая часть оптрона 1 - фотодиод 3 открывается и на обмотку реле сигнализации 5 подается напряжение. При этом контакт 7 размыкается, а контакт 6 замыкается и обмотка дополнительного реле 8 подключается к источнику питания. Тем самым, контакты 9 и 10 реле 8 замыкаются. После притяжения якоря к магнитопроводу воздушный зазор между ними исчезает, потоки выпучивания резко уменьшаются, и сопротивление магнитодиода 4 также уменьшается. Он шунтирует светодиод 2, ток в цепи последнего уменьшается и фотодиод 3 закрывается, разрывая цепь питания обмотки реле сигнализации 5. Контакт 6 размыкается, а контакт 7 замыкается. При этом, поскольку контакт 9 замкнут, обмотка дополнительного реле 8 остается под напряжением и, соответственно, контакт 10 остается замкнутым.

По истечении заданного времени задержки, которое обеспечивается большим, чем время для размыкания тормоза, размыкающий ключ 13 размыкается, но поскольку он зашунтирован замкнутыми контактами 7 и 10 обмотка контактора 12 остается под напряжением и электродвигатель остается подключенным к источнику питания.

Если по каким-нибудь причинам тормоз не разомкнулся, т.е. между якорем и магнитопроводом остался воздушный зазор, то фотодиод 3 продолжает оставаться открытым и, соответственно, обмотка реле 5 остается под напряжением. Тогда после размыкания ключа 13 цепь обмотки контактора 12 разрывается, поскольку контакт 7 реле 5 разомкнут, и электродвигатель отключается от источника питания. Аналогично, отключение электродвигателя будет осуществляться и в том случае, если в процессе нормальной эксплуатации тормоз вследствие какой-либо причины, например, внезапного обрыва цепи питания обмотки 16, аварийно замкнется. Обмотка реле 5 окажется в этом случае под напряжением и контакт 7 разомкнется, разрывая цепь питания контактора 12.

В том случае, если к источнику питания ошибочно подключен электродвигатель с разомкнутым тормозом, например, разомкнутым вручную, то вследствие незначительного потока выпучивания сопротивление магнитодиода небольшое и он шунтирует светодиод 2. Таким образом, фотодиод закрыт и по обмотке реле 5 ток не протекает. За счет этого его контакт 6 остается открытым и обмотка реле 8 к питанию не подключается. Следовательно, контакт 10 открыт и по истечении заданного времени замедления ключ 13 разорвет цепь обмотки контактора 12 и электродвигатель отключится от источника питания.

Таким образом, описанное устройство обеспечивает контроль за положением якоря СЭМ при включенной обмотке управляющего электромагнита. При снятии напряжения с этой

обмотки контроль прекращается, поскольку исчезает магнитный поток, одна из составляющих которого и является непосредственно регистрируемой величиной (т.е. аналоговым сигналом положения якоря).

Проверка работоспособности и эффективности предложенной системы контроля силовых электромагнитных устройств была проведена с использованием серийных электромеханических тормозов, встроенных в высокомоментные электродвигатели типа ВЭМ-2, предназначенные для привода подачи шпиндельной бабки многоцелевых сверлильно-фрезерно-расточных станков ОЦФ-1М с ЧПУ.

Проведенные экспериментальные исследования предложенной системы контроля показали ее работоспособность и высокую достоверность диагностики СЭМ в процессе его эксплуатации.

Выводы.

1. Предложенная система бесконтактного контроля приводных электромагнитов СЭМ является универсальной и может быть использована для диагностики электромеханических систем, содержащих различные типы СЭМ.

2. Предложенная система контроля эксплуатационного состояния СЭМ имеет простую схемотехническую реализацию и позволяет эффективно осуществлять оперативный бесконтактный контроль как для СЭМ с переменными, так и с постоянными источниками напряжения питания.

3. Разработанная система бесконтактного контроля приводных электромагнитов СЭМ при невыполнении хотя бы одного из обязательных условий нормальной работы отключит электродвигатель от источника питания, не позволяя ему работать в аварийных режимах. К таким аварийным режимам приводных электромагнитов СЭМ относятся следующие:

- якорь электромагнита после подачи напряжения не изменил своего положения;
- якорь в процессе установившейся работы внезапно изменил свое положения, резко изменив тем самым режим работы СЭМ
- включение СЭМ ошибочно начато с уже перемещенным вручную якорем;
- произведено аварийное подключение СЭМ с неисправным приводным

электромагнитом, когда произошло заклинивание якоря, поломки или заедания силовых пружин и т.п.

4. Разработанная система бесконтактного контроля приводных электромагнитов может быть использована не только для диагностики силовых ЭМ, но и для контроля коммутационных электромагнитных механизмов, таких как электромагнитные реле, магнитные пускатели, выключатели и т.д.

Литература

1. Белов М.П. Технические средства автоматизации и управления. – СПб: СЗТУ, 2006. – 184 с.
2. Казаков Л.А. Электромагнитные устройства РЭА: Справочник. – М.: Радио и связь, 1991. – 352 с.
3. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам. – Л.: Политехника, 1991. – 384с.
4. Тормозные устройства: Справочник. / Александров М.П., Лысяков А.Г., Федосеев В.Н., Новожилов И.В.: Под общ. ред. Александрова М.П. – М.: Машиностроение, 1985. – 312с.
5. Гуревич Д.Ф., Шпаков О.Н. Справочник конструктора трубопроводной арматуры. – Л.: Машиностроение, 1987. – 518 с.
6. Бочкарев И.В., Галбаев Ж.Т. Разработка и исследование бесконтактного устройства контроля состояния фрикционных электромеханических устройств // Известия КГТУ, 2016, № 3 (39), часть II. – С. 96-101.
7. Бочкарев И.В., Галбаев Ж.Т. Быстродействующие электромагнитные механизмы с постоянными магнитами для систем автоматики. – Бишкек: Илим, 2008. – 275 с.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ КЫРГЫЗСТАНА

*Ормушев А.С., Ректор Международного Кувейтского университета, д.и.н., профессор.
E-mail: vostok04@rambler.ru*

Аннотация. В данной статье на основе новых источников и данных осуществлен историко-экономический анализ состояния и развития гидроэнергетики в Кыргызской Республике. Предложен ряд мер, который в перспективе позволит Кыргызстану более эффективно использовать гидроресурсы в экономическом возрождении страны.

Ключевые слова: гидроресурсы, гидроэнергетика, водный баланс, мощность электростанций, энергетическая политика, финансово-экономическое состояние.

STATE AND PROSPECTS OF HYDROPOWER OF KYRGYZSTAN

Ormushev A.S., Rector of the International University of Kuwait, doctor of history science, Professor. E-mail: vostok04@rambler.ru

Abstract. This article considers the historical and economical analysis and development of hydropower in Kyrgyz Republic, which based on new sources and dates. A number of measures have been proposed that in the future will allow Kyrgyzstan to effectively use hydro resources in the economic revival of the country.

Key words: hydro resources, hydropower, water balance, capacity of power plants, energy policy, financial and economic state.

Введение

В 1913-1914 годы в Кыргызстане было всего 5 небольших электростанций с суммарной выработкой электроэнергии в 265 кВт, которые в основном работали на жидком и твердом топливе.

В развитии энергетического баланса страны большую роль сыграла гидроэнергетика, которая способствовала перевороту и пересмотру всех производственных сил – индустриализации ранее отсталого района и развитие нетрадиционных для кыргызов горной энергетической и других видов промышленности.

Природные гидроресурсы республики

Кыргызстан обладает богатыми водными ресурсами. В республике формируются стоки таких крупных рек, как Нарын – 616 км, Чу – 221 км, Сары-Жаз – 165 км, Тар – 149 км, Чаткал – 144 км, Сох – 127 км и др., впадающих в бассейны Сырдарьи и Амударьи. Энергетический потенциал водных ресурсов Кыргызской Республики оценивается в 162 млрд. кВт/ч. электроэнергии (38% запасов в Центральной Азии). Ниже мы предлагаем список крупных рек Кыргызстана, которые способствуют построению нескольких гидроэлектростанций (см. табл. 1).

Список крупных рек Кыргызстана с потенциальными запасами гидроэнергоресурсов [1]

Название рек	Мощность (тыс.квт.)	Энергия (млрд.кВт/ч.)
Нарын	6496	59,5
Сары-Жаз	1450	12,8
Сох	660	5,8
Көкөмерен	644	5,6
Чаткал	620	6,97
Тар	443	3,9
Чүй	360	3,2
Кара-Дарыя	255	2,2
Исфайрам-Сай	261	2,2

Как видно из вышеуказанной таблицы, основные запасы гидроэнергоресурсов сконцентрированы в бассейне рек Нарын, Сары-Жаз, Чүй, Көкөмерен, Чаткал. Однако уровень их использования в гидроэнергетике еще остается весьма низким (8-9%). При этом потенциал малых рек оценивается от 5 до 8 млрд кВт/ч. в год, который используется лишь на 3%.

Огромную помощь в изучении вышеуказанных гидроэнергетических ресурсов оказали ученые Академии наук СССР, Среднеазиатского отделения «Гидроэнергопроект». Институтом «Гидропроект» Минэнерго СССР разработана схема водозащитного использования полноводной горной реки Нарын, протекающей по территории Кыргызстана. Определена возможность сооружения на этой реке 20 гидроэлектростанций общей мощностью 8,4 млн. киловатт, которые могут выработать в год свыше 30 млрд. кВт/ч. самой дешевой электроэнергии. Впервые подсчет гидроэнергетических ресурсов Киргизии был проведен в 1957-1958 гг. Институтом энергетики и водного хозяйства Академии наук Киргизской ССР под руководством М.Н. Большакова [2].

В результате, в конце 50-х годов на реке Нарын были начаты такие мощные гидроэнергетические станции, как Уч-Коргонская ГЭС (180 тыс.квт), Ат-Башинская ГЭС (40 тыс.квт). 8 марта 1958 г. на XI съезде ЦК ЛКСМ Киргизии Уч-Коргонская ГЭС была объявлена ударной комсомольской стройкой. На объектах ее сооружения самоотверженно трудились 2800 молодых гидростроителей, приехавших по комсомольским путевкам из всех союзных республик и Болгарской Народной Республики [3]. В 1964 году Уч-Коргонская ГЭС была сдана в эксплуатацию.

Уникальным гидроэнергетическим и ирригационным сооружением является Токтогульская ГЭС (1200 тыс. кВт). Строительство энергетического гиганта было начато в начале 1962 г.

В этом же году ЦК ВЛКСМ объявил строительство следующего Токтогульского гидроузла Всесоюзной ударной комсомольской стройкой. В первые дни на этих стройках была очень сложная ситуация – не хватало рабочей силы, квалифицированных инженеров, техников, стройматериалов, строительной техники и жилища для строителей. Несмотря на такие трудности, на сооружении Токтогульского гидроузла самоотверженно трудились представители многих союзных республик. Более 15 институтов вели научно-исследовательские работы: сейсмичность, деформации скальных пород, согревы бетона и методы его охлаждения, проблемы цементизации, новые методы введения буровых работ на горных условиях [4].

Строительство и ввод в эксплуатацию новых гидросооружений и объектов энергетики повышали не только энергетический потенциал страны, но и параллельно несли в себе

огромный воспитательный, идеологический и международный аспект среди молодежи. Так, например, на строительстве Токтогульской ГЭС трудилась молодежь из всех регионов республики, представители более чем 40 национальностей и даже из Германии и Вьетнама [5].

В результате выработанные электроэнергией Токтогульской ГЭС позволили обеспечить дешевой электроэнергией крупные промышленные предприятия, сельскохозяйственные объекты и бытовые нужды людей.

С 1962 по 1992 гг. на реке Нарын было построено и введено в строй шесть гидроэлектростанций: Үч-Коргонская (1962 г.); Ат-Башинская (1974 г.); Токтогульская (1974-1977 гг.); Күрпсайская (1985-1987 гг.); Таш-Көмүрская (1985-1987 гг.); Шамалды-Сайская (1992-1995 гг.), которые вырабатывали дешевую электроэнергию в объеме 11 млрд квт/час в год.

После обретения независимости Кыргызская Республика начала планировать и рационально использовать богатые гидроресурсы, строить новые гидроэнергостанции и экспортировать излишки электроэнергии в соседние страны. Началось строительство ГЭС Камбар-Ата №1, Камбар-Ата №2. Но, к сожалению, строительство этих ГЭС ещё не завершены. В связи с этим образовался дефицит электроэнергии.

В последние годы ученые-экономисты исследуют причины возникновения дефицита электроэнергии. По их мнению, происходит ежегодное снижение уровня притока воды в реках Кыргызстана. Так, например, на реке Нарын уровень воды снизился в последние годы примерно на 30 % от среднегодовой нормы. Имеет место отсутствие планомерной политики по бережному отношению к водным запасам страны.

Следующей причиной образования дефицита электроэнергии в республике является ежегодный рост производства и потребление населением электроэнергии, что связано с улучшением уровня жизни людей.

Другой немаловажной причиной дефицита электроэнергии являются её потери: технические причины, хищение электроэнергии, несовершенство менеджмента, коррупция и слабая научно-техническая оснащенность системы энергетики.

Для устранения дефицита электроэнергии можно предложить следующие рекомендации:

- принятие программы по реализации механизма, заложенной в Законе Кыргызской Республики «Об энергосбережении»;
- повышение тарифов на электроэнергию;
- импорт электроэнергии в соседние страны;
- переход на альтернативные источники, ветряные, терминальные и другие источники по выработке электроэнергии.

Таким образом, следует отметить, что энергетика является одной из базовых отраслей экономики Кыргызстана и показателем её стабильности, безопасности и экономической независимости.

Проведенный нами анализ состояния и перспективы развития гидроэнергетической отрасли в Кыргызстане показывает о наличии масштабного неиспользованного гидроэнергетического ресурса, применение которого позволило бы значительно улучшить экономическое, социальное и политическое положение страны.

Список литературы

1. Иманалиев М.И. По пути ГОЭЛРО. Фрунзе, 1974. - с. 35.
2. Усубалиев Т.У. Эпоха. Созидание. Судьбы. Книга 1. – Бишкек. 1995. - с 223; Экономика Киргизии – составная часть народнохозяйственного комплекса СССР. – Фрунзе, Илим, 1977. - С. 35-37.
3. Ормушев А.С. «Огни Нарынского каскада». – Фрунзе, 1981. - С.14 // его же «Вклад Ленинского комсомола Киргизии в строительство гидроэнергетических объектов

республики” // Тезисы докладов и выступлений на научной конференции – Фрунзе, 1983. - С. 12-13.

4. ЦГА Кыргызской Республики. ф. 1680. оп. 2. д. 254. л. 15

5. Ормушев А.С. Рост культурно-технического уровня рабочих-строителей Кыргызстана. – Фрунзе, 1982. - с 29.

УДК 537.527

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ВИНТОВОЙ ФОРМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ

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. Выполнено компьютерное моделирование открытого электродугового разряда постоянного тока, горящего во внешнем однородном аксиальном магнитном поле. Показано, что винтовая формы дуги обусловлена несимметричным воздействием силы Ампера, смещающей поперечные сечения дуги относительно центральной оси разряда. Сечения дуги вращаются вокруг центральной оси с различной скоростью. На начальном участке со стороны катода скорость вращения уменьшается вниз по потоку, по мере приближения к аноду скорость вращения возрастает. Такой характер конвективного теплопереноса формирует винтовую форму столба дуги.

Ключевые слова: электрическая дуга, винтовая форма электрической дуги, внешнее аксиальное магнитное поле, низкотемпературная плазма.

NUMERICAL STUDIES OF FORMATION MECHANISMS OF A SCREW FORM OF ELECTRIC ARC

Urusova Indira Ruslanovna, Ph.D., Docent of Kyrgyz State Law Academy, Kyrgyzstan, 720001, Bishkek, Chui Avenue 180A. 0700 54-02-02, e-mail: moon4ik_29@mail.ru, ORCID ID 0000-0003-2898-1069

Abstract. In this article was performed a computer simulation of an open arc discharge of direct current, burning in an external uniform axial magnetic field. It is shown that the screw shape of the arc is due to the asymmetric effect of the Ampere force shifting the arc cross sections relative to the central axis of the discharge. Sections of the arc rotate around the central axis at different speeds. In the initial part of the cathode, the rotational speed decreases downstream, as the anode approaches the rotational speed increases. Such character of convective heat transfer forms the screw shape of the arc column.

Key words: electric arc, screw form of electric arc, external axial magnetic field, low temperature plasma.

ВВЕДЕНИЕ.

Как известно, что во внешнем аксиальном магнитном поле (ВАМП) протяженная электрическая дуга длиной в несколько сантиметров и более может терять устойчивость и отклоняться от цилиндрической симметрии [1–3]. В результате деформации столб электрической дуги может принимать винтовую форму [4, 5].

Для численного моделирования винтовой формы дуги в работе [6] предложен схемный аналог флуктуаций температуры электронов. В [7] выполнен расчет электрической дуги постоянного тока $I = 40$ А длиной $L = 30$ мм при величине ВАМП $H_x^{Ext} = 10$ кА/м. Приведено описание факторов, формирующих винтовую форму столба дуги.

Целью настоящей работы является дальнейшее исследование открытой электрической дуги во внешнем аксиальном магнитном поле и анализ механизмов формирования винтовой пространственной формы дуги при других значениях параметров разряда L и H_x^{Ext} .

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^{Ext} . Нестационарная трехмерная система уравнений электрической дуги в приближении модели частичного локального термодинамического равновесия плазмы может быть записана в следующем виде [6 – 8]:

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 баланса энергии газа электронов

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{3}{2} k T_e N_e \right) + \text{div} \left(\frac{5}{2} k T_e N_e \mathbf{V}_e \right) = \text{div}(\lambda_e \text{grad} T_e) + \mathbf{j}^2 / \sigma - \psi - B(T_e - T) - U_i R_e, \quad (3)$$

уравнение баланса энергии газа тяжелых частиц:

$$\frac{\partial}{\partial t} \frac{3}{2} k T (N_i + N_a) + \text{div} \left(\frac{5}{2} k T (N_i + N_a) \mathbf{V} \right) = [\text{div}(\lambda \text{grad} T) + B(T_e - T)], \quad (4)$$

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

$$P/kT = N_i + N_a + N_e T_e / T. \quad (10)$$

Принято, что дуговая плазма аргона атмосферного давления является однократно ионизованной, квазинейтральной, течение ламинарное, дозвуковое, излучение объемное; вязкой диссипацией энергии пренебрегается, приэлектродные процессы не рассматриваются.

При записи уравнений (1–10) использованы следующие обозначения: t – время, ρ , λ_e , λ , μ , σ , ψ – соответственно плотность газа, теплопроводность электронного газа и газа тяжелых частиц, вязкость, электропроводность, излучение, m – масса атома плазмообразующего газа, N_i , N_a , N_e – концентрации ионов, атомов и электронов соответственно, $R_e = N_e (N_a K_i - N_e N_i K_r)$ – скорость генерации электронов, где K_i , K_r – константы ударной ионизации и трехчастичной рекомбинации соответственно, U_i – потенциал

ионизации плазмообразующего газа, $P_e = N_e k T_e$ – парциальное давление электронов, k – постоянная Больцмана, $B = 3m_e/mk_B \nu_e N_e$ коэффициент обмена энергией между электронами и тяжелыми частицами при упругих столкновениях, m_e – масса электрона, ν_e – частота столкновений, \mathbf{g} – вектор ускорения свободного падения, q_e – элементарный заряд, μ_0 – магнитная постоянная, \mathbf{V} , \mathbf{E} , \mathbf{j} , \mathbf{H} , – соответственно векторы скорости, напряженности электрического поля, плотности электрического тока, напряженности собственного магнитного поля дуги, T , T_e – температура тяжелых частиц и электронов, P – давление, u , v , w – соответственно компоненты вектора скорости в направлениях осей координат x , y , z ; \mathbf{V}_a , \mathbf{V}_t , \mathbf{V}_a – векторы скоростей дрейфа электронов, термо- и амбиполярной диффузии, которые определяются по формулам: $\mathbf{V}_a = \mathbf{j}/(q_e N_e)$, $\mathbf{V}_t = -D_a / T_e \text{grad} T_e$, $\mathbf{V}_a = -D_a / N_e \text{grad} N_e$, где D_a – коэффициент амбиполярной диффузии, $\mathbf{V}_e = \mathbf{V} + \mathbf{V}_a + \mathbf{V}_t + \mathbf{V}_a$ – суммарная скорость электронов, s_x , s_y , s_z – дополнительные к $\text{div}(\mu \text{grad} u)$, $\text{div}(\mu \text{grad} v)$, $\text{div}(\mu \text{grad} w)$ вязкие слагаемые.

Коэффициенты переноса и теплофизические свойства неравновесной аргоновой плазмы рассчитываются в соответствии с методикой [8].

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 $\text{rot} \mathbf{A} = \mathbf{H}$. Температура неплавящихся электродов определяется из уравнения теплопроводности.

МЕТОД РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ. ГРАНИЧНЫЕ И НАЧАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ.

Следуя методике [9] система уравнений (1–10) для рассчитываемых переменных после несложных преобразований может быть записана в виде обобщенного уравнения, решение которого проводится методом конечных разностей. Конечно-разностная аппроксимация проводится методом контрольного объема по неявной разностной схеме, динамические переменные «скорость–давление» рассчитываются по алгоритму SIMPLE'R [9]. Используется метод итераций Зейделя–Гаусса с применением нижней релаксации.

Для рассчитываемых переменных граничные условия задаются по периметру расчетной области (рис. 1), начальные условия в момент времени $t = 0$. На внешних границах прямоугольной расчетной области в сечениях $ABCD$, $EFGH$, $ABGF$, $DCHE$, $CBGH$, $ADEF$ (см. рис.1) значения температуры и концентрации электронов равны значениям температуры T_e^{min} и концентрации N_e^{min} «холодного» не ионизованного газа: $T_e = T_e^{\text{min}} = 3 \text{ кК}$, $N_e = N_e^{\text{min}} = 10^{17} \text{ м}^{-3}$. Температура тяжелых частиц полагается равной температуре холодного газа $T = 300 \text{ К}$.

Течение электрического тока отсутствует и потенциал электрического поля φ рассчитывается из условия $\partial \varphi / \partial \mathbf{n} = 0$, где \mathbf{n} – нормаль к поверхности границы.

На внешней токоведущей торцевой поверхности катода S_c и анода S_a потенциал электрического поля φ рассчитывается из условия протекания электрического тока I по нормали к поверхности.

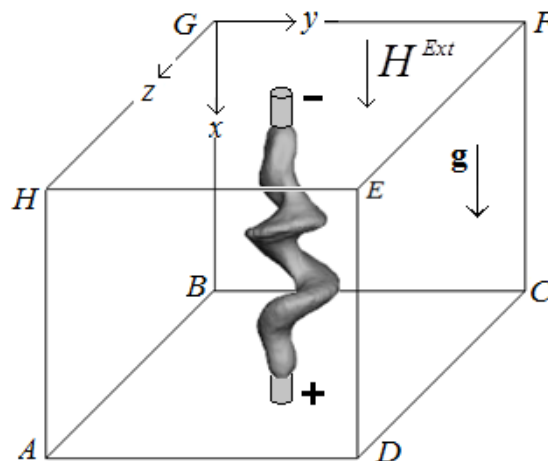


Рис. 1. Схема расчетной области в виде прямоугольного параллелепипеда $ABCDEFGH$ в декартовых координатах x , y , z .

Такое же условие для φ используется на границе «катод–плазма». Вне катода и анода течение электрического тока отсутствует. Отметим, что в настоящей работе за направление электрического тока I выбрано направление движения электронов от катода (–) к аноду (+).

Компоненты векторного потенциала A_x, A_y, A_z магнитного поля определяются из условия равенства нулю первой производной $\partial A/\partial n = 0$ по нормали к границе.

Давление P полагается равным относительному значению $P = 1$ Па. Компоненты скорости u, v, w определяются из условия равенства нулю второй производной $\partial^2 \mathbf{V}/\partial n^2 = 0$.

Принято, что в начальный момент времени между электродами существует токопроводящая высокотемпературная ($T = 9$ кК) зона с неподвижным газом в форме цилиндра диаметром, равным диаметру электродов.

Для численного моделирования винтовой формы дуги во внешнем аксиальном магнитном поле в вычислительный алгоритм дополнительно вводится схемный аналог флуктуаций температуры электронов [7].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА.

Проводится расчет открытой дуги при силе тока $I = 40$ А и длине $L = 50$ мм. Дуга горит в однородном внешнем аксиальном магнитном поле величиной $H^{Ext} = 5$ кА/м (см. рис.1). Графитовые электроды диаметром $d = 1$ мм с торцевой токоведущей поверхностью. До момента времени $t = 30$ мс, пока характеристики дуги не достигнут стационарное распределение, численный расчет выполнен при т.е. $H^{Ext} = 0$, то есть без внешнего аксиального магнитного поля. Начиная с момента времени $t = 30$ мс в компьютерном алгоритме принято, что дуга горит во внешнем магнитном поле величиной $H^{Ext} = 5$ кА/м.

На рис. 2 приведены поля температуры столба дуги для временного интервала $\Delta t = 31 \div 34$ мс. Отметим, что на рис. 2 форма дуги представляет 3D-поверхность, которая ограничена изотермой $T = 3$ кК. Направление обзора перпендикулярно плоскости $x-z$. Отсчет в направлении оси x ведется от поверхности катода (–), отсчет в направлениях осей y, z ведется от центральной оси.

Из рис. 2 видно, что столб дуги за время около $\Delta t \approx 3$ мс приобретает винтовую форму. Такая форма является следствием конвективного теплопереноса потокам плазмы.

Характер течения плазмы в показан на рис. 3. Вращение плазмы (рис. 3б,в) в поперечных сечениях обусловлено воздействием силы Ампера $\mathbf{F}_A \sim (j_r \times H^{Ext})$. Вращение плазменных потоков приводит к конвективному переносу тепла и вызывает вращение теплового поля дуги вокруг аксиальной оси дуги.

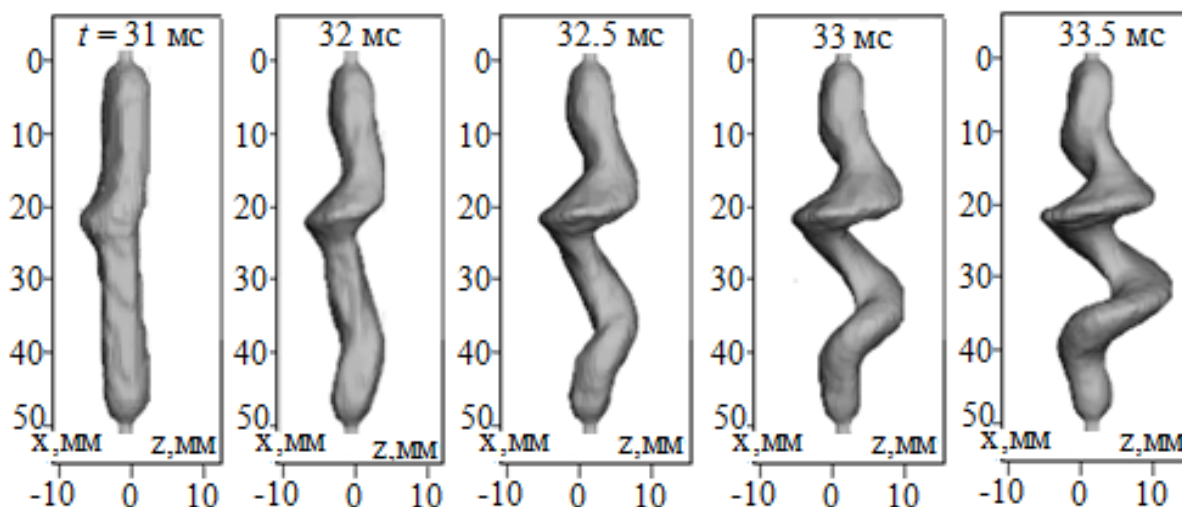


Рис. 2. Эволюция формы дугового столба на интервале $\Delta t = 31 \div 33.5$ мс. $H^{Ext} = 5$ кА/м.

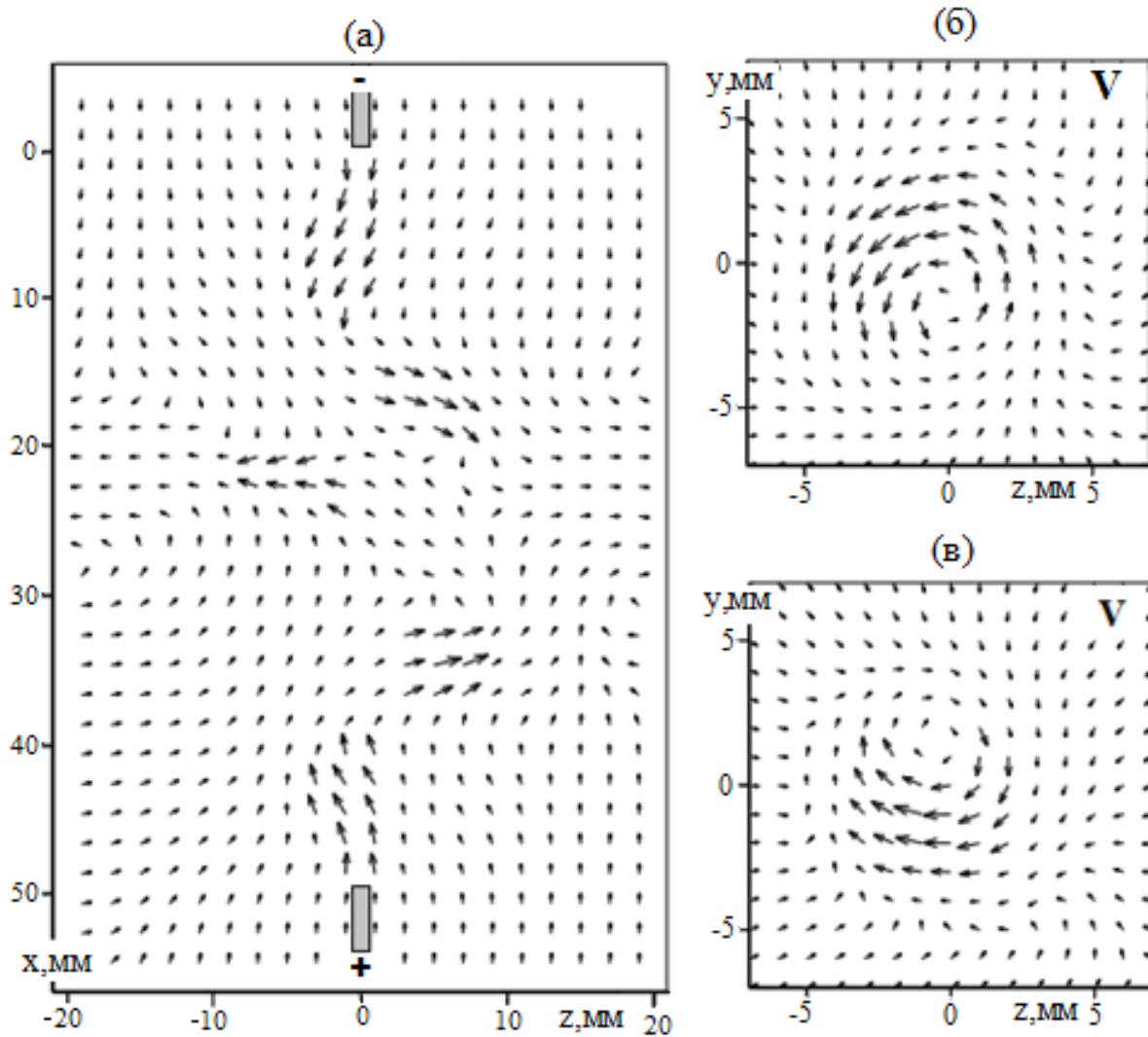


Рис. 3. Центральные фрагменты векторного поля скорости V газа:
 (а) – в вертикальном сечении x - z . (б) – в поперечном сечении y - z на расстоянии 5 мм от катода (-), (в) – в поперечном сечении y - z на расстоянии 5 мм от анода (+) (ось x направлена внутрь рисунка). $t = 33$ мс.

На рис. 4 показаны поля температуры T в поперечном сечении дуги для различных моментов времени t на интервале $\Delta t = 105 \div 107.5$ мс. Похожее распределения теплового поля имеются со стороны анода и в целях экономии места не приводятся.

Отметим некоторые особенности вращательного движения дуговой плазмы вокруг оси x . Направление вращения потоков плазмы вблизи катода и анода противоположны друг другу. Так, вращение теплового поля дуги со стороны катода происходит против часовой стрелки (см. рис. 3). Но на участке дуги со стороны анода наблюдается противоположное направление вращения – по часовой стрелке.

Такое направление теплопереноса вблизи электродов обусловлено вращательным характером течения плазмы (см. рис. 3б,в) в результате воздействия силы Ампера.

Вторая особенность состоит в том, что в поперечных сечениях дуги скорость вращения плазмы вокруг оси x неодинаковая. Например, на расстоянии 5 мм от катода (см. рис. 4а) на интервале времени $\Delta t = 105 \div 107.5$ мс тепловое поле дуги совершает примерно один оборот. Т.е. период обращения на расстоянии 5 мм от катода составляет $t \approx 2.5$ мс, однако по мере удаления от катода (см. рис. 4б,в,г) период обращения возрастает.

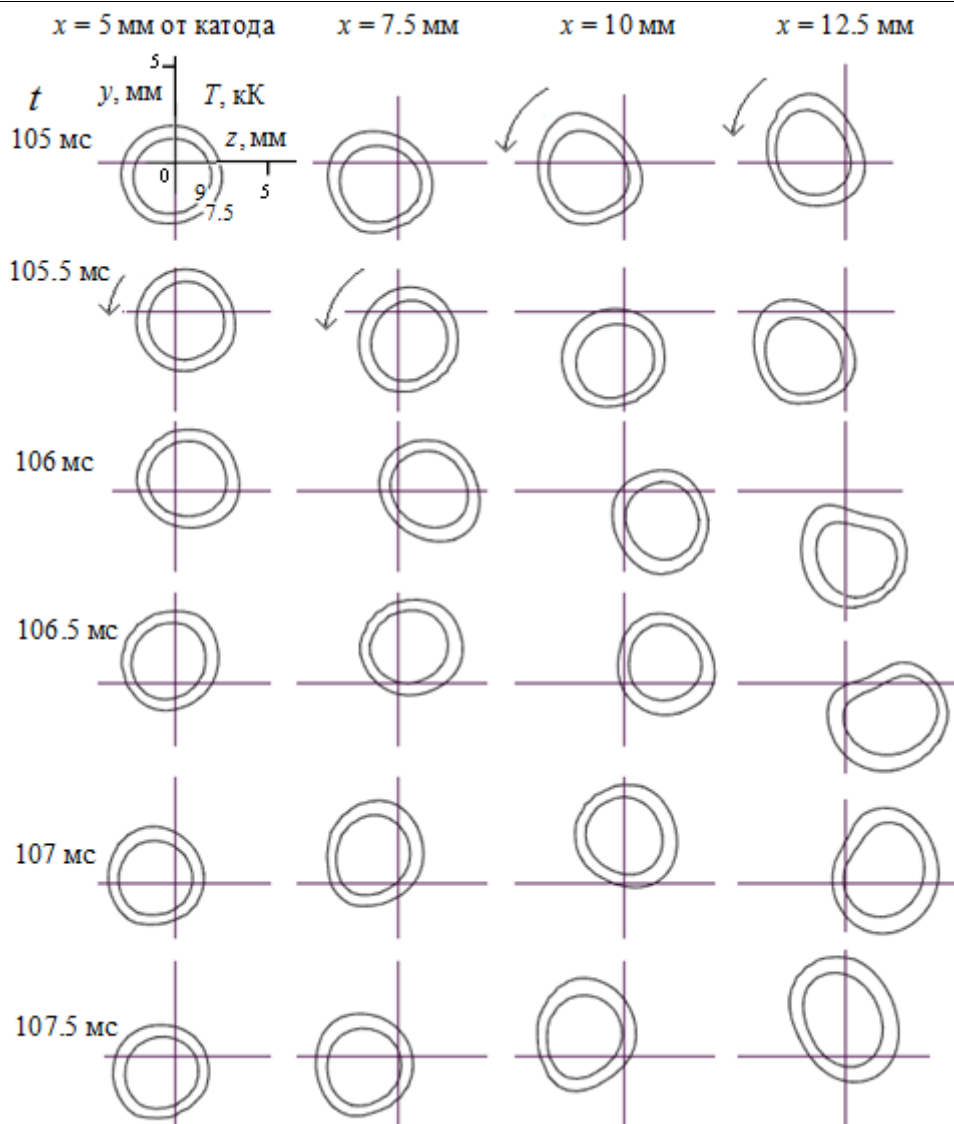


Рис. 4. Распределения температуры T дуги во времени t в поперечных сечениях y - z . Стрелками указано направление вращения плазмы вокруг аксиальной оси дуги.

Таким образом, на начальном участке дуги угловая скорость вращения плазмы вниз по потоку уменьшается. Различие скорости вращения плазмы в поперечных сечениях обусловлено различной величиной электромагнитных сил, которые воздействуют на плазму.

Действительно, вниз по потоку в аксиальном направлении от катода происходит расширение столба дуги. При этом уменьшается плотность электрического тока \mathbf{j} , в том числе радиальная компонента j_r . Очевидно, что также будет уменьшаться сила Ампера $\mathbf{F}_A \sim (j_r \times H^{Ext})$ и, соответственно, скорость вращения плазмы вокруг оси разряда.

Аналогичная ситуация с различной скоростью вращения плазмы вокруг аксиальной оси x наблюдается на участке дуги со стороны анода, причем по мере приближения к аноду скоростью вращения возрастает.

Таким образом, сечения плазмы, во-первых, смещаются относительно оси дуги в радиальном направлении. Во-вторых, сечения плазмы вращаются вокруг аксиальной оси дуги с различной угловой скоростью. На рис. 5 для момента времени $t = 106.5$ мс показаны температурные профили дуги (изотерма 7.5 кК) в различных поперечных сечениях y - z . Цифра 1 соответствует расстоянию 5 мм от электрода, 2 – 7.5 мм от электрода, 3 – 10 мм от электрода, 4 – 12.5 мм от электрода. Для наглядности температурные профили наложены друг на друга.

Видно, что участки дуги имеет винтовую пространственную структуру, в данном случае правовинтовой ориентации.

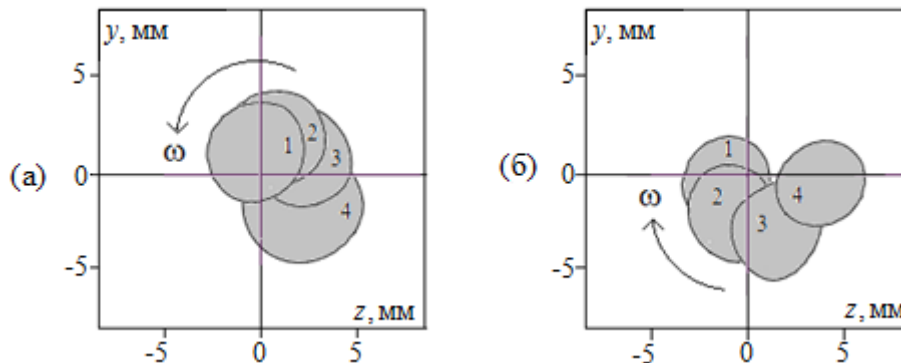


Рис. 5. Профили температуры T дуги в различных поперечных сечениях y - z , (а) – со стороны катода, (б) – со стороны анода. Стрелкой указано направление вращения, $\omega_1 > \omega_2 > \omega_3 > \omega_4$. Ось x направлена внутрь рисунка.

Потоки плазмы вблизи катода и анода, которые имеют противоположное направление вращения, в обоих случаях формируют, тем не менее, одинаковую правовинтовую структуру дуги. Дело в том, что участки дуги вблизи катода и анода отличаются друг от друга. Как уже было сказано выше, в аксиальном направлении от катода скорость вращения плазмы вокруг оси разряда уменьшается, а вращение плазмы происходит против часовой стрелки. Однако по мере приближения к аноду скорость вращения плазмы вокруг оси разряда возрастает. При этом вращение вокруг оси дуги происходит по часовой стрелке. Такой характер течения плазмы и конвективного теплопереноса вблизи анода обуславливает правовинтовую ориентацию столба дуги (рис. 5б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выполнено моделирование столба открытой электрической дуги, горячей во внешнем аксиальном магнитном поле. Показано, что винтовая форма столба дуги обусловлена следующими факторами: не симметричное воздействие силы Ампера смещает поперечные сечения дуги относительно центральной оси разряда в радиальном направлении. При этом сечения плазмы вращаются вокруг центральной оси с различной скоростью. На начальном участке со стороны катода скорость вращения уменьшается вниз по потоку, а по мере приближения к аноду скорость вращения возрастает. В результате такого характера течения и конвективного теплопереноса формируется винтовая структура столба дуги.

Список литературы:

1. Финкельбург В., Меккер Г. Электрические дуги и термическая плазма. М.: Иностранная литература, 1961. 370 с.
2. 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.
3. Меккер Г. Причины движения и смещения дуги // ТИИЭР. –1971.–Т. 59, № 4. – С. 4–14.
4. Асиновский Э.И., Кузьмин А.К., Пахомов Е.П. Измерение геометрических параметров винтовой дуги // ТВТ. 1980. Т. 18. № 1. С. 9.
5. Синкевич О.А. Нелинейная теория винтовой неустойчивости электрической дуги во внешнем магнитном поле // ДАН. 1985. Т. 280. № 1. С. 99.
6. Урусов Р.М., Урусова И.Р. Численное моделирование винтовой формы электрической дуги во внешнем аксиальном магнитном поле, ТВТ, 2017. Т. 55. № 5. С. 661

7. Урусова И.Р. Особенности гидродинамики и конвективного теплопереноса в открытой электрической дуге во внешнем аксиальном магнитном поле. Бишкек, ИЗВЕСТИЯ КГТУ им.И.Раззакова, 2018, №2(46), с.322-331.

8. Энгельшт В.С., Гурович В.Ц., Десятков Г.А. и др. Низкотемпературная плазма. Т. 1. Теория столба электрической дуги. Новосибирск: Наука, 1990. 374 с.

9. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. 146 с.

УДК 519.86:621.313.322:621.3.013.8

НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ: ЭФФЕКТЫ НАГРУЗКИ, ИЗМЕРЕНИЯ И ТЕОРИЯ

Асан уулу Аскат, инженер кафедры «Электроэнергетика», Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: asanaskat@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4391-4139>;

Нурлан уулу Санжар, магистр, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: scorpion.95.kg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5353-3009>

Жапаров Кутманбек Савенович, магистр, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: kutman.94.kg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5589-3015>.

Аннотация. Падение напряжения на клеммах чувствительного оборудования часто происходит из-за неисправностей, возникающих при гораздо более высоком уровне напряжения. Даже если ток нагрузки является небольшим по сравнению с током повреждения, изменения тока нагрузки во время и после повреждения по-прежнему приводят к тому, что напряжение на клеммах оборудования отличается от напряжения на уровне напряжения повреждения. В этой статье обсуждается изменение формы и величины падения напряжения при его распространении от уровня напряжения, вызвавшего повреждение клемм оборудования. Как сбалансированные, так и несбалансированные провалы напряжения обсуждаются путем представления теоретических соображений и измерений. Количественная модель для нагрузки асинхронного двигателя; для других видов нагрузки дается качественный анализ. Исследования распространения падений напряжения из-за симметричных и несимметричных неисправностей могут быть упрощены с использованием симметричных компонентов и соответствующих характеристик «характеристического падения напряжения» и «коэффициента PN».

Ключевые слова: падения напряжения, провалы напряжения, симметричные ошибки, несимметричные ошибки, токи прямой последовательности, модель,

DISTRIBUTIVE SYSTEM VOLTAGES: LOAD EFFECTS, MEASUREMENTS AND THEORY

Asan uulu Askat, Engineer of the Department "Electric Power", KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, 66 Ch.Aitmatov av., e-mail: asanaskat@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4391-4139>

Nurlan uulu Sanjar, Magister, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, 66 Ch.Aitmatov av., e-mail: scorpion.95.kg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5353-3009>;

Zhapparov Kutmanbek Savenovich, Magister, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, 66 Ch.Aitmatov av., e-mail: kutman.94.kg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0004-5158-2853>.

Annotation. The voltage drop across the terminals of sensitive equipment often occurs due to faults occurring at a much higher voltage level. Even if the load current is small compared to the fault current, changes in the load current during and after the fault still cause the voltage at the equipment terminals to be different from the voltage at the fault voltage level. This article discusses the change in the shape and magnitude of the voltage drop during its propagation from the voltage level that caused damage to the equipment terminals. Both balanced and unbalanced voltage dips are discussed by presenting theoretical considerations and measurements. Quantitative model for the load of an asynchronous motor; for other types of load a qualitative analysis is given. Studies of the propagation of voltage drops due to symmetrical and asymmetrical faults can be simplified using symmetrical components and the corresponding characteristics of “characteristic voltage drop” and “PN coefficient”.

Keywords: voltage drops, voltage dips, symmetric errors, asymmetrical errors, direct sequence currents, model,

Падения напряжения - это кратковременное снижение среднеквадратичного напряжения из-за неисправностей, запуска двигателя или включения трансформатора. Они могут привести к отключению чувствительных нагрузок, таких как компьютеры, оборудование для управления процессами и приводы с регулируемой скоростью. Наиболее серьезные провалы напряжения для оборудования конечного пользователя возникают из-за неисправностей [1] [2]. В этой статье будут обсуждаться только провалы напряжения из-за неисправностей.

Симметричные ошибки

Оставшееся напряжение провала (то есть напряжение во время короткого замыкания) в точке общей связи между нагрузкой и коротким замыканием можно рассчитать по модели делителя напряжения, показанной на рисунке 1. Для трехфазных неисправностей следующие выражение содержит:

$$V = \frac{Z_{F1}}{Z_{F1} + Z_{S1}} E_1 \quad (1)$$

Выражение (1) часто используется и для напряжения на клеммах оборудования. Обоснование этого приближения варьируется, но основное предположение всегда заключается в том, что ток через неисправный фидер является основной причиной падения напряжения. Несмотря на свои ограничения (1) оказалось очень подходящим выражением.

Несимметричные ошибки

Для несимметричных разломов выражения похожи, но немного сложнее. Систематический анализ, основанный на симметричных компонентах, представлен в [3] и [4]. Результирующая характеристика несбалансированных провалов (то есть провалов из-за несимметричных неисправностей) приводит к «характеристическому напряжению», которое является обобщенной версией оставшегося напряжения для сбалансированных провалов, и второй характеристике, называемой PN-фактором. F или двухфазные замыкания на землю и межфазные замыкания, характеристическое напряжение находится из (1); для однофазных неисправностей также величины нулевой последовательности влияют на результат:

$$V = \frac{Z_{F1} + \frac{1}{2}(Z_{F0} + Z_{S0})}{Z_{F1} + Z_{S1} + \frac{1}{2}(Z_{F0} + Z_0)} E_1 \quad (2)$$

Определение второй характеристики, PN-фактора, выходит за рамки данной статьи, и читатель может обратиться к литературе [3] [4] для получения более подробной информации. Для трехфазных повреждений PN-фактор равен остаточному напряжению; для однофазных и межфазных повреждений PN-коэффициент равен напряжению источника E_1 :

$$F = E_1 \quad (3)$$

для двухфазных замыканий на землю PN-коэффициент получается из:

$$F = \frac{Z_{F1} + 2(Z_{F0} + Z_{S0})}{Z_{F1} + Z_{S1} + 2(Z_{F0} + Z_{S0})} E_1 \quad (4)$$

Модель, приводящая к выражениям (1) - (4), является статической моделью. Основные предположения, лежащие в основе этой модели, заключаются в том, что импедансы прямой и обратной последовательностей равны и что все сопротивления постоянны (то есть не зависят от времени). Эта модель приводит к «прямоугольному провалу» с резким падением среднеквадратичного напряжения, постоянным среднеквадратичным напряжением во время повреждения и резким восстановлением. В предположении о постоянном импедансе все импедансы нагрузки могут быть включены в напряжение источника и эквивалент импеданса, а напряжения на клеммах двигателя равны напряжениям на ПКК. Другими словами: в статической модели провал напряжения распространяется от ПКК к клеммам оборудования без каких-либо изменений остаточного напряжения (характеристическое напряжение и коэффициент ПШ для несбалансированных провалов).

Распространение провалов.

Симметричные ошибки

Чтобы рассчитать напряжение на клеммах оборудования (или в месте расположения монитора при более низком уровне напряжения, чем неисправность), необходимо учитывать изменение импеданса нагрузки из-за провала. Необходима полустатическая или динамическая модель, которая учитывает изменение сопротивления нагрузки во время и после повреждения. Разные типы нагрузки имеют различное поведение, но основные динамические эффекты, вероятно, связаны с асинхронными двигателями. Нагрузочная модель, основанная на нагрузке асинхронного двигателя, показана на рисунке 2 для компонента прямой последовательности, таким образом, для провалов из-за симметричных неисправностей.

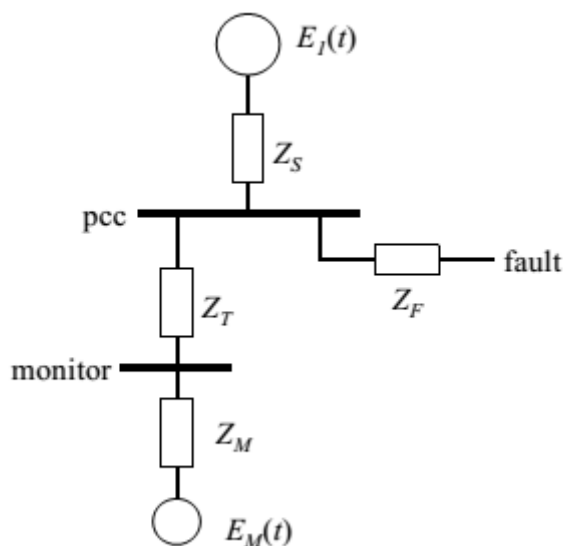


Рисунок 2, модель прямой последовательности для расчета характеристик падения напряжения при включении эффектов динамической нагрузки

Распространение компонентов прямой последовательности от рсс (индекс p) к месту мониторинга (индекс m) можно описать следующим образом:

$$U_{1m} = \frac{Z_M}{Z_T + Z_M} U_{1p} + \frac{Z_T}{Z_T + Z_M} E_M \quad (5)$$

Нагрузка асинхронного двигателя моделируется как источник напряжения (противо-ЭДС) E_M за импедансом Z_M . При нормальной работе обратная ЭДС немного ниже, чем напряжение на клеммах двигателя. Когда напряжение на клеммах падает до более низкого значения при возникновении неисправности, возникает обратная ЭДС, но с некоторой задержкой, определяемой постоянной времени перехода асинхронного двигателя. Когда скорость двигателя падает во время провала, это приводит к дальнейшему затуханию обратной ЭДС. Когда напряжение восстанавливается после устранения неисправности, возникает обратная ЭДС, опять же с задержкой, определяемой постоянной времени перехода и восстановлением скорости двигателя.

Результирующее поведение напряжения при напряжениях на клеммах выглядит следующим образом: первоначально напряжение на клеммах выше, чем напряжение на ПКС; эта разница уменьшается за период времени, определяемый нестационарной постоянной времени двигателей. При более длительных провалах и больших нагрузках на двигатель напряжение на клеммах будет падать и станет меньше напряжения на ПКС.

Несимметричные ошибки

Для несимметричных неисправностей необходимо учитывать как напряжение прямой последовательности, так и напряжение обратной последовательности. Распространение напряжения нулевой последовательности определяется главным образом соединениями обмотки трансформатора и не обсуждается в этой статье. Падение напряжения на клеммах оборудования редко содержит компонент нулевой последовательности.

Модель распространения напряжения обратной последовательности показана на рисунке 3, что эквивалентно модели прямой последовательности на рисунке 2. Модель для компонента обратной последовательности имеет те же значения импеданса, но напряжения источника равны нулю.

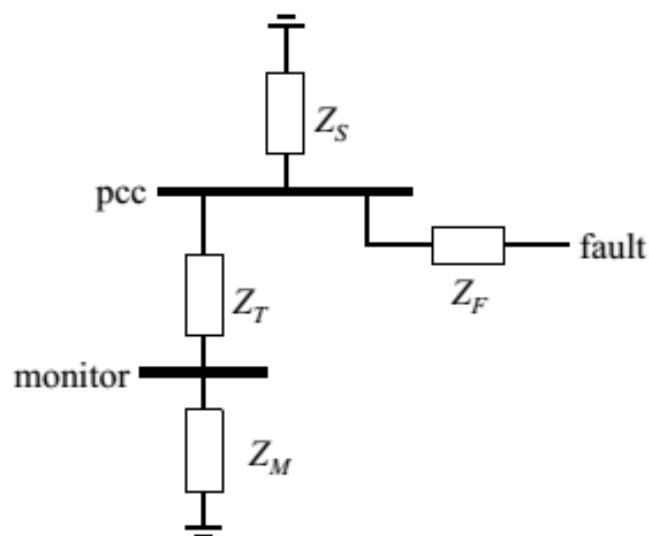


Рисунок 3, модель обратной последовательности для расчета характеристик падения напряжения при включении эффектов динамической нагрузки.

Распространение положительных (нижний индекс 1) и отрицательных последовательностей (нижний индекс 2) компонентов от ПКС (нижний индекс p) к месту мониторинга (нижний индекс m) можно описать следующим образом:

$$U_{1m} = \frac{Z_M}{Z_T + Z_M} U_{1p} + \frac{Z_T}{Z_T + Z_M} E_M \quad (6)$$

$$U_{2m} = U_{2p} \frac{Z_M}{Z_M + Z_T} \quad (7)$$

Для расчета напряжения последовательности на ПКС две сети последовательности должны быть соединены в месте повреждения таким образом, который зависит от типа повреждения. Но для упрощенного анализа, представленного в этой статье, влияние нагрузки на напряжения на ПКС игнорируется. Напряжение положительной и обратной последовательности рассчитывается по модели делителя напряжения на рисунке 1, тогда как нагрузка влияет только на распространение до более низких уровней напряжения.

Распространение напряжения прямой последовательности такое же, как и при трехфазной неисправности, изначально оно выше, чем на ПКС и становится ниже для длинных провалов. Напряжение обратной последовательности на клеммах оборудования во всех случаях ниже, чем на ПКС, так как нет источника напряжения обратной последовательности, кроме неисправности.

Как упомянуто ранее, несбалансированные провалы могут быть описаны через характеристическое напряжение V и коэффициент PN , где значения при рсс находятся из (1) - (4) выше, с коэффициентом PN , равным (положительному последовательность) напряжению источника для однофазных и межфазных неисправностей, большинство несимметричных неисправностей. Как показано в [3], распространение характеристического напряжения и коэффициента PN от ПКС до клемм оборудования описывается следующими выражениями:

$$V_m(t) = \frac{Z_M}{Z_M + Z_T} V_p(t) + \frac{Z_T}{Z_M + Z_T} E_M(t) \quad (8)$$

$$F_m(t) = \frac{Z_M}{Z_M + Z_T} F_p(t) + \frac{Z_T}{Z_M + Z_T} E_M(t) \quad (9)$$

Несимметричные неисправности: Для несимметричных неисправностей распространение характеристического напряжения и коэффициента PN можно рассчитать в соответствии с (8) и (9). Рассмотрим тот же случай, что и для симметричной неисправности, с характерным напряжением 20% и коэффициентом PN 100% на первичной стороне трансформатора 130/10 кВ. Начальное поведение характеристического напряжения такое же, как и для симметричной ошибки, и начальный коэффициент PN составляет 100% для всех уровней напряжения. Падение напряжения прямой последовательности на клеммах двигателя, однако, составляет только половину падения при симметричной неисправности. В результате обратная ЭДС не затухает так сильно, как при симметричной ошибке. Предполагая, что падение против-ЭДС также составляет половину падения при симметричном замыкании (таким образом, до 66% при 10 кВ и до 72% при 400 В), характеристическое напряжение после нескольких циклов составляет 26% при 10 кВ и 33% при 400 В; PN -фактор составляет 95% при 10 кВ и 91% при 400 В.

ИЗМЕРЕНИЕ

Чтобы проверить эту модель распространения падения напряжения, измерения были выполнены при трех уровнях напряжения (132 кВ, 10 кВ и 400 В) в радиальной распределительной сети [5], некоторые результаты измерений представлены здесь. Во всех

случаях симметричные составляющие напряжения получаются из комплексных фазных напряжений. Сложные фазовые напряжения получают путем применения дискретного преобразования Фурье к прямоугольному скользящему окну полупериода, предполагая симметрию между положительным и отрицательным полупериодами формы волны напряжения.

Симметричные ошибки

Результаты для провала из-за трехфазного замыкания показаны на рисунке 4. На этом рисунке показан очень глубокий провал из-за трехфазного замыкания на соседних линиях 132 кВ. Сразу после возникновения неисправности остаточное напряжение явно увеличивается с 132 кВ до 400 В. Приблизительно после двух циклов разница становится меньше, но остается небольшая разница.

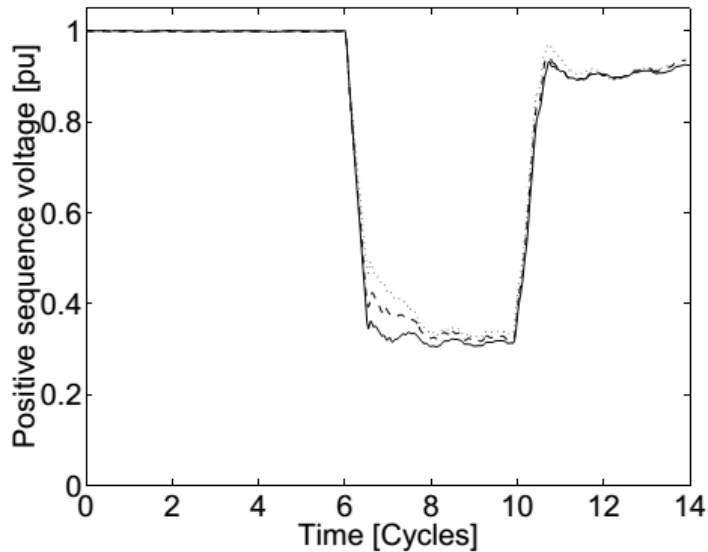
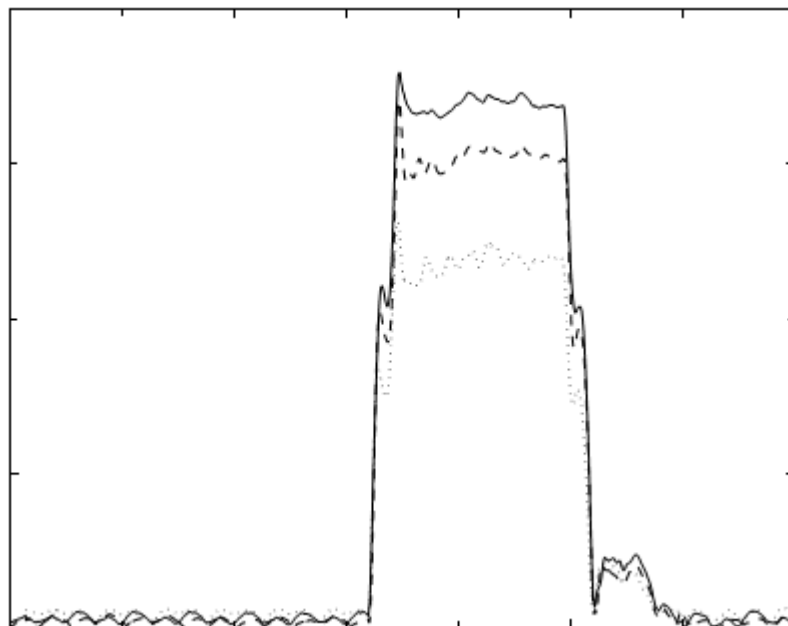


Рисунок 4, Напряжение прямой последовательности при 132 кВ (сплошная), 10 кВ (пунктирная) и 400 Вольт (пунктирная).



На рисунке 6 показано полупериодное напряжение обратной последовательности при 132 кВ (сплошная), 10 кВ (пунктирная) и 400 В (пунктирная).

Несимметричные разломы

Напряжения прямой и обратной последовательности для провала из-за несимметричного повреждения показаны на рисунках 5 и 6 соответственно. Поведение напряжения прямой последовательности аналогично поведению, показанному на рисунке 4. Спад напряжения происходит медленнее из-за меньшего падения напряжения прямой последовательности на клеммах двигателя. Поведение напряжения обратной последовательности отличается от поведения напряжения обратной последовательности: напряжение обратной последовательности остается постоянным во время неисправности и уменьшается в направлении нагрузки.

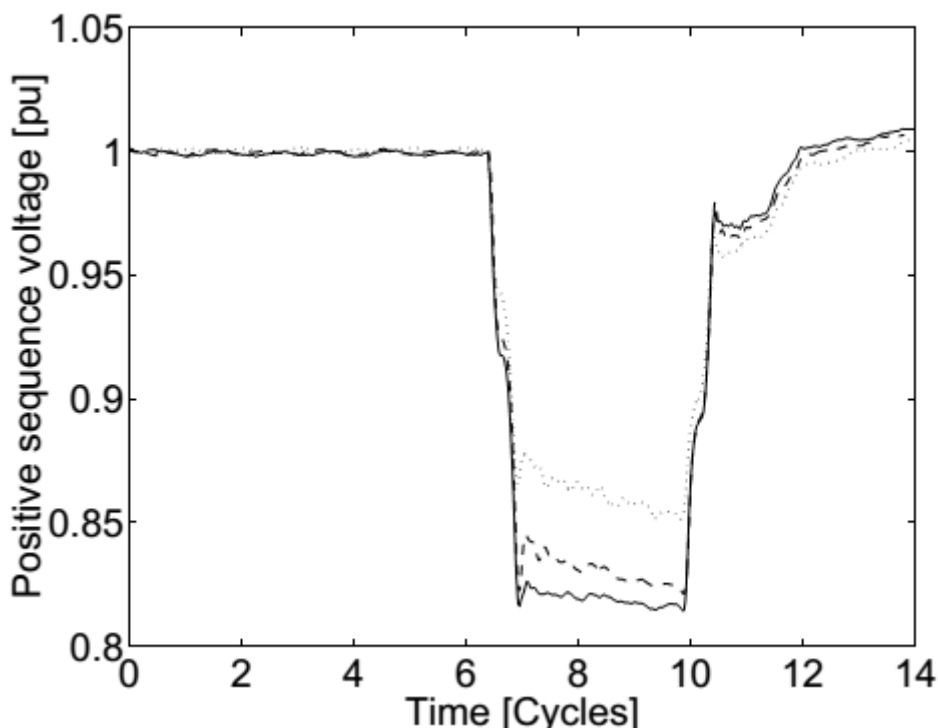


Рисунок 5, напряжение прямой последовательности при 132 кВ (сплошная), 10 кВ (пунктирная) и 400 В (пунктирная).

ВЫВОДЫ

Выводы из теоретического анализа асинхронно-двигательной нагрузки:

- при кратковременных провалах напряжение прямой последовательности возрастает от неисправного уровня к нагрузке. Это увеличение связано с вкладом двигателя в отказ, и оно становится меньше после нескольких циклов.
- для длительных провалов и больших нагрузок двигателя. нагрузка двигателя будет воспринимать больший ток, когда его скорость падает, что приводит к падению напряжения, которое будет больше к нагрузке.
- напряжение обратной последовательности становится меньше при переходе от повреждения к нагрузке. Постоянно во время ошибки.

Из качественного анализа мы пришли к выводу, что поведение другой нагрузки аналогично поведению асинхронного двигателя. Поэтому модель нагрузки асинхронного двигателя может быть использована для качественного анализа распространения провалов напряжения от поврежденного уровня напряжения до клемм оборудования. Эти выводы подтверждаются измерениями. Необходима дальнейшая работа над значениями для полного сопротивления и различных постоянных времени для типичных нагрузок, для количественного анализа электронной нагрузки и дальнейших измерений до подтвердили наши выводы.

Список литературы:

1. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. [Текст] / Учебник для электроэнергетических спец. вузов. / В.А. Веников - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Высшая школа. 1970. - 472 с., с ил.
2. Веников В.А. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей. Веников В.А., Жуков Л.А., Пospelов Г.Е.//Под ред. Веникова В.А. - Высшая школа, 1975, - 344 с.
3. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. Под ред. А.Жукова. - М.: Энергия, 1979. - 456 с. ил.
4. Веников В.А., Мариносян Р.Э Статическая устойчивость как частный случай динамической устойчивости электрических систем *Электричество*. 1981. №6. С.6-9.
5. Козлов А.Н., Джунуев Т.Т. Макромодели синхронной машины и группы машин в системах ограниченной мощности. *Вестник амурского государственного университета. Серия: естественные и экономические науки*. №67. – Благовещенск, 2014. - С.100-104.
6. Строев В.А., В.А. Строев, С.И. Николаев Об учете автоматических регуляторов в расчетах переходных процессов электроэнергетических систем. *Известия АН СССР. Энергетика и транспорт*. – 1986. -№3.
7. М.Х.Дж. Боллен, 2000, Понимание проблем качества электроэнергии - провалы напряжения и перебои, IEEE Press, Нью-Йорк.
8. Р.С. Дуган М.Ф. McGranaghan, Н.В. Битти, 1996, Качество электроэнергетических систем, McGraw Hill, Нью-Йорк.
9. М.Х.Дж. Боллен, доктор философии Чжан, 2003, «Различные методы классификации трехфазных несимметричных провалов напряжения из-за неисправностей», Исследование электроэнергетических систем, в печати.
10. Л.Д. Чжан М.Х.Дж. Боллен, 2000, Характеристика провалов напряжения (провалов) в энергосистемах, IEEE Транзакции на поставку электроэнергии, том 15, № 2, с. 827-832.
11. М.Х.Дж. Боллен, 2001, «О распространении падения напряжения», Труды IEEE PES Летняя встреча.

621.316.3-025.57:519.718

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Осмонова Рима Чынарбековна, науч.сотр., НАН КР, Кыргызстан, 720040, г.Бишкек, пр. Чуй, 66а, e-mail: r.osmonova@mail.ru. ORCID ID 0000- 0002- 7305- 1146

Эралиева Аида Шаршенбековна, аспирант, НАН КР, Кыргызстан, 720040, г.Бишкек, пр. Чуй, 66а, e-mail: loran84@mail.ru.

Темиркулова Наргис Темиркуловна, ст. преподаватель, КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: temirkulova.n@gmail.com.

Аннотация. Рассматривается несимметричная распределительная электрическая сеть в условиях функционирования автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). Сформулирована задача идентификации ее математической модели в комплексной форме, которая сводится к определению вещественных и мнимых частей (параметров) токов и напряжений на нагрузках трехфазной сети. Предложен метод ее решения, основанный на математических соотношениях, описывающих функциональные связи между переменными состояния модели и использовании алгоритмов параметрической оптимизации. Получены системы алгебраических уравнений относительно искомых параметров и дифференциальные

уравнения их адаптации, описывающие процесс движения параметров к их искомым значениям. Реализация процедуры идентификации модели распределительной сети осуществляется с непосредственным использованием исходных данных, полученных по каналам связи с абонентских счетчиков электроэнергии. Метод можно использовать для решения задач диагностики состояний магистральной линии и оптимизации режимов работы распределительной сети в составе АСКУЭ.

Ключевые слова: распределительная сеть, математическая модель, метод идентификации модели.

IDENTIFICATION OF THE DISTRIBUTION ELECTRIC NETWORK MODEL AS AN OBJECTIVES OF CONTROL

Osmonova Rima Chynarbekovna, researcher, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek c., Chui av. 66a, e-mail: r.osmonova@mail.ru. ORCID ID 0000- 0002- 7305- 1146

Eralieva Aida Sharshenbekovna, aspirant, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Chui av. 66a, e-mail: loran84@mail.ru.

Temirkulova Nargis Temirkulovna, senior teacher , KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek c., Aitmatov street 66, e-mail: temirkulova.n@gmail.com.

Abstract. The article considers asymmetric distribution electric network in the conditions of functioning of the automated system of control and metering of the energy resources (ASCME - automated system of control and metering of energy resources). Formulated the problem of identification of its mathematical model in the complex form which is reduced to definition of real and imaginary parts (parameters) of currents and voltages on loadings of a three-phase network. we propose a method of its solution based on the mathematical ratios describing functional communications between state variables of model and use of algorithms of parameter optimization. Received the systems of the algebraic equations of rather required parameters and the differential equations of their adaptation describing process of the movement of parameters to their required values. The realization of identification procedure of model of a distribution network is enabled with direct use of the basic data obtained on communication channels from abonent's counters of the electric power. The method can be used to solve problems of diagnosing the states of the trunk line and optimize the operating modes of the distribution network The method can be used to solve problems of diagnosing the states of the trunk line and optimize the operating modes of the distribution network in the as part of ASCME.

Keywords: distribution network, mathematical model, method of identification of model.

В настоящее время в целях комплексной автоматизации распределительных электрических сетей (РЭС) напряжением 0,4 кВ активно внедряются цифровые технологии в виде автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии (АСКУЭ) [1]. В структуру этих систем входят: концентраторы данных (КД) и группа счётчиков электроэнергии, установленных у потребителей (абонентов) электроэнергии. КД обеспечивают сбор данных с абонентских счетчиков, их хранение и обработку в целях выполнения соответствующих функций АСКУЭ. Обмен данными между функциональными элементами автоматизированной системы осуществляют телекоммуникационные модули на основе различных технологий передачи данных (PLC, GSM и пр.). Известно, что основной задачей АСКУЭ является коммерческий учёт электроэнергии. Вместе с тем повышение эффективности системы требует решения ряда диагностических [10,8,14] и оптимизационных задач [9,5,3] в составе АСКУЭ, к числу которых, в частности, относятся задачи идентификации

несанкционированных отборов (хищения) электроэнергии [23,15,16] и оптимизации режимов работы РЭС [17, 18]. Для этой цели имеется необходимость решения задачи идентификации математической модели распределительной сети в условиях несимметрии токов и напряжений [19,4,22] в режиме реального времени. Применение существующих методов [6,13,11,12,1] для этой цели представляет определённые трудности. В работе предлагается один из возможных методов построения модели трехфазной РЭС в комплексной форме.

Постановка задачи. В качестве объекта рассматривается четырехпроводная РЭС, расчетная схема которой показана на рис.1.

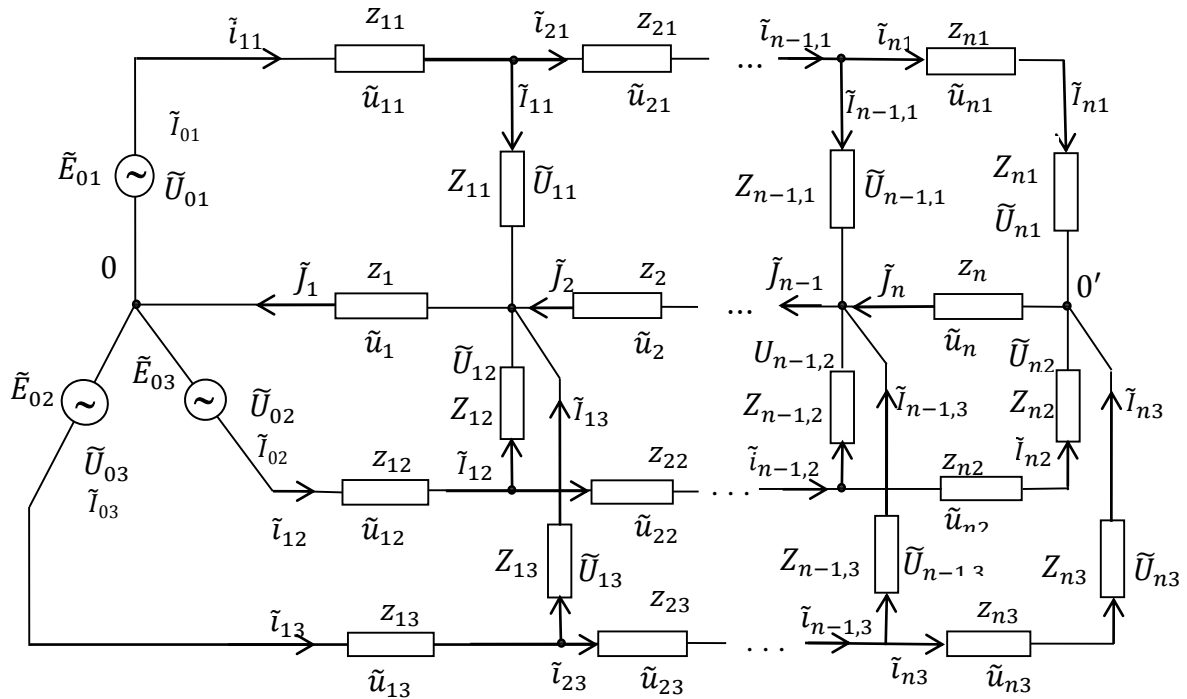


Рис.1. Расчетная схема трехфазной сети

Обозначения имеют следующий смысл: k, v - индексные переменные, обозначающие соответственно номера фаз А, В, С ($k = \overline{1,3}$) и электрических контуров сети ($v = \overline{1,n}$); \tilde{E}_{0k} – ЭДС k -ой фазы; $\tilde{U}_{0k}, \tilde{I}_{0k} = \tilde{i}_{1k}$ – мгновенные синусоидальные напряжения и токи соответственно на входах соответствующих фаз; $\tilde{I}_{vk}, \tilde{U}_{vk}, Z_{vk}$ – синусоидальные мгновенные ток, напряжение и сопротивление нагрузки (электроприемника) с координатой (v, k) ; \tilde{i}_{vk}, z_{vk} – мгновенный ток и комплексное сопротивление v -го межэлектродного участка (МАУ) k -ой фазы; $\tilde{u}_{vk}, \tilde{u}_v$ – напряжения соответственно на v -ом МАУ k -й фазы и нейтрального провода; \tilde{J}_v, z_v – мгновенный ток и комплексное сопротивление v -го участка нейтрального провода.

Далее будем считать, что распределительная сеть функционирует в штатном режиме и в системе используются технические средства для подавления высших гармонических составляющих токов и напряжений в сети.

В дискретные моменты времени $t \in [t_\xi, t_{\xi+1}]$ с шагом дискретизации $\Delta t_\xi = t_{\xi+1} - t_\xi$ ($\xi = 1,2, \dots$) осуществляется опрос головного и абонентских счетчиков электроэнергии. При этом в базу данных АСКУЭ по каналам связи поступают следующие данные:

- действующие значения токов I_{vk} и напряжений U_{vk} на нагрузках сети;
- коэффициенты мощности $c_{vk} = \cos \varphi_{vk}$, определяемые фазовыми сдвигами φ_{vk} между соответствующими напряжениями \tilde{U}_{vk} и токами \tilde{I}_{vk} ($k = \overline{1,3}, v = \overline{0,n}$);
- активные и реактивные мощности, потребляемые нагрузками сети.

Как известно, мгновенные синусоидальные токи \tilde{I}_{vk} и напряжения \tilde{U}_{vk} на нагрузках сети в установившемся режиме можно представить в комплексной форме [16, 6]:

$$\dot{I}_{vk} = I_{vk}^B + jI_{vk}^M = I_{vk} e^{j\tilde{\alpha}_{vk}}, \quad (1)$$

$$\dot{U}_{vk} = U_{vk}^B + jU_{vk}^M = U_{vk} e^{j\tilde{\psi}_{vk}}, \quad v = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, 3}, \quad (2)$$

где символы «B» и «M» обозначают вещественные и мнимые части соответствующих комплексных переменных; $I_{vk}, U_{vk}, \tilde{\alpha}_{vk}, \tilde{\psi}_{vk}$ – модули и фазовые сдвиги этих переменных. При этом

$$\begin{aligned} \tilde{\alpha}_{vk} &= \beta_k + \alpha_{vk}, & \tilde{\psi}_{vk} &= \beta_k + \psi_{vk}, \\ \varphi_{vk} &= \psi_{vk} - \alpha_{vk}, & \beta_k &= 2(k-1)\pi/3, \end{aligned}$$

где α_{vk}, ψ_{vk} – приращения фазовых сдвигов относительно их номинальных значений β_k , обусловленные несимметрией токов и напряжений в сети. В случае, когда построена модель нагрузок в форме (1) и (2), а также известны сопротивления участков сети Z_{vk}, Z_v межабонентские комплексные токи i_{vk}, j_v и напряжения \dot{u}_{vk}, \dot{u}_v можно определить на основе известных законов электротехники (рис.1):

$$i_{vk} = \sum_{l=v}^n \dot{I}_{lk} = \sum_{l=v}^n (I_{lk}^B + jI_{lk}^M) = I_{vk} e^{j(\beta_k^* + \tilde{\alpha}_{vk})}, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \dot{u}_{vk} &= i_{vk} Z_{vk}, & v &= \overline{1, n}, & k &= \overline{1, 3}. \\ j_v &= i_{v1} + i_{v2} + i_{v3}, & \dot{u}_v &= j_v Z_v, & v &= \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (4)$$

Соотношения (1) – (4) представляют собой математическую модель трехфазной РЭС. Анализ этих соотношений показывает, что для построения модели несимметричной распределительной сети необходимо идентифицировать вещественные I_{lk}^B, U_{vk}^B и мнимые I_{lk}^M, U_{vk}^M части комплексных токов и напряжений на нагрузках сети. Задача заключается в идентификации неизвестных величин (параметров) $U_{vk}^B, U_{vk}^M, I_{vk}^B$ и I_{vk}^M .

Метод решения задачи. Отметим, что с помощью счётчиков электроэнергии, входящих в состав АСКУЭ, измеряются лишь действующие значения токов I_{vk} и напряжений U_{vk} , а вещественные и мнимые части комплексных переменных \dot{I}_{vk} и \dot{U}_{vk} остаются неизвестными. Для их определения комплексные мощности \dot{P}_{vk} нагрузок сети представим в следующем виде [6]:

$$\dot{P}_{vk} = \dot{U}_{vk} \dot{I}_{vk}^* = p_{vk}^B + jp_{vk}^M, \quad v = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, 3}, \quad (5)$$

где \dot{I}_{vk}^* – сопряжённое значение комплексного тока \dot{I}_{vk} ; p_{vk}^B, p_{vk}^M – активные и реактивные мощности, потребляемые соответствующими электроприемниками. При этом значения величин p_{vk}^B и p_{vk}^M можно вычислить по данным счетчиков электроэнергии:

$$\begin{aligned} p_{vk}^B &= U_{vk} I_{vk} \cos \varphi_{vk}, \\ p_{vk}^M &= U_{vk} I_{vk} \sin \varphi_{vk}, \quad v = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, 3}. \end{aligned}$$

Теперь подставляя выражения (1) и (2) для комплексных токов \dot{I}_{vk} и напряжений \dot{U}_{vk} в формулы (5) и после несложных преобразований получаем следующие равенства:

$$\begin{aligned} U_{vk}^B I_{vk}^B + U_{vk}^M I_{vk}^M &= p_{vk}^B, \\ U_{vk}^M I_{vk}^B - U_{vk}^B I_{vk}^M &= p_{vk}^M, \quad v = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, 3}. \end{aligned} \quad (6)$$

Как известно [6], действующие значения (модули) токов и напряжений удовлетворяют следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} (I_{vk}^B)^2 + (I_{vk}^M)^2 &= I_{vk}^2, \\ (U_{vk}^B)^2 + (U_{vk}^M)^2 &= U_{vk}^2, \quad v = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, 3}. \end{aligned} \quad (7)$$

Соотношения (6) и (7) представляют собой системы алгебраических уравнений относительно искомых параметров ($U_{vk}^B, U_{vk}^M, I_{vk}^B$ и I_{vk}^M), для решения которых можно использовать численные методы [2, 21]. Для удобства дальнейших выкладок для фиксированных v и k введем следующие обозначения:

$$\begin{aligned} x_1 &= U_{vk}^B, & x_2 &= U_{vk}^M, & x_3 &= I_{vk}^B, & x_4 &= I_{vk}^M, \\ c_1 &= p_{vk}^B, & c_2 &= p_{vk}^M. \end{aligned}$$

Теперь образуем вектор $x = [x_1, x_2, x_3, x_4]$, составленный из новых переменных. С учетом введенных обозначений системы уравнений (6) и (7) для фиксированных значений v и k запишутся в виде

$$\begin{cases} x_1x_3 + x_2x_4 = c_1, \\ x_2x_3 - x_1x_4 = c_2, \\ x_1^2 + x_2^2 = c_3, \\ x_3^2 + x_4^2 = c_4. \end{cases} \quad (8)$$

Для решения системы уравнений (8) будем использовать алгоритм, предложенный в [20, 21]. В соответствии с этим алгоритмом на основе соотношений (8) вначале определяются ошибки идентификации $E_1(x), E_2(x), E_3(x), E_4(x)$:

$$\begin{aligned} E_1(x) &= x_1x_3 + x_2x_4 - c_1, \\ E_2(x) &= x_2x_3 - x_1x_4 - c_2, \\ E_3(x) &= x_1^2 + x_2^2 - c_3, \\ E_4(x) &= x_3^2 + x_4^2 - c_4. \end{aligned} \quad (9)$$

Далее для решения системы уравнений (8) в рассмотрение вводится квадратическая критериальная (штрафная) функция:

$$E(x) = E_1^2(x) + E_2^2(x) + E_3^2(x) + E_4^2(x). \quad (10)$$

В результате задача определения вектора $x = [x_1, x_2, x_3, x_4]$, обеспечивающего решение системы уравнений (8), сводится к решению задачи минимизации:

$$\min_{x \in R^4} E(x) = E(x^*), \quad (11)$$

где R^4 – четырехмерное арифметическое пространство; $x^* = [x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*]$ – вектор-параметр, обеспечивающий минимум критериальной функции $E(x)$. Для того, чтобы найденный таким образом вектор-параметр x^* принять в качестве решения системы уравнений (8) достаточно выполнения следующего условия:

$$E(x^*) < \delta, \quad (12)$$

где δ – положительное число, близкое к нулю.

Для решения экстремальной задачи (12) используется следующее критериальное условие [23]:

$$\int_0^t E \frac{dE}{dt} dt < 0, \quad (13)$$

выполнение которого обеспечивает минимизацию штрафной функции $E(x)$ во времени t . Поиск искомых параметров на основе соотношений (13) осуществляется посредством уравнений адаптации компонентов вектора $x^* = [x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*]$ во времени. Для получения этих уравнений вначале определяется производная штрафной функции:

$$\frac{dE}{dt} = 2E_1 \frac{dE_1}{dt} + 2E_2 \frac{dE_2}{dt} + 2E_3 \frac{dE_3}{dt} + 2E_4 \frac{dE_4}{dt}. \quad (14)$$

При этом производные $dE_1/dt, dE_2/dt, dE_3/dt$ и dE_4/dt можно вычислить на основе выражений (9):

$$\begin{cases} \frac{dE_1}{dt} = x_3 \frac{dx_1}{dt} + x_1 \frac{dx_3}{dt} + x_4 \frac{dx_2}{dt} + x_2 \frac{dx_4}{dt}, \\ \frac{dE_2}{dt} = x_3 \frac{dx_2}{dt} + x_2 \frac{dx_3}{dt} - x_4 \frac{dx_1}{dt} - x_1 \frac{dx_4}{dt}, \\ \frac{dE_3}{dt} = 2x_1 \frac{dx_1}{dt} + 2x_2 \frac{dx_2}{dt}, \\ \frac{dE_4}{dt} = 2x_3 \frac{dx_3}{dt} + 2x_4 \frac{dx_4}{dt}. \end{cases}$$

Подставляя полученные производные в выражение для dE/dt , определяемое формулой (14), получаем

$$\frac{dE}{dt} = 2 \left[(E_1x_3 - E_2x_4 + E_3x_1) \frac{dx_1}{dt} + (E_1x_4 + E_2x_3 + 2E_3x_2) \frac{dx_2}{dt} + (E_1x_1 + E_2x_2 + 2E_4x_3) \frac{dx_3}{dt} + (E_1x_2 - E_2x_1 + 2E_4x_4) \frac{dx_4}{dt} \right].$$

Теперь подставляя выражение для dE/dt в соотношение (13) на основе методики, изложенной в [20, 21], получаем следующие уравнения адаптации компонентов искомого вектор-параметра x :

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= \gamma_1 f_1(x), \\ \frac{dx_2}{dt} &= \gamma_2 f_2(x), \\ \frac{dx_3}{dt} &= \gamma_3 f_3(x), \\ \frac{dx_4}{dt} &= \gamma_4 f_4(x), \end{aligned} \tag{15}$$

$$x^0 = [x_1^0, x_2^0, x_3^0, x_4^0],$$

где x^0 – значение вектор – параметра в начальный момент времени $t_0 = 0$; $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$, $f_4(x)$, – функции, определяемые по формулам

$$\begin{aligned} f_1(x) &= E_1x_3 - E_2x_4 + E_3x_1, \\ f_2(x) &= E_1x_4 + E_2x_3 + 2E_3x_2, \\ f_3(x) &= E_1x_1 + E_2x_2 + 2E_4x_3, \\ f_4(x) &= E_1x_2 - E_2x_1 + 2E_4x_4; \end{aligned}$$

γ_ξ – вещественные отрицательные числа, т.е. $\gamma_\xi < 0$, $\xi = \overline{1,4}$.

Далее определяем установившиеся решения системы дифференциальных уравнений (15):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_\xi = x_\xi^*, \quad \xi = \overline{1,4}.$$

При выполнении условия (12) компоненты найденного вектора $x^* = [x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*]$ являются оценками искомым величин, т.е.

$$U_{vk}^B = x_1^*, \quad U_{vk}^M = x_2^*, \quad I_{vk}^B = x_3^*, \quad I_{vk}^M = x_4^*.$$

Таким образом, на основе формирования систем уравнений (8) и решения уравнения адаптации (15) искомым параметров можно идентифицировать модель трехфазной распределительной сети в комплексной форме. Далее ее можно использовать для решения диагностических и оптимизационных задач в составе АСКУЭ.

Выводы. Предложен метод построения математической модели распределительной электрической сети напряжением 0,4 кВ по данным счетчиков электроэнергии, входящих в состав АСКУЭ. Считается, что трехфазная сеть функционирует в условиях несимметрии токов и напряжений. Переменные модели (токи, напряжения, активные, реактивные мощности) представляются в комплексной форме. Задача идентификации модели сводится к определению вещественных и мнимых частей (параметров) переменных модели, определяющих электрическое состояние сети. На основе рассмотрения соотношений, описывающих функциональные связи между переменными сети, получены системы алгебраических уравнений относительно искомым параметров. Для их решения использован численный алгоритм, основу которого составляют уравнения адаптации параметров сети, установившиеся решения которых и определяют искомые величины. Полученные результаты можно использовать для решения задач диагностики состояний магистральной линии и оптимизации режимов работы распределительной сети в составе АСКУЭ.

Литература

1. Будникова И.К., Белашова Е.С. Компьютерное моделирование параметров распределительной электрической сети // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 9-10. С. 75-81.
2. Бахвалов Н.С. Численные методы. – М.: Наука, 1975. –632с.
3. Войтов О.Н., Мантров В.А., Семенова Л.В. Анализ несимметричных режимов электроэнергетических систем и управление ими // Электричество. 1999. № 10. С.2-18.
4. Гринкруг М.С., Митин И.А. Управление несимметрией токов в распределительных сетях низкого напряжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2009. № 3-4. С. 80-84.
5. Дулепов Д.Е., Кондраненкова Т.Е. Снижение потерь электрической энергии при несимметричных режимах в сельских распределительных электрических сетях 0,38 кВ // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 2 (42). С. 139-145.
6. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин А.В. Теоретические основы электротехники. Т.1, –СПб.: Питер, 2009. -512 с.
7. Еремина М.А. Развитие автоматических систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) // Молодой ученый. 2015. №3. С. 135-138.
8. Ершов А.М., Филатов О.В., Млоток А.В. и др. Система защиты электрической сети напряжением 380В от обрывов проводов воздушной линии // Электрические станции. 2016, №5. С.28-33.
9. Идельчик В.И. Расчеты и оптимизация режимов электрических сетей и систем — М.: Энергоатомиздат, 1988. -288 с.
10. Киншт Н.В., Петрунько Н.Н. Диагностика электрических цепей и систем. – Владивосток: Дальнаука, 2013. 242с.
11. KavaleroV V.V. A method for development of software packages for mathematical simulation of electric power systems / KavaleroV B.V., Petrochenkov A.B., Odin K.A., Tarasov V.A. // Russian Electrical Engineering. -2015. Т. 86. -№ 6. -pp. 331-338.
12. Кочергин С.В., Кобелев А.В., Хребтов Н.А., Киташин П.А., Терехов К.И. Моделирование сельских распределительных электрических сетей 10/0,4 кВ // Fractal simulation. 2013. №1. С.5-13.
13. Кобелев А.В., Кочергин С.В., Джапарова Д.А Моделирование несимметричных сельских распределительных электрических сетей 10/0,4 Кв. 2017. № 2 (26). С. 47-53.
14. Оморов Т.Т., Такырбашев Б.К. Идентификация состояния распределительной электрической сети всистемах автоматизации учета и управления энергопотреблением // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. Т. 17. № 10. С. 651-656.
15. Omorov T.T., Takyrbashev B. K., Osmonova R.Ch. Synthesis of the managing director of the subsystem for optimization of the operating mode of the distributive electric network // Engineering Studies. 2016, №3. pp. 606-615.
16. Оморов Т.Т., Такырбашев Б.К., Осмонова Р.Ч., Койбагаров Т.Ж. Идентификация утечек тока в распределительных сетях по данным АСКУЭ // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2018. Т. 18. № 2. С. 48-54.
17. Оморов Т.Т., Такырбашев Б.К., Койбагаров Т.Д., Осмонова Р.Ч. Метод идентификации несанкционированного потребления электроэнергии в распределительной сети по данным АСКУЭ // Электрические станции. 2019. № 2 (1051). С. 37-41.
18. Оморов Т.Т. Симметрирование распределенной электрической сети методом цифрового регулирования // Мехатроника, автоматизация, управление. 2018. Т. 19. № 3. С. 194-200.
19. Оморов Т.Т. Оценка влияния несимметрии токов и напряжений на потери электроэнергии в распределительной сети с использованием АСКУЭ / Оморов Т.Т. // Электричество. -2017. -№ 9. -С. 17-23.

20. Оморов Т.Т., Кожекова Г.А. Синтез законов управления взаимосвязанными электроприводами // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. №10. С.10-13.

21. Оморов Т.Т., Кожекова Г.А. Синтез системы управления синхронным генератором // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2011. №1. С. 5-9.

22. Пономаренко О.И., Холиддинов И.Х. Влияние несимметричных режимов на потери мощности в электрических сетях распределенных систем электроснабжения // Энергетик. 2015. №12. С.6-8.

23. Сапронов А.А., Кужеков С.Л., Тынянский В.Г. Оперативное выявление неконтролируемого потребления электроэнергии в электрических сетях напряжением до 1 кВ // Изв.вузов. Электромеханика. 2004. №1. С.55-58.

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4-500 КВ СОГДИЙСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Чоршанбиев Сироджиддин Ражаббокиевич, ассистент, Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими, Республика Таджикистан, 734042, г. Душанбе, проспект акад. Ражабовых, 10А. e-mail: sirochiddin.chorshanbiev.89@mail.ru код ORCID 0000-0003-0439-7765

Шведов Галактион Владимирович, к.т.н., доцент, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия, 111250, г.Москва, ул. Краснокозарменная 17. e-mail: shvedovgv@mpei.ru код:orcid.org/0000-0002-2308-672X

Аннотация. В данной статье описываются результаты структурного анализа потерь электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4-500 кВ Согдийской области Республики Таджикистан.

Приведены сведения по количеству и установленной мощности трансформаторов понижающих подстанций и протяженности линий электропередачи Согдийской области Республики Таджикистан с разбивкой по классам напряжений 0,4-500 кВ.

Представлена структура технических потерь электроэнергии по классам напряжений и видам потерь. Выявлены предприятия электрических сетей Согдийской области с высокими уровнями относительных потерь электроэнергии. Также выявлены существенные отличия в соотношениях нагрузочных и условно-постоянных потерь в электрических сетях напряжением 35-500 кВ в некоторых предприятиях Согдийской области. Значения составляющих технических потерь электроэнергии сопоставлены со среднестатистическими значениями в электрических сетях России.

Ключевые слова: потери электроэнергии, электрические сети, структура технических потерь, линии электропередачи, Согдийская область, Республика Таджикистан.

ANALYSIS OF ELECTRIC POWER LOSSES IN 0.4-500 KV ELECTRICAL NETWORKS OF THE SOGD REGION - REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Shorshanbiev Sirodzhiddin Razhabokievich, Teaching assistant, Tajik Technical University named after Academic M.S. Osimi, Republic of Tajikistan, 734042, Dushanbe, Acad. Radjabovs, 10A. E-mail: sirochiddin.chorshanbiev.89@mail.ru, code: ORCID 0000-0003-0439-7765

Shvedov Galaktion Vladimirovich, Ph.D., Associate Professor, National Research University "MPEI", Russia, 111250, Moscow, st. Krasnokozarnennaya, 17. E-mail: shvedovgv@mpei.ru, code: orcid.org/0000-0002-2308-672X

Abstract. This paper describes the results of structural analysis of electric power losses in the 0.4-500 kV electrical networks of in Sogd region of the Republic of Tajikistan.

The data about the number and installed capacity of the transformers of the step-down substations and the length of overhead transmission lines in the Sogd region of the Republic of Tajikistan are given and distributed according to the voltage level from 0.4-500 kV.

The structure of technical power losses by voltage level and types of power losses is presented. The enterprises of electric networks of Sogd region with high levels of relative losses of electricity are revealed. In addition, a significant deviation in the ratios of load and conditionally permanent losses in electric networks of 35-500 kV in some enterprises of the Sogd region are revealed. The values of the components of technical power losses are compared with the corresponding average values in the electrical networks of Russia.

Key words: electric power losses, electric networks, structure of technical power losses, transmission lines, Sogd region, Republic of Tajikistan.

Введение

Электрические сети Согдийской области, являются важнейшей инфраструктурной частью электроэнергетической системы Республики Таджикистан.

Электрические сети Согдийской области Республики Таджикистан работают в новых сложных условиях управления экономикой страны, ее производственно- технологической и хозяйственной деятельностью с существенно большей, чем ранее, ориентацией на интеграцию в мировое экономическое пространство, с поисками своего пути в этом пространстве. Не смотря на эти сложности, в электрических сетях Согдийской области широким фронтом ведутся работы по реконструкции, модернизации и инновационному развитию основного электросетевого оборудования и систем управления.

Энергетические обследования субъектов электроэнергетики Республики Таджикистан и в частности Согдийской области показывают, что работа по энергосбережению и повышению энергетической эффективности на электрических станциях, и в электрических сетях, зачастую носит формальный характер и за редким исключением, не дает желаемых результатов [1-4]. Свидетельство этого можно увидеть на рисунке 1. Фактические относительные потери электроэнергии в электрических сетях 0,4-500 кВ Согдийской области Республики Таджикистан за 2016 год [5-9] превосходят допустимые пределы в 10%, которой считают максимально допустимым с точки зрения физики передачи электроэнергии по сетям [10].

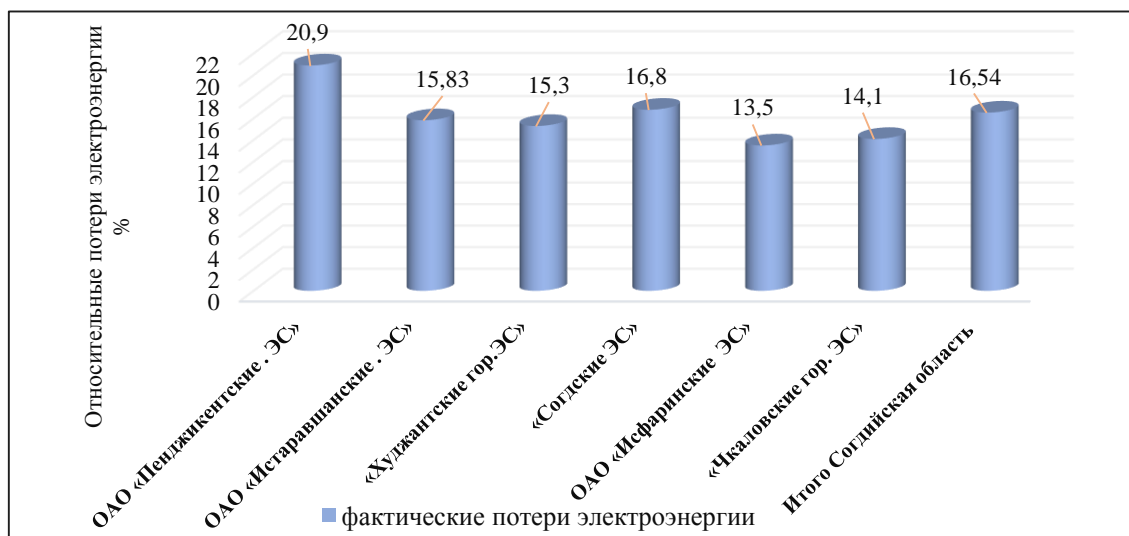


Рисунок 1. Фактические относительные потери электроэнергии при её транспортировке по электрическим сетям 0,4-500 кВ Согдийской области Республики Таджикистан за 2016 год.

Как следует из рисунка 1, уровень относительных потерь электроэнергии, среди городских и районных электрических сетей составляет 13-21 %, и в целом по электрическим сетям Согдийской области в 2016 году составил 16,54 %,

Все это говорит о высокой актуальности и востребованности исследований в данной области, а также требует проведение полноценного анализа потерь электроэнергии в электрических сетях 0,4-500 кВ Согдийской области. С связи с этим в данной статье рассматривается анализ потерь электроэнергии в электрических сетях 0,4-500 кВ Согдийской области Республики Таджикистан.

Электрические сети Согдийской области состоят из 6 районных и городских электрических сетей [5]: 1) ОАО «Пенджикентские . ЭС»; 2) ОАО «Истаравшанские . ЭС»; 3) «Худжантские гор.ЭС»; 4) «Согдские ЭС»; 5) ОАО «Исфаринские ЭС»; 6) «Чкаловские гор. ЭС».

В таблице 1 приведены данные об установленных мощностях трансформаторов понизительных подстанций (ПС) 6-500 кВ, а в таблице 2 приведены данные о протяженности воздушных (ВЛ) и кабельных (КЛ) линий электропередач (ЛЭП) номинальным напряжением 0,4-500 кВ, которые входят в состав электрических сетей Согдийской области Республики Таджикистан [3,5].

Таблица 1.

Установленная мощность и количество трансформаторов ПС 6-500 кВ, входящих в состав электрических сетей Согдийской области на 2015 г

Высшее номинальное напряжение ПС, кВ	6-10-20-35/0,4	35	110	220	500	Итого
Количество трансформаторов, шт	3956	88	68	11	1	4124
Мощность трансформаторов, МВА	993,455	619,96	1770,1	1924	1002	6309,515

Из таблицы 1 видно, что суммарная установленная мощность трансформаторов ПС 6-500 кВ в целом по Согдийской области составляет 6309,515 МВА. Из них большую долю составляет мощность ПС напряжением 220 кВ - 1924 МВА (30,49%) и ПС напряжением 110 кВ – 1770,1 МВА (28,05%); доля остальных ПС: 6-10-20-35/0,4 кВ: 993,455 МВА (15,74%), 35 кВ: 619,96 МВА (9,82%), 500 кВ : 1002 МВА (15,9%).

Таблица 2.

Протяженность ВЛ и КЛ 0,4-500 кВ, входящих в состав электрических сетей Согдийской области на 2015 г

Тип ЛЭП	Длина ЛЭП, км, при номинальном напряжении, кВ						Сумма
	0,4	6-10-20	35	110	220	500	
ВЛ	*7595,91	6474,393	914,733	1124,07	547,35	157,3	16813,75
	*7595,91	6564,023	1092,953	1455,81	684,21	157,3	17550,20
КЛ	262,03	586,111	3,391	-	-	-	851,532
Итого							18401,73

Примечание: * В числителе протяжённость по направлению, а в знаменатели- по цепи.

Из таблицы 2 видно, что суммарная протяженность ЛЭП 0,4-500 кВ в целом по республике составляет 18401,73 км, из них на долю ВЛ приходится 17550,20 км (95,4 %), на долю КЛ – 18401,73 (4,6%). Среди ВЛ существенно большую протяженность в сравнении с другими классами напряжения имеют линии 0,4 кВ 7595,91 км (что составляет 43,28%). Среди КЛ большую протяженность имеют КЛ напряжением 6-10-20 кВ – 586,111 км (что составляет 68,8%).

Анализ потери электроэнергии в распределительных электрических сетях 6,10,0,4 кВ Согдийской области Республики Таджикистан.

Согласно [11-13] в зарубежных развитых странах, уровень относительных потерь в распределительных сетях 6,10,0,4 кВ составляет от 3-5 %.

На рисунке 2 [5,8,14-16], приведены фактические абсолютные и относительные потери электроэнергии в распределительных сетях 6,10,0,4 кВ Согдийской области.

Как следует из рисунка 2 в распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ в целом по Согдийской области Республики Таджикистан в 2016 году уровень относительных потерь составил 12,61 % (абсолютные потери -522,07 млн кВт·ч).

Среди городских и районных распределительных электрических сетей 6-10/0,4 кВ высокий уровень потерь электроэнергии наблюдается в ОАО «Худжандские гор. ЭС» относительные потери – 15,16 % (абсолютные -88,7 млн кВт·ч), ОАО «Согдские ЭС» относительные – 13,04 % (абсолютные -217,83 млн кВт·ч), и ОАО «Чкаловские гор. ЭС» относительные – 12,39 % (абсолютные -15,24 млн кВт·ч).

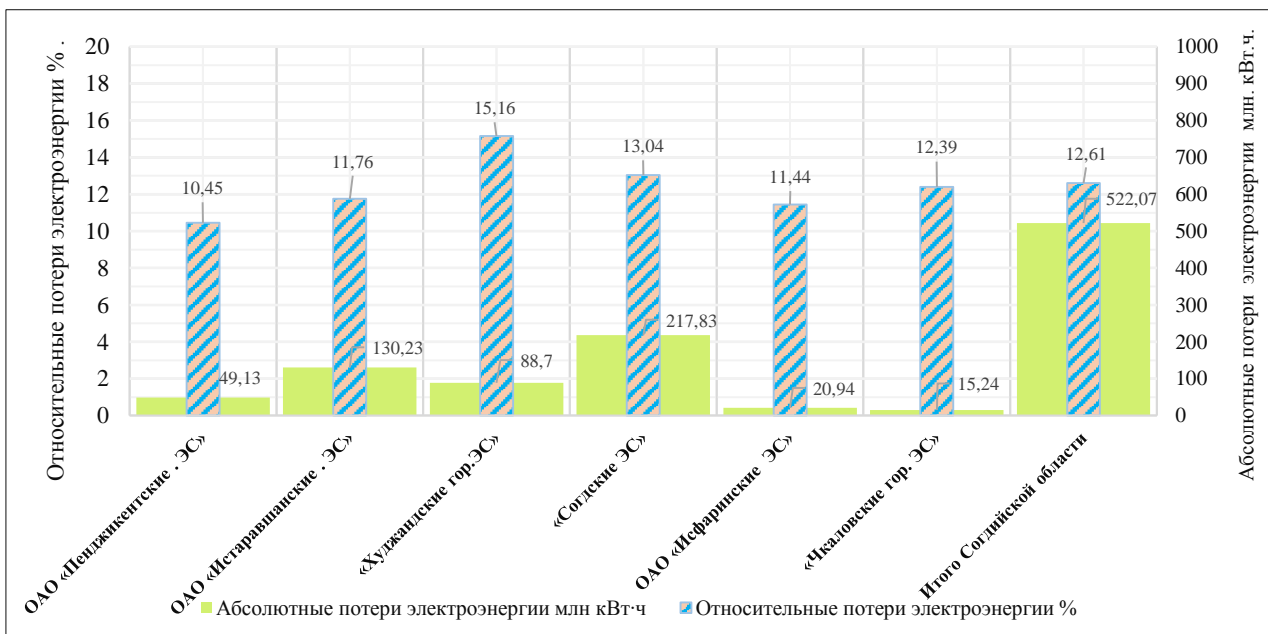


Рисунок 2. Фактические потери электроэнергии (абсолютные и относительные) при её транспортировке по распределительным электрическим сетям 6-10/0,4 кВ Согдийской области Республики Таджикистан за 2016 год.

Республика имеет благоприятные условия для использования солнечной энергии за счет географического расположения и природно-климатических условий.

Последние годы, для повышения эффективности работы энергосистемы Республики Таджикистан активно внедряется распределенная генерация в виде солнечной энергии [8,17,18].

Детализированные научные исследования свидетельствует о том, что непосредственное подключение солнечной генерации к распределительной сети 6,10, 0,4 кВ помимо очевидных и неоспоримых преимуществ, приводит к существенной разгрузке электрических сетей и как следствие к значительному росту относительных условно-постоянных потерь в распределительных сетях 10 кВ (в первую очередь потерь холостого хода трансформаторов) [19-25]. С одной стороны, этот факт может стать одной из основных причин, высокого уровня потерь электроэнергии в распределительных сетях 6,10, 0,4 кВ. С другой стороны, высокий уровень потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 6,10, 0,4 кВ вызван: изношенностью электрических сетей; неоптимальными режимами их работы, высокой неравномерностью графиков электрических нагрузок; неэффективностью систем учета

электроэнергии; отсутствием нормативно-правовых актов, программ направленных на снижение потерь электроэнергии; потери электроэнергии не рассчитываются на основе показаний системы учёта, собираются только значения фактических (отчетных) потерь электроэнергии; очаги потерь не выявляются.

Анализ потерь электроэнергии в высоковольтных электрических сетях 35-500 кВ Согдийской области Республики Таджикистан.

В таблице 2 приведены технические (нагрузочные и условно-постоянные) потери электроэнергии в высоковольтных электрических сетях 35-500 кВ по отдельным предприятиям электрических сетей Согдийской области.

Как следует из таблицы 3, отношение нагрузочных и условно- постоянных потерь в ОАО «Пенджикентские гор. ЭС» – 87,88 %: 12,12 %, ОАО «Истаравшанские гор. ЭС» – 65,98 % :34,02 %, ОАО «Худжантские гор.ЭС» – 64,39 % :35,61 %, ОАО «Согдские ЭС» – 68,37 % :31,63 %, ОАО «Исфаринские гор. ЭС» – 58,86 % :41,14 %, и в ОАО «Чкаловские гор.ЭС» - 57,12 % :42,88 %.

Из таблицы 3. видно, что среди технических потерь наибольшие потери наблюдается в ЛЭП. В ОАО «Пенджикентские гор. ЭС» -86,51 %, ОАО «Согдские ЭС» -71,63 %, ОАО «Истаравшанские гор. ЭС» -61,67 %.

Таблица 3.

Технические потери электроэнергии в высоковольтных электрических сетях 35-500 кВ Согдийской области на 2015 г

Наименование электрических сетей.	Передача электро-энергии млн кВт*ч	Технические потери, млн кВт*ч												
		Нагрузочные				Условно- постоянные							Всего	%
		ЛЭП	%	Трансформаторы	%	Климатические	%	Холостой ход трансформатора	%	Расход СНПС	%			
ОАО «Пенджикентские гор. ЭС»	405	37,76	85,22	1,18	2,66	0,57	1,29	2,41	5,44	2,39	5,39	44,31	10,9	
ОАО «Истаравшанские гор. ЭС»	1019	29,4	56,8	4,75	9,18	2,52	4,87	9,25	17,9	5,84	11,3	51,76	5,08	
ОАО «Худжантские гор.ЭС»	596	1,31	34,29	1,15	30,1	0,02	0,52	1,07	28,1	0,27	7,06	3,82	0,64	
ОАО «Согдские ЭС»	1576	62,9	66,47	5,18	5,47	4,88	5,16	12,5	13,2	9,17	9,69	94,63	6	
ОАО «Исфаринские гор. ЭС»	247	3,52	45,36	1,05	13,5	0,4	5,15	1,65	21,3	1,14	3,14	7,76	3,14	
ОАО «Чкаловские гор.ЭС»	122	0,2	9,524	1	47,6			0,67	31,9	0,23	11	2,1	1,72	

Причинами высокого уровня потерь электроэнергии в ЛЭП вышеуказанных предприятиях являются:

- в республике основная доля выработки электрической энергии приходится на южную часть республики, а эти РЭС находятся в северной части республики.

- эти РЭС охватывают очень протяженные территории с малой плотностью электрических нагрузок.

- в абсолютных величинах потери электроэнергии в этих сетях как следствие не очень большие, но при определении относительных значений, делением на величину очень маленького отпуска электроэнергии, получаются громоздкие значения.

В некоторых предприятиях наоборот, среди технических потерь наибольшие потери в трансформаторах. В ОАО «Худжантские гор.ЭС» - 58,2 %, ОАО «Чкаловские гор.ЭС» - 79,5 %. Это объясняется с тем что большинство трансформаторов в этих предприятиях не догружены.

Выводы

В ходе анализа потерь электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4-500 кВ Согдийской области Республики Таджикистан определено следующее:

1) Уровень относительных фактических потерь электроэнергии (по состоянию на 2016 г – 16,5%) существенно превышает порог в 10%, который считается максимально допустимым с точки зрения физики передачи электроэнергии по электрическим сетям. При этом в четырех из 4 предприятиях электрических сетей фактические потери превышают 15%;

2) Одной из основных причин, высокого уровня потерь электроэнергии в распределительных сетях 6,10, 0,4 кВ является непосредственное подключение солнечной генерации к распределительной сети 6,10, 0,4 кВ, приводящее к существенной разгрузке электрических сетей и как следствие к значительному росту относительных условно-постоянных потерь в распределительных сетях 10 кВ (в первую очередь потерь холостого хода трансформаторов);

3) С другой стороны, высокий уровень потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 6,10, 0,4 кВ вызван: изношенностью электрических сетей; неоптимальными режимами их работы, неэффективностью систем учета электроэнергии; отсутствием нормативно-правовых актов, программ направленных на снижение потерь электроэнергии;

4) Выявлены предприятие в которых отношение нагрузочных и условно- постоянных потерь на напряжением 35-500 кВ, в среднем составляет 75%: 25 %, практически сопоставима с среднестатистическим значениям российской (70 %: 30%).

5) определено, что среди технических потерь на напряжением 35-500 кВ, наибольшие потери наблюдается в ЛЭП. В ОАО «Пенджикентские гор. ЭС» -86,51 %, ОАО «Согдские ЭС» -71,63 %, ОАО «Истаравшанские гор. ЭС» -61,67 %. их причиной являются:

- в республике основная доля выработки электрической энергии приходится на южную часть республики, а эти РЭС находятся в северной части республики.

- эти РЭС охватывают очень протяженные территории с малой плотностью электрических нагрузок.

- в абсолютных величинах потери электроэнергии в этих сетях как следствие не очень большие, но при определении относительных значений, делением на величину очень маленького отпуска электроэнергии, получаются громоздкие значения.

6) В некоторых предприятиях наоборот, среди технических потерь наибольшие потери в трансформаторах. В ОАО «Худжантские гор.ЭС» - 58,2 %, ОАО «Чкаловские гор.ЭС» - 79,5 %. Это объясняется с тем что большинство трансформаторов в этих предприятиях не догружены.

Список литературы

1. Чоршанбиев С.Р. Анализ выработки, передачи и потребления электрической энергии в национальной энергетической компании ОАХК «Барки Точик» Республики

Таджикистан / С.Р. Чоршанбиев, Г.В. Шведов//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. -2018. №4 (44). С. 27-35.

2. Инструментальная оценка качества электроэнергии в энергосистеме Республики Таджикистан/Ю. В. Шаров, В. Н. Тульский, Ш. Дж. Джураев и др.//В сб. тр. Межд. науч.-практ. конф., 23-25 ноября 2016 г. -М.: МЭИ, 2017. С. 219-226.

3. Шведов Г.В. Структурный анализ потерь электроэнергии в электрических сетях 35-500 кВ Республики Таджикистан / Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, Х.Б. Назиров//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. -2018. №1(41). С. 74-86.

4. Назиров Х.Б. Оценка влияния современных электроприёмников бытового сектора на качества электроэнергии / Х.Б. Назиров, С.Р. Чоршанбиев, П.А.Юнусов //Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. -2016. №1(33). С. 12-19.

5. Информация за 2016 года Энергетическая компания (ОАХК) «Барки Точик». <http://www.barqitojik.tj> (Дата обращения 01.07.2018 г.)

6. Чоршанбиев, С.Р. Расчет потерь электроэнергии в высоковольтных городских электрических сетях г.Душанбе Республики Таджикистан/С.Р. Чоршанбиев, Г.В. Шведов//Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии (ПЭЭЭ-2017): сб. тр. V Всероссийской научно-технической конференции (к 50-летию юбилею кафедры «Электроснабжение и электротехника» Института энергетики и электротехники) ТГУ, 01-06 ноября 2017 г. -Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. С. 178-183.

7. Шведов Г.В. Разработка мероприятий по снижению потерь электроэнергии в высоковольтных электрических сетях (на примере ОАО "Пенджикентские ЭС" Республики Таджикистан/ Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. -2018. -№2. С. 222-226.

8. Чоршанбиев С.Р. Повышение эффективности функционирования электрических сетей с распределенной солнечной генерацией за счет снижения технических потерь электроэнергии (на примере Республики Таджикистан): дис. ... канд. техн. наук. Москва: Из-во МЭИ, 2019.

9. Шведов Г.В. Анализ потерь электроэнергии в городских электрических сетях напряжением 6-10 кВ г. Душанбе Республики Таджикистан/Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, М.У. Холматова//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. Т. 1.№ 2, (42). С. 36-42.

10. Бохмат И.С, Воротницкий В.Э., Татаринев Е.П. Снижение коммерческих потерь в электроэнергетических системах. -Электрические станции, 1998, №9.

11. D. Sodnomdorj, Ch. Zunduisuren, Sh. Gantumur, S. Uuganbayar, M. Narantuya, L. Dolgorsuren, D. Battulga, "Result of Calculation for the Energy Losses of 6-0.4 kV Electrical Network in the Erdenet Factory" 2006 International Forum on Strategic Technology. Ulsan, South Korea, 2006, pp. 51-54. DOI: 10.1109/IFOST.2006.312244.

12. Hamed Emara Kassem ; Mohammed Badr ; Salwa Ali Ahmed, "Reduction of energy losses in electrical distribution systems" 2nd International Conference and Exhibition on Electricity Distribution (CIRED 2013). Stockholm, Sweden, 2013, pp. 1-4. DOI: 10.1049/cp.2013.0589.

13. Шведов Г.В. Анализ потерь электроэнергии и разработка мероприятий по их снижению в городских распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ/ Г.В.Шведов, С.Р. Чоршанбиев, // Энергетик. 2019. № 1. С. 31-34.

14. Шведов, Г.В., С.Р. Чоршанбиев Расчет и анализ технических потерь электроэнергии в городских распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ г.Душанбе//Известия: Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова. -2017. №4 (44). С. 316-323.

15. Чоршанбиев С.Р. Повышение эффективности функционирования электрических сетей с распределенной солнечной генерацией за счет снижения технических потерь электроэнергии (на примере Республики Таджикистан): Автореферат...канд. техн. наук. Москва: Из-во МЭИ, 2019.
16. Sirojiddin. R. Chorshanbiev, Galaktion. V. Shvedov, Hamdy. M. Sultan, Khurshed. B. Nazirov, and Firdavs. O. Ismoilov "Structural analysis of power losses in (6-10 / 0.4 kV) urban distribution electric networks of the city of Dushanbe, the Republic of Tajikistan" // 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), 2019, pp. 942-945.
17. Шведов Г.В., Чоршанбиев С.Р., Васьков А.Г. Оценка потенциальных ресурсов солнечной энергии на территории Республики Таджикистан/ Электроэнергетика глазами молодежи – 2018: Материалы IX Международной молодежной научно-технической конференции. В 3-х томах. Ответственный редактор Э.В. Шамсутдинов. 2018. С. 212-215.
18. G. V. Shvedov., S.R. Chorshanbiev., Vaskov A G. "Analysis and Evaluation of Potential of Renewable Energy Resources of Republic of Tajikistan," 2018 International Ural Conference on Green Energy, UralCon 2018. pp. 26-33.
19. Шведов Г.В., Чоршанбиев С.Р., Морсин И.А. Влияние распределенной солнечной генерации на потери электроэнергии в электрических сетях//Электроэнергетика глазами молодежи -2017: Материалы VIII Международной научно-технической конференции. 2017. С. 125-128.
20. Shvedov G.V., Chorshanbiev S.R., Shvetsova E.V., Nazirov K.B. Impact of solar generation connected to 0.4 kV grid on the power losses and the shape factor of load curve// В сборнике: Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2018, С. 773-777.
21. Ковыркин А.В., Морсин И.А., Чоршанбиев С.Р., Шведов Г.В. Оценка влияния распределенной солнечной генерации на энергоэффективность электросетевой организации//Энергосбережение - теория и практика труды Девятой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. 2018. С. 187-191.
22. Nazirov K.B., Shvedov G.V., Chorshanbiev S.R., Dzhuvaev S.D. Study of the operating modes of the 0.4 kV main distribution network, in Dushanbe city of the Republic of Tajikistan, with distributed solar generation for power losses and power quality estimation/В сборнике: Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2018, С. 737-742.
23. Шведов Г.В. Методика управления генерацией солнечных батарей по критерию минимизации относительных потерь электроэнергии в электрических сетях/ Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, Ш.Д. Джураев // Вестник Московского энергетического института. 2019. № 1. С. 20-28.
24. Chorshanbiev S. R., Shvedov G. V., Nazirov K. B., Ganiev Z. S. Analysis of the influence of the operation of network-driven inverters of solar power plants on the operation mode of 0.4 kV electrical network in terms of electromagnetic compatibility// 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2019, pp. 946-950.
25. Chorshanbiev S.R., Shvedov G.V. Assessment of the feasibility of solar generation on the criterion of minimizing relative power losses in electric networks// Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. Материалы XXV Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов, 2019, С. 960.

**ОЦЕНКА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ОАО «ПАМИР
ЭНЕРДЖИ» С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ ОАХК «БАРКИ ТОЧИК»
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

Саидмиров Наим Чоршанбиевич - магистр, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия, 111250, г. Москва, ул. Краснокозарменная 17. e-mail: naim.saidmirov@mail.ru
код: orcid.org/0000-0001-6200-4726

Чоршанбиев Сироджиддин Ражаббокиевич, ассистент кафедры электроснабжение, Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими, Республика Таджикистан, 734042, г. Душанбе, проспект акад. Раджабовых, 10А. e-mail: sirochiddin.chorshanbiev.89@mail.ru код ORCID 0000-0003-0439-7765

Худомунов Амроз Рустамбекович, магистр, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия, 111250, г. Москва, ул. Краснокозарменная 17. e-mail: mr.amroz@mail.ru
код: orcid.org/0000-0002-3113-6694

Аннотация. В данной статье описываются результаты оценки параллельной работы энергосистемы компании ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик» Республики Таджикистан. Приведена краткая характеристика об энергокомпании ОАО «Памир Энерджи». Описаны необходимость параллельной работы энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик».

Учитывая критерии параллельной работы, определено оптимальное место для параллельного включения энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик». Параллельное включение было смоделировано в программном комплексе DIgSILENT PowerFactory. В итоге получены положительные результаты для параллельной работы вышеприведённых систем.

Ключевые слова: параллельная работа, энергосистема, модель, ОАО «Памир Энерджи», ОАХК «Барки Точик».

**EVALUATION OF PARALLEL OPERATION OF OJSC “PAMIR ENERGY” POWER
SYSTEM WITH ELECTRICAL NETWORKS OF OSHC “BARKI TOJIK” OF THE
REPUBLIC OF TAJIKISTAN**

Saidmirov Naim Chorshanbievich, M.Sc., National Research University "MPEI", Russia, 111250, Moscow, st. Krasnokozarnennaya, 14. E-mail: naim.saidmirov@mail.ru код: orcid.org/0000-0001-6200-4726

Shorshanbiev Sirodzhiddin Razhabokievich, Teaching Assistant, Dept. of "Power supply", Tajik Technical University named after academic M.S.Osimi, Republic of Tajikistan, 734042, Dushanbe, Acad. Radjabovs, 10A. E-mail: sirochiddin.chorshanbiev.89@mail.ru, code: ORCID 0000-0003-0439-7765

Khudomunov Amroz Rustambekovich, M.Sc, National Research University "MPEI", Russia, 111250, Moscow, st. Krasnokozarnennaya, 14. E-mail: mr.amroz@mail.ru code: ORCID 0000-0002-3113-6694

Abstract. The results of parallel operation evaluation of the energy system of OJSC "Pamir Energy" with electric grids of the OJSC “Barki Tojik” Energy Systems of the Republic of Tajikistan has been described in this paper. A brief description of the energy company JSC "Pamir Energy" has been provided. The necessity of the parallel operation of the power system of JSC "Pamir Energy" with electric networks of the OSHC "Barki Tojik" has been described.

Taking into account the criteria for parallel operation, the optimal place for parallel connection of the power system of JSC "Pamir Energy" with electric networks of OSHC "Barki Tojik" has been determined. Parallel connection has been modeled in the software package DIgSILENT PowerFactory. Positive results for the parallel operation of the above-mentioned systems have been obtained.

Key words: Parallel operation, Power system, Model, OJSC "Pamir Energy", OSHC "Barki Tojik"

Введение

Горно-Бадахшанская Автономная Область (ГБАО)- регион, расположенный на востоке Республики Таджикистан. Особенность энергетики региона в том, что, помимо зон централизованного энергоснабжения, существует изолированные населенные пункты, окруженные на десятки и километров горами. Тем не менее, в каждом районе региона построены и исправно функционируют малые гидроэлектростанции (ГЭС) и солнечные электростанции, находящиеся в юрисдикции компании ОАО «Памир Энерджи» с 2002 года [1,2].

ОАО «Памир Энерджи» - является первой энергетической компанией на территории Республики Таджикистан, образованной в виде государственного и частного партнерство на основе концессионного договора. Основной целью образования компании является удовлетворение энергетических потребностей жителей ГБАО, и содействие экономическому и социальному развитию горного края Таджикистана [3].

История гидроэнергетики ГБАО началась в 1940 году с постройкой первой малой гидроэлектростанции (ГЭС) мощностью 1500 кВт, которой было достаточно для небольшого города Хорога. Однако увеличение населения потребовало строительства станций во всех районах края.

На сегодняшний день ОАО «Памир Энерджи» управляет 11 ГЭС с общей установленной мощностью 43 932 кВт, а располагаемая мощность 42 220 кВт. (см. таблица 1). Годовая выработка электроэнергии в компании составляет в среднем 155,36 млн кВт·ч. [3].

Таблица 1.

Исходные данные о ГЭС «Памир Энерджи» за 2019 г.

№ п/п	Наименование ГЭС	Установленная мощность, кВт	Рабочая мощность, кВт	Количество гидроагрегатов, шт	Год ввода в эксплуатации
1	Памир-1	28000	28000	4	1994
2	Хорог	9000	8700	5	1970
3	Намангут	2500	1800	2	1974
4	Ванч	1200	1100	2	1968
5	Таджикистан	1500	800-1400	2	2018
6	Шуджанд	832	550	2	1969
7	Савноб	80	40	1	1984
8	Сипондж	160	80	2	1992
9	Андарбак	300	250	1	1999
10	ГЭС Техарв	360	300	1	1995
Итого		43932	42220		

В ОАО «Памир Энерджи» в 2009г в связи с возрастающим потреблением электроэнергии, возникла необходимость создания централизованного распределения вырабатываемой электроэнергии. Для реализации данной необходимости, было решено синхронизация малых ГЭС во всех районах области с крупнейшей ГЭС компании «Памир-1».

В 2014 году ГЭС «Намадгут», была присоединена к центральному энергоузлу области. Данное событие знаменует собой первый этап синхронизации малых ГЭС региона с крупнейшими станциями компании.

Такая политика компании оправдана тем, что малые ГЭС, расположенные в районах области, в силу своей моральной и технологической изношенности, с годами становятся все более неустойчивыми в эксплуатации. Между тем на их содержание и систематический ремонт тратятся весьма значительные суммы, и они теряют свою рентабельность.

Состоявшаяся синхронизация в Ишкашимском районе ГЭС «Намадгут» с центральным энергоузлом (ЦЭУ) (ГЭС Памир-1 и ГЭС Хорог), стала первым опытом, подобного рода предпринятый ОАО «Памир Энерджи». Следующим шагом было подключения в общую сеть МГЭС «Шуджанд» и «Андарбак». [3].

Так как развития Республики и в том числе региона не стоит на месте, тем самым ежегодный дефицит электроэнергии в целом по Республики составляет 2-4 млрд кВт·ч [4,5], а в компании ОАО «Памир Энерджи» за 2018 составил в размере 7000 кВт·ч [3].

Учитывая этих дефициты, для их покрытие и повышение эффективности работы энергосистемы Республики Таджикистан, и в том числе в энергосистемы ОАО «Памир Энерджи», учитывая мировой опыт, планируется активно внедрят распределенную генерацию в виде солнечной энергии [1.2.4]. Однако детализированные научные исследования свидетельствуют о том, что непосредственное подключение солнечной генерации к распределительной сети 6,10, 0,4 кВ помимо очевидных и неоспоримых преимуществ, приводит к существенной разгрузке электрических сетей и как следствие к значительному росту относительных потерь электроэнергии в распределительных сетях 6,10 кВ [6-16]. При этом, на данный момент, в регионе возникает необходимость строительства новых ГЭС и подключения энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями «Барки Точик» с целью их параллельной работы, которые могут, имеет ряд преимуществ:

- стабильность частоты электрического тока, совместное регулирование перетоков мощности;
- снижение суммарных резервов мощности;
- взаимопомощь в аварийных ситуациях;
- резервирование электроснабжения своих потребителей по электрическим сетям соседних энергосистем;
- передача электроэнергии из одной энергосистемы в другую через сети третьей;
- возможности трансграничной торговли электроэнергией и создания общего рынка электроэнергии.

При этом целью данной работы является оценка параллельного включения энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик». Для достижения цели предусматривается предложенный вариант параллельной работы энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик» моделированной в программном комплексе Digsilent Power Factory.

Программный комплекс (ПК) Digsilent Power Factory- является интегрированным инструментарием для анализа электрических систем, который объединяет в себе надежные и гибкие средства математического моделирования, передовые алгоритмы решений и уникальный подход к управлению данными[17].

Для подключения энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик» в модель предусматривается строительство 22 км новой воздушной линии электропередач (ВЛЭП) (см. рисунок 1). На рисунке 1 приведена однолинейная электрическая схема 35/10-0,4 кВ ОАО «Памир Энерджи» [3].

а) электрические сети питающейся от Центрального энергоузла (ЦЭУ) ОАО «Памир Энерджи», (состоящий из 47 понизительных подстанций 35/0,4кВ и 17 понизительных подстанций 35/10кВ)

б) электрические сети ОАО «Памир Энерджи», питающейся от электрической сети ОАХК «Барки Точик» (состоящий из 22 понизительных подстанций 35/0,4кВ и 8 понизительных подстанций 35/10кВ).

Учитывая критерии параллельной работы, в ходе анализа было принято, что оптимальное место для параллельного включения энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик» является понизительная подстанция 35/10 кВ Рушан (см. рисунок 1).

На рисунке 2 приведен детальное место включения в параллель энергосистем ОАО «Памир Энерджи» и ОАХК «Барки Точик».

Для включения в параллель двух систем требуется:

1. равенство действующих значений напряжений $U_1 = U_2$
2. равенство угловых частот $\omega_1 = \omega_2$ или $f_1 = f_2$
3. совпадение напряжений по фазе $\psi_1 = \psi_2$ или $\Theta = \psi_1 - \psi_2 = 0$.

Точное выполнение этих требований создает идеальные условия, которые характеризуются тем, что в момент включения генератора уравнивающий ток статора будет равен нулю. Однако следует отметить, что выполнение условий точной синхронизации требует тщательной подгонки сравниваемых величин напряжения частоты и фазных углов напряжения генераторов.

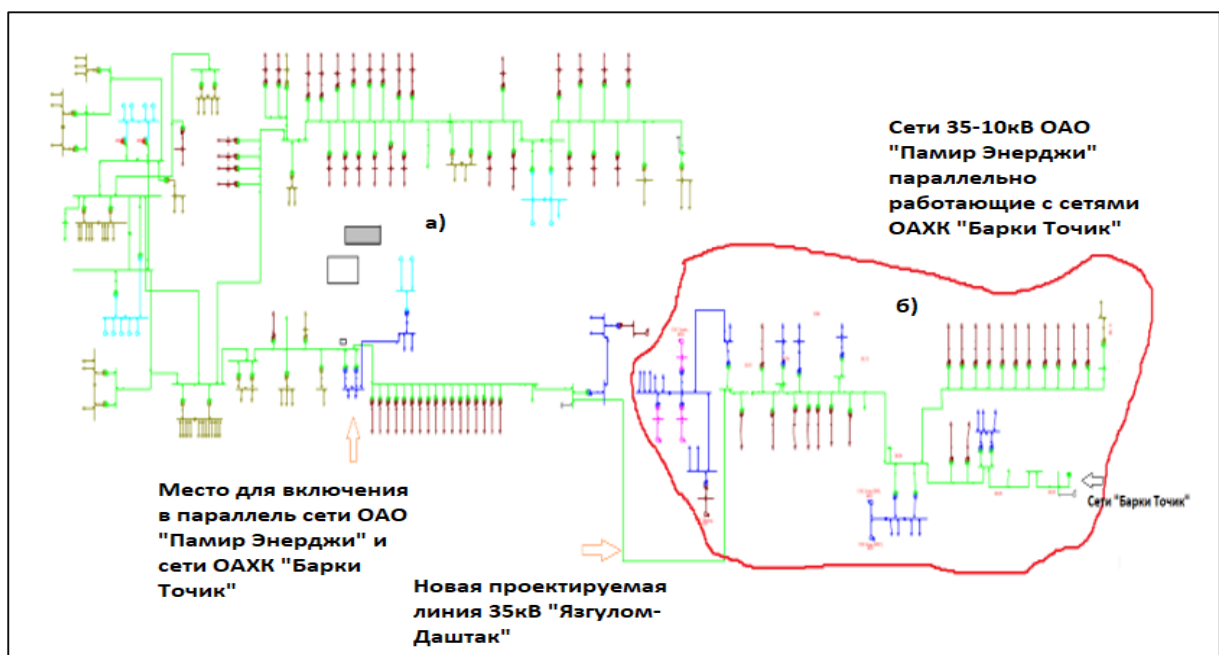


Рисунок 1. Однолинейная электрическая схема 35/10-0,4 кВ ОАО «Памир Энерджи».

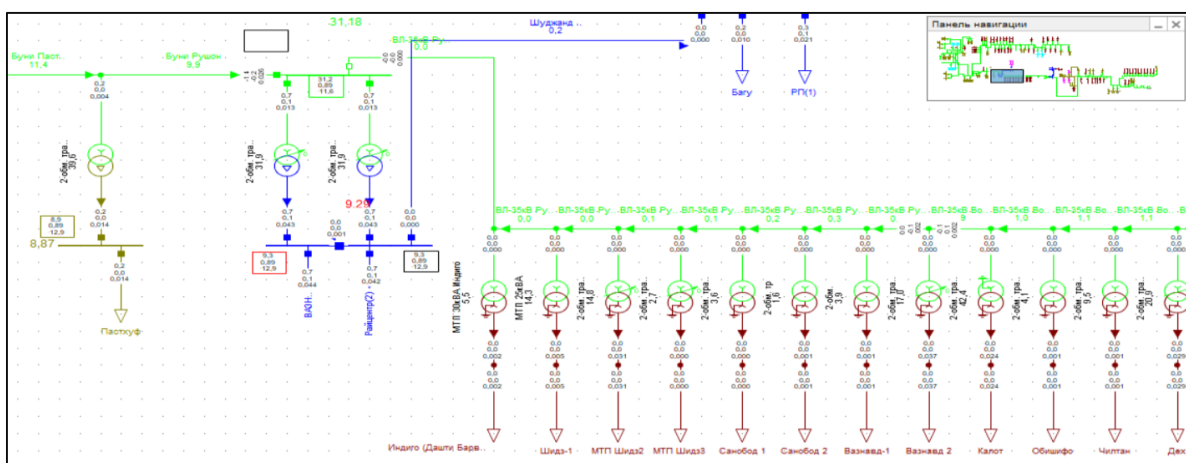


Рисунок 2. Детальное место включения в параллель энергосистем ОАО «Памир Энерджи» и ОАХК «Барки Точик» в программном комплексе Digsilent Power Factory.

В связи с этим на практике невозможно полностью выполнить идеальные условия синхронизации; они выполняются приближенно, с некоторыми небольшими отклонениями. При невыполнении одного из указанных выше условий, когда U_2 , на выводах разомкнутого выключателя связи будет действовать разность напряжений:

$$\Delta \dot{U} = \dot{U}_1 - \dot{U}_2$$

При включении выключателя под действием этой разности потенциалов в цепи потечет уравнивающий ток, периодическая составляющая которого в начальный момент будет равно.

Рассмотрим случае отклонения от условий точной синхронизации, показанной на диаграмме (рисунок. 3):

- действующие напряжения сети U_1 и U_2 не равны, остальные условия соблюдаются.

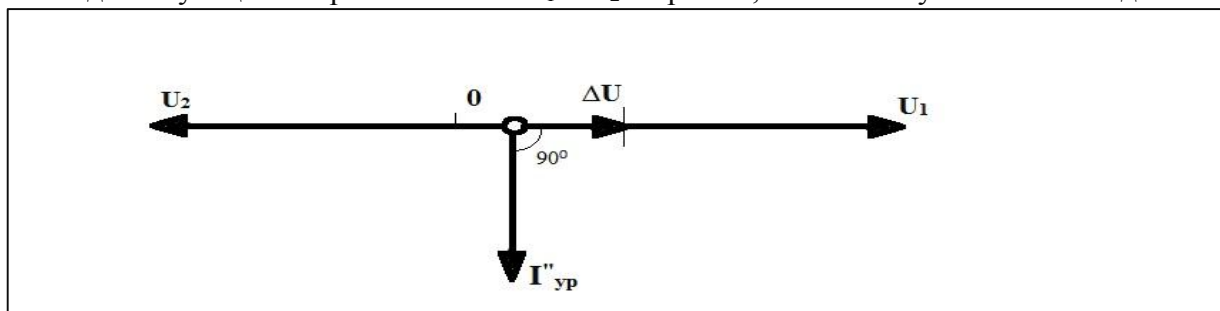


Рисунок. 3. Векторная диаграмма для случая неравенство, действующее значения напряжения в сети.

Как видно из диаграммы на рис. 3, неравенство действующих значений напряжений U_1 и U_2 обуславливает возникновение уравнивающего тока $I''_{ур}$, который будет почти чисто индуктивным, так как активные сопротивления генераторов и соединительных проводников сети весьма малы и ими пренебрегают. Этот ток не создает толчков активной мощности, а, следовательно, и механических напряжений в деталях генератора и турбины. В связи с этим при включении генераторов на параллельную работу разность напряжений может быть допущена до 5—10%, а в аварийных случаях — до 20%.

Для анализа этих величин в ПК Digsilent Power Factory было создано события «Включения выключателя ВЛ 35кВ Рушан Вазнавд» на 10 - ой секунде, и их результаты приведены в рисунок 4. и 5.

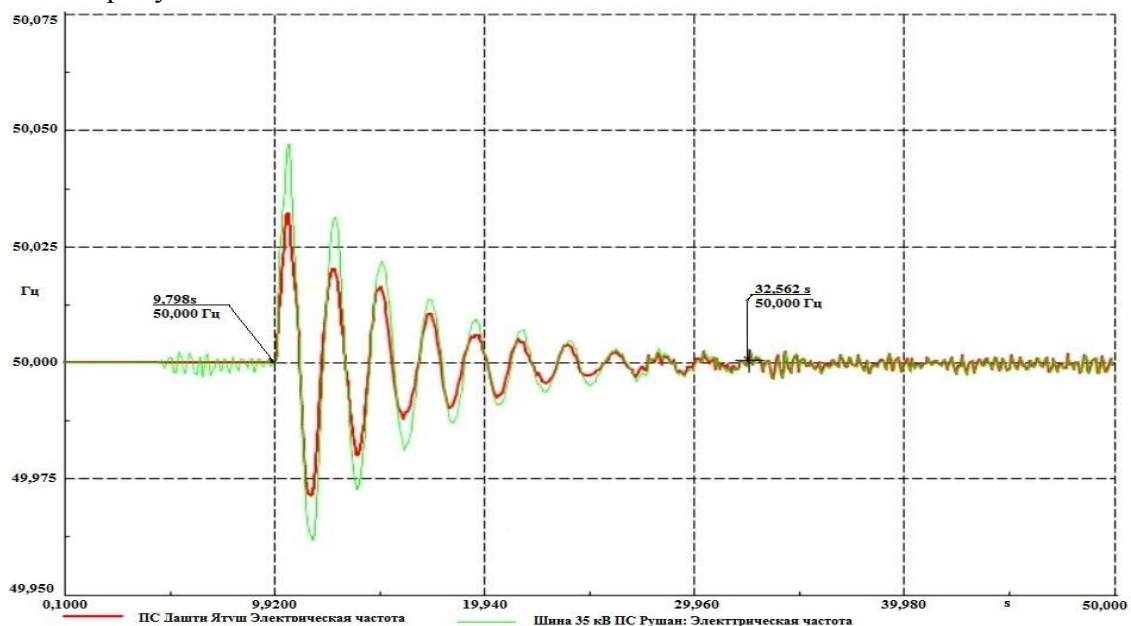


Рисунок 4. Электрическая частота при параллельном включении энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик».

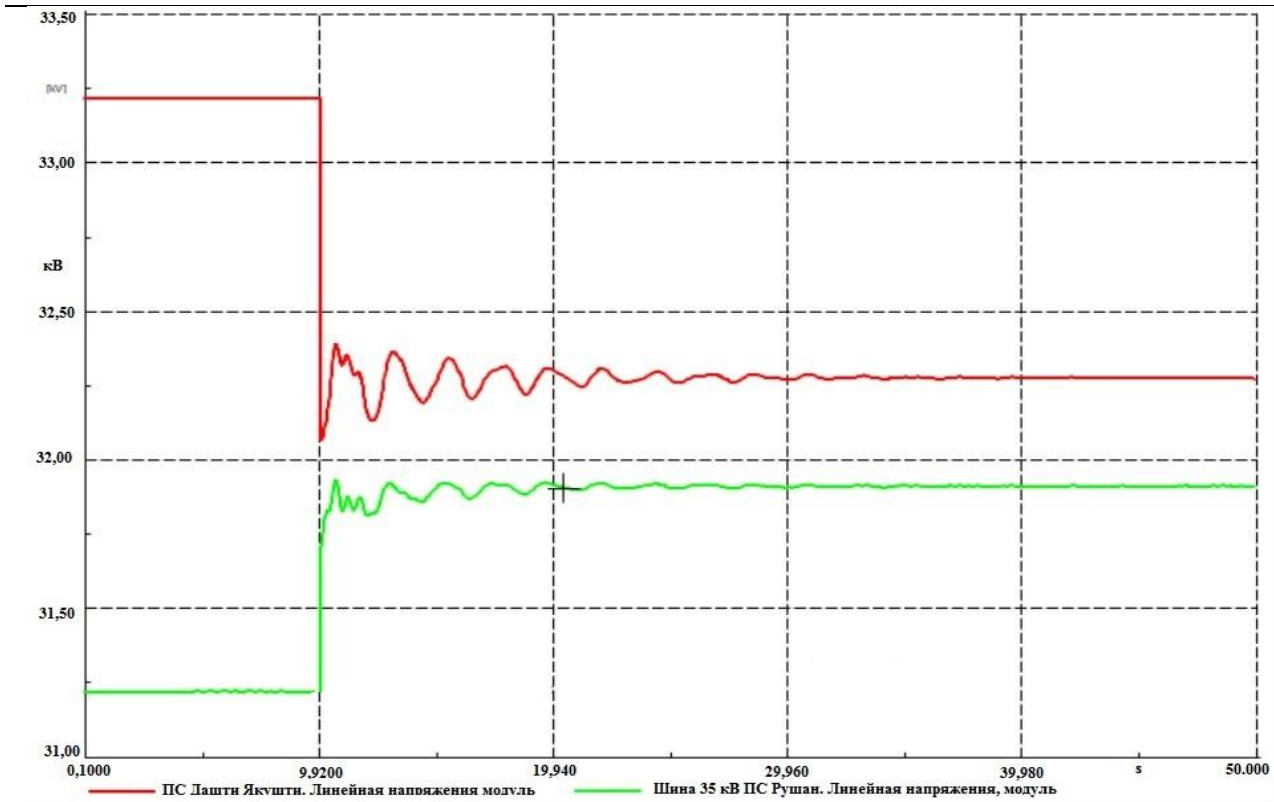


Рисунок 5. Величина напряжения энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик»

Из рисунка 5 видно, что величина напряжения при параллельном включении хотя соответствует стандарту ($\Delta U = 6\%$), но длительность переходного процесса составляет около 22,56 секунд. Для стабилизации напряжения в сети были предложены использования батарей статических конденсаторов (БСК) в модель. Полученные результаты после установки БСК в модель, электрическая частота приведена в рисунок 6, и величина напряжения после установки БСК приведена в рисунке 7.

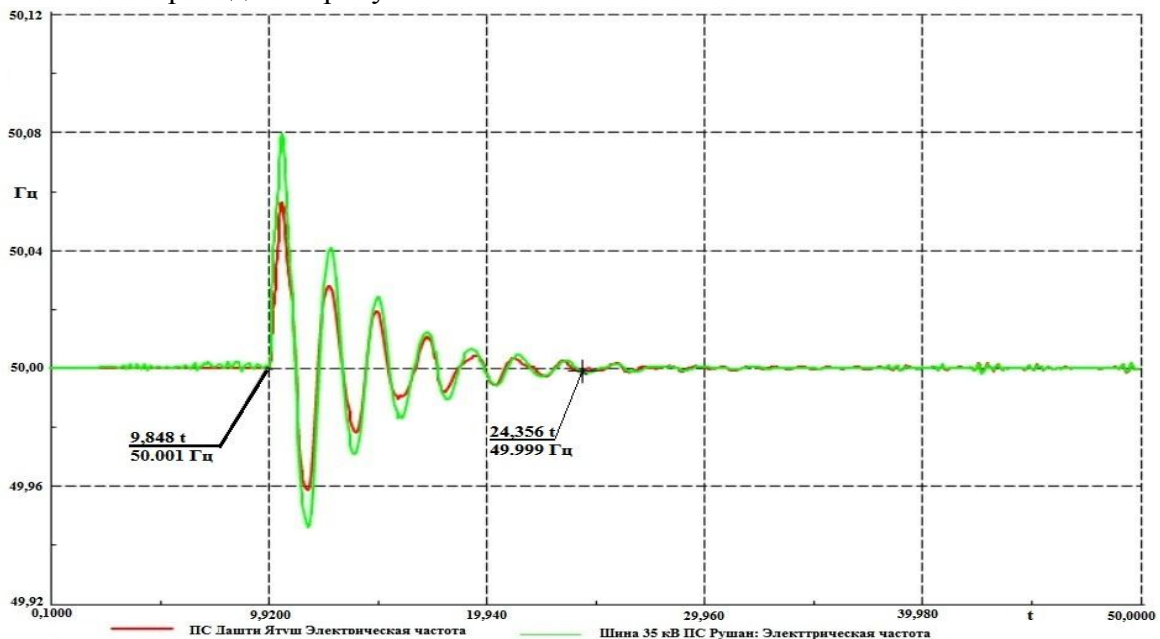


Рисунок 6. Электрическая частота после установки БСК в энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик»

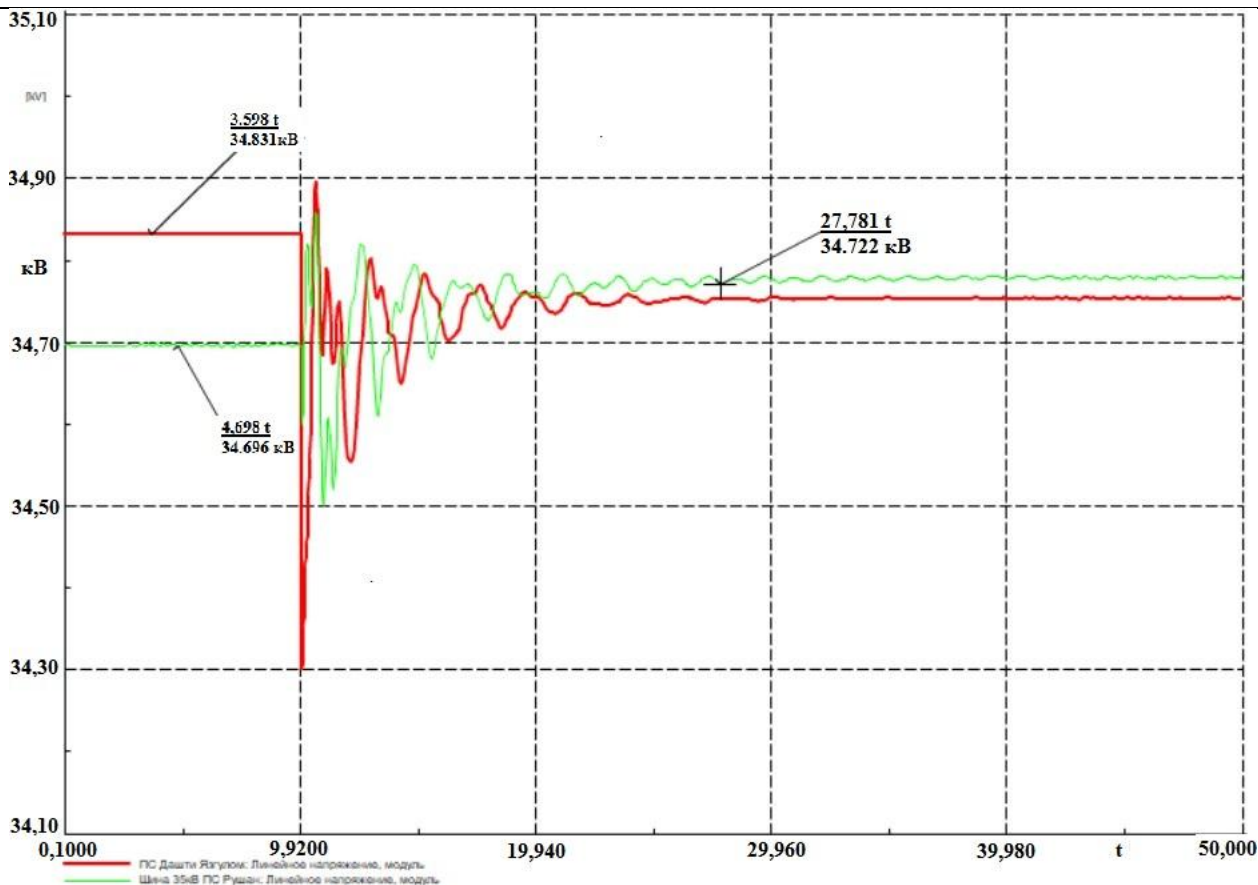


Рисунок 7. Величина напряжения после установки БСК энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик»

Из рисунков 6 и 7 видно, что после установки БСК в энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» и в электрических сетях ОАХК «Барки Точик» уровень напряжения достигает номинального - 35 кВ и частота нормализуется-50,001 Гц.

Выводы

В ходе исследований в данной работе были получены следующие результаты, которые имеют практическую значимость:

1. Выявлены проблемы, для необходимости параллельной работы энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик»;
2. Определено оптимальное место для параллельного включения энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик»;
3. Разработана математическая модель параллельной работы энергосистемы ОАО «Памир Энерджи» с электрическими сетями ОАХК «Барки Точик»;
4. При первом стадии расчёта, условия синхронизации в модель не соблюдалась:
 - разница по напряжению была около 6,5%;
 - длительность переходного процесса составляла около 22,56 секунд;
5. После установки БСК напряжения стало близким к номинальному 34,5 кВ и длительность переходного процесса проходит через 10 секунд.
6. Разработанная математическая модель позволяет рассчитать параметры двух энергосистем при различных вариациях исходных данных.

Список литературы

1. Шведов Г.В. Оценка потенциальных ресурсов солнечной энергии на территории Республики Таджикистан/ Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, А.Г. Васьков// Электроэнергетика

глазами молодежи – 2018: Материалы IX Международной молодежной научно-технической конференции. В 3-х томах. Ответственный редактор Э.В. Шамсутдинов. 2018. С. 212-215.

2. Shvedov G. V., Chorshanbiev S. R., Vaskov A G. "Analysis and Evaluation of Potential of Renewable Energy Resources of Republic of Tajikistan," 2018 International Ural Conference on Green Energy, UralCon 2018. pp. 26-33.

3. Информация за 2019 года Энергетическая компания ОАО «Памир Энерджи» Официальный сайт: <http://pamirenergy.com> (Дата обращения 24.02.2019 г.).

4. Чоршанбиев С.Р. Повышение эффективности функционирования электрических сетей с распределенной солнечной генерацией за счет снижения технических потерь электроэнергии (на примере Республики Таджикистан): дис. ... канд. техн. наук. Москва: Изво МЭИ, 2019.

5. Чоршанбиев С.Р. Анализ выработки, передачи и потребления электрической энергии в национальной энергетической компании ОАХК «Барки Точик» Республики Таджикистан / С.Р. Чоршанбиев, Г.В. Шведов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. -2018. №4 (44). С. 27-35.

6. Shvedov G.V., Chorshanbiev S.R., Shvetsova E.V., Nazirov K.B. Impact of solar generation connected to 0.4 kV grid on the power losses and the shape factor of load curve// В сборнике: Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2018, С. 773-777.

7. Шведов Г.В., Чоршанбиев С.Р., Морсин И.А. Влияние распределенной солнечной генерации на потери электроэнергии в электрических сетях//Электроэнергетика глазами молодежи -2017: Материалы VIII Международной научно-технической конференции. 2017. С. 125-128.

8. Nazirov K.B., Shvedov G.V., Chorshanbiev S.R., Dzhuraev S.D. Study of the operating modes of the 0.4 kV main distribution network, in Dushanbe city of the Republic of Tajikistan, with distributed solar generation for power losses and power quality estimation/В сборнике: Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2018, С. 737-742.

9. Ковырко А.В., Морсин И.А., Чоршанбиев С.Р., Шведов Г.В. Оценка влияния распределенной солнечной генерации на энергоэффективность электросетевой организации//Энергосбережение - теория и практика труды Девятой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. 2018. С. 187-191.

10. Шведов Г.В. Анализ потерь электроэнергии в городских электрических сетях напряжением 6-10 кВ г. Душанбе Республики Таджикистан/ Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, М.У. Холматова//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. Т. 1. № 2 (42). С.36-42.

11. Chorshanbiev S. R., Shvedov G. V., Nazirov K. B., Ganiev Z. S. Analysis of the influence of the operation of network-driven inverters of solar power plants on the operation mode of 0.4 kV electrical network in terms of electromagnetic compatibility// 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2019, pp. 946-950.

12. Шведов, Г.В., С.Р. Чоршанбиев Расчет и анализ технических потерь электроэнергии в городских распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ г. Душанбе//Известия: Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова. -2017. №4 (44). С. 316-323.

13. Шведов Г.В. Методика управления генерацией солнечных батарей по критерию минимизации относительных потерь электроэнергии в электрических сетях/ Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, Ш.Д. Джураев // Вестник Московского энергетического института. 2019. № 1. С. 20-28.

14. Chorshanbiev S.R., Shvedov G.V. Assessment of the feasibility of solar generation on the criterion of minimizing relative power losses in electric networks// Радиэлектроника, электротехника и энергетика. Материалы XXV Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов, 2019, С. 960.

15. Шведов Г.В., Чоршанбиев С.Р. Анализ потерь электроэнергии и разработка мероприятий по их снижению в городских распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ/ Энергетик. 2019. № 1. С.31-34.

16. Chorshanbiev S.R., Shvedov G.V., Sultan H.M., Nazirov K. B., and Ismoilov F.O. "Structural analysis of power losses in (6-10 / 0.4 kV) urban distribution electric networks of the city of Dushanbe, the Republic of Tajikistan" // 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), 2019, pp. 942-945.

17. Руководство пользователя программного комплекса Digsilent Power Factory (версия 2018 SP4 (X64). Авторские права DigSILENT GmbH (C) 1986-2018.

УДК 519.925

**ПОИСК НОВЫХ ЯВЛЕНИЙ ЧИСЛЕННЫМИ ЭКСПЕРИМЕНТАМИ
С МНОГОМЕРНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ**

Панков Павел Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, член-корр. НАН КР, Институт математики НАН КР, заведующий лабораторией вычислительной математики, Кыргызстан, 720071, г. Бишкек, пр. Чуй 265а, e-mail: pps5050@mail.ru

Тагаева Сабина Базарбаевна, кандидат физико-математических наук, и.о.доцента, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: tagaeva_72@mail.ru

Аннотация. Как следствие эффекта множественности, следующие синергетические явления были обнаружены численными экспериментами. Явление странного аттрактора продемонстрировано через скатывание шарика по гладкой поверхности с тремя выступами под воздействием силы тяжести. Соответствующая система дифференциальных уравнений составлена и приближенно решена на компьютере. На компьютере было моделировано движение отталкивающихся по закону Кулона одинаковых электрических зарядов из случайного начального расположения на топологическом торе. Когда количество зарядов достаточно (больше 100) велико, их окончательное расположение образует регулярную (правильную квадратную или правильную треугольную) сетку.

Ключевые слова: эффект множественности, синергетика, явление, странный аттрактор, численный эксперимент, закон Кулона, электрические заряды.

**SEARCH OF NEW PHENOMENA BY MEANS OF NUMERICAL EXPERIMENTS
WITH MULTIDIMENSIONAL EQUATIONS**

Pankov Pavel Sergeevich, D.Sc. (Mathematics), Professor, corresponding member of NAS of KR, Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Kyrgyz Republic, Laboratory of Computational Mathematics, Kyrgyzstan, 720071, Bishkek c., Chu av., 265a, e-mail: pps5050@mail.ru

Tagaeva Sabina Bazarbaevna, PhD (Mathematics), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek c., Ch. Aitmatov av., 66, I. Razzakov KSTU, e-mail: tagaeva_72@mail.ru

Abstract. As a consequence of the effect of numerosity, the following synergetic phenomena were opened by means of numerical experiments. A strange attractor is presented as rolling of a ball along a smooth surface with three juts by gravity effect. A corresponding system of differential equations is constructed and solved approximately on a computer. Motion of equal, repelling by the Coulomb law electrical charges from a random initial distribution on a topological torus form a final regular grid was modeled by computer. When the number of charges is a square of even number then the grid is square in most of experiments; when it is a square of odd number then the grid is triangular in most of experiments.

Keywords: effect of numerosity, synergetic, phenomenon, attractor, numerical experiment, Coulomb law, electrical charges

1. Введение

При исследовании различных процессов особый интерес представляют новые явления, которые возникают или могут возникнуть в отдельных ситуациях в этих процессах. В большинстве случаев математические модели процессов, представляющих интерес для исследования, слишком сложны для того, чтобы можно было строго доказать наличие какого-либо явления, поэтому используются приближенные вычисления (численные эксперименты). В данной статье для поиска новых явлений предлагается использовать эффект «множественности».

Во втором разделе излагаются уточненные формулировки понятий «эффекта» и «явления» в математике, определения «диссипативной системы», приводится список «эффектов», в том числе эффекта «множественности».

В третьем разделе излагается компьютерная реализация явления «иргөө», как одного из следствий эффекта «множественности».

В четвертом разделе излагается компьютерное представление и реализация явления «странного аттрактора» на потенциальной поверхности.

В пятом разделе - обнаружение явления самоупорядочения большого количества отталкивающихся электрических зарядов на топологическом торе.

Цель статьи - предложить методику поиска новых явлений с помощью компьютерной реализации диссипативных систем.

2. Обзор по определениям «эффекта» и «явления»

Понятия «эффекта» и «явления» используются в различных науках. В [1, с.11-12], [8, с. 107-108], [9] они были частично формализованы для математики, с целью их более систематического поиска и использования. В данном разделе кратко излагается содержание этих работ применительно к тематике настоящей статьи.

Многие математические теоремы дают достаточные условия существования (и единственности) объекта $x \in X$, имеющего некоторое свойство B . В теории катастроф подробно рассмотрено, что может возникать при «непродолжимости решений дифференциальных уравнений». Таким образом, если у объекта нет свойства B , то у него должны быть какие-то другие свойства. Это и предложено взять за наиболее общее определение понятия «явление», обобщая подход теории катастроф.

Определение 1. «Явление» P - это свойство некоторого обособленного класса объектов из X , для которых не выполняется свойство B . Понятию «обособленный» придан более точный смысл: если класс X представляет собой множество и в нем можно ввести меру, то «явление» – это такое свойство, которое выполняется на множестве меры нуль, то есть «почти никогда».

Как основная причина «явления», предложено следующее

Определение 2. Воздействием «эффекта» E называется свойство (или ряд свойств) P некоторых объектов $x \in X$, имеющих свойство E , но такое (такие), что логическое доказательство $(E \wedge C) \Rightarrow P$ (где C – некоторое дополнительное условие) очень сложно и свойство P было первоначально обнаружено не путем логического вывода, а столкновением с парадоксами, путем эксперимента (как в физике или химии) или путем вычислительного эксперимента в математике.

По этим определениям предложена следующая методика. Если объекты, в которых возникают место различные, но однотипные неожиданные явления, имеют общее свойство E , то можно считать это свойство «эффектом».

Далее, накладывая, кроме условия E , другие дополнительные условия, можно находить другие явления для такого класса объектов.

В данной статье в качестве класса X рассматриваются многомерные эволюционные (дифференциальные и разностные) уравнения. Такой выбор класса X обусловлен еще и тем, что, если в качестве называемой переменной взято время, то «явления» можно называть

«событиями». Также использовать эксперименты на компьютере, где «события» возникают в процессе вычислений.

Примеры математических и физических эффектов, которые относятся к эволюционным системам:

- уже упомянутый эффект «непродолжимости решения» – основание теории катастроф;
- эффект самоорганизации (синергетический эффект), который был декларирован давно, но первое реальное его появление, как установлено [2], было определено всего несколько сот лет назад;
- явление погранслоя в физике (нулевая скорость слоя газа или жидкости, непосредственно прилегающего к обтекаемому телу) (Прандтль), его математическое объяснение обнаружило «эффект сингулярного воздействия малого параметра», который, в свою очередь, послужил причиной многих известных явлений;
- обнаруженный в Кыргызстане эффект аналитичности для дифференциальных и интегральных уравнений;
- обнаруженный в Кыргызстане «эффект множественности» – возникновение новых явлений самоупорядочивания, когда количество компонент больше 100-150.

Было введено

Определение 3. Диссипативная система – это такая полностью ограниченная (компактная) система, имеющая достаточно большое количество возможных состояний и переходов между ними, что энтропия входящей энергии (вводится ограниченно по мощности, но неограниченно по времени) значительно меньше энтропии выходящей энергии. Таким образом, внутренняя энтропия уменьшается, что эквивалентно возникновению упорядоченности.

3. Моделирование явления «иргөө»

Данное слово в кыргызском языке обозначает «дискретная оптимизация при помощи синергетики», а также следующее явление.

Если поместить в вибрирующий цилиндр большое количество (абсолютно твердых) шаров различных размеров, сделанных из одного материала, то через некоторое время самый большой шар окажется наверху посередине.

Видно, что данное явление является слишком сложным для того, чтобы можно было обосновать математически, но его можно подтвердить численными экспериментами. В связи с этим были сделаны следующие построения [2].

Пусть даны (большое) число $n \in \mathbb{N}$ и (малые) числа (радиусы) $r_1 \leq r_2 \leq \dots < r_n \in \mathbb{R}_+$.

На набор центров шаров $\{(x_k, y_k, z_k): k=1..n\} \subset \mathbb{R}^3$ наложены ограничения

$$r_k \leq z_k, x_k^2 + y_k^2 \leq (1 - r_k)^2 \text{ для всех } k;$$

$$(x_k - x_j)^2 + (y_k - y_j)^2 + (z_k - z_j)^2 \geq (r_j + r_k)^2 (k \neq j). \quad (1)$$

Далее, на каждом шаге производился «подъем» шаров на некоторую высоту (имитация вибрации), а потом случайные «спуски» шаров с сохранением соотношения (1).

Многочисленные проведенные расчеты с различными случайными исходными данными подтвердили следующую гипотезу.

Гипотеза. При $n > 100$ с вероятностью единица существует такое число $M \in \mathbb{N}$, что после M шагов центр шара с максимальным радиусом будет удовлетворять условиям:

$$x_n^2 + y_n^2 \leq r_n^2; \text{ над этим шаром нет других шаров.}$$

4. Компьютерное и реальное моделирование явления странного аттрактора многомерной системой дифференциальных уравнений

Известно понятие странного аттрактора - притягивающее множество неустойчивых траекторий в фазовом пространстве открытой системы, которая оперирует вдали от термодинамического равновесия.

Первым примером явился аттрактор Лоренца, описываемый системой уравнений

$$x'(t)=10(y(t)-x(t)); y'(t)=x(t)(28-z(t))-y(t); z'(t)=x(t)y(t)-8/3 \cdot z(t) \quad (2)$$

(третий порядок).

Для его реализации требуется химическая смесь трех компонент.

Для реализации других видов странных аттракторов в литературе также предлагались сложные технические устройства.

Мы поставили задачу построить странный аттрактор на потенциальной поверхности [4], [14].

Движение точки ($w(t)$) под действием силы (F), зависящей только от положения точки, по второму закону Ньютона выражается векторным уравнением

$$w''(t) = F(w(t)),$$

с начальными условиями

$$w(0)=w_0, w'(0)=v_0.$$

Выбирая малый шаг $h>0$, получаем расчетные формулы

$$v_{k+1} \sim := v_k + hF(w_k), w_{k+1} \sim := w_k + h(v_k + v_{k+1} \sim)/2;$$

$$v_{k+1} := v_k + h(F(w_k) + F(w_{k+1} \sim))/2, w_{k+1} := w_k + h(v_k + v_{k+1} \sim)/2, k=0,1,2,\dots \quad (3)$$

Была выбрана поверхность с самой низкой точкой в центре и тремя выступами.

Получена следующая система двух обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{aligned} x''(t) &= Z_x'(x(t), y(t)) / \left((Z_x'(x(t), y(t)))^2 + (Z_y'(x(t), y(t)))^2 + 1 \right), \\ y''(t) &= Z_y'(x(t), y(t)) / \left((Z_x'(x(t), y(t)))^2 + (Z_y'(x(t), y(t)))^2 + 1 \right), \end{aligned} \quad (4)$$

где $Z(x, y) = \sum_{j=1}^3 \left(\left(x - \cos\left(\frac{2\pi}{3}j - \frac{\pi}{3}\right) \right)^2 + \left(y - \sin\left(\frac{2\pi}{3}j - \frac{\pi}{3}\right) \right)^2 + 0.01 \right)^{-1} + x^2 + y^2.$

(общий порядок - четвертый).

Для приближенного решения системы (4) по формулам метода ломаных Эйлера с уточнением (3) была составлена следующая программа на языке pascal

```
PROGRAM sab_att;
uses crt, graph;
var x,y,xn,yn,vx,vy,vxn,vyn,dx,dy,dxy2,ht,z,ffx,ffy: double;
var xn1,yn1,vxn1,vyn1,ffx1,ffy1: double;
i,j,nxy,it,nt,np,ihand,n_time,ik: longint;
var drv, mode,f,n,xg,yg,zg: integer;
xf,yf:array[1..3] of double;
xfg,yfg:array[1..3] of integer;
procedure grad(var fx,fy,xx,yy:double);
var fxx, fyy, fxy, a: double;
begin fxx:=0.; fyy:=0.; a:=1.0;
for j:=1 to 3 do begin
dxy2:=sqr(xx-xf[j])+sqr(yy-yf[j])+0.01;
fxx:=fxx+2.0*(xx-xf[j])/sqr(dxy2);
fyy:=fyy+2.0*(yy-yf[j])/sqr(dxy2) end;
fxx:=fxx-2.0*a*xx; fyy:=fyy-2.0*a*yy;
fxy:=sqr(fxx)+sqr(fyy)+1.0;
fxx:=fxx/fxy; fyy:=fyy/fxy;
fx:=fxx; fy:=fyy; end;
begin {main}
drv:=0; mode:=VgaHi; InitGraph(drv,mode,'c:\tp\bgi');
randomize;
SetTextStyle(0,0,2);
```

```

OutTextXY(30,20,'Pankov, Tagaeva, 2018. Strange attractor');
z:=300.; zg:=round(z)+30;
xf[1]:=-1.0; yf[1]:=0.0; xf[2]:=1.0/2.0; yf[2]:=sqrt(3.0)/2.0;
xf[3]:=1.0/2.0; yf[3]:=-sqrt(3.0)/2.0;
for j:=1 to 3 do begin xfg[j]:=round(z*xf[j]); yfg[j]:=round(z*yf[j]);
Setcolor(green); circle(xfg[j]+zg,yfg[j]+zg,8); end;
x:=0.3; y:=0.1; vx:=0.; vy:=0.; ht:=0.1; nt:=400;
  for it:=0 to nt do
    begin {it} grad(ffx,ffx,x,y);
vxn1:=vx+ffx*ht; vyn1:=vy+ffx*ht;
xn1:=x+(vx+vxn1)*ht/2.0; yn1:=y+(vy+vyn1)*ht/2.0;
grad(ffx1,ffx1,xn1,yn1);
vxn:=vx+(ffx+ffx1)*ht/2.0; vyn:=vy+(ffx+ffx1)*ht/2.0;
xn:=x+(vx+vxn)*ht/2.0; yn:=y+(vy+vyn)*ht/2.0;
xg:=round(z*xn); yg:=round(z*yn);
Setcolor(white); circle(xg+zg,yg+zg,2+(it div 100)); delay(50);
x:=xn; y:=yn; vx:=vxn; vy:=vyn; end {it}; end.

```

Все результаты численных экспериментов с различными близкими начальными условиями дали хаотическое движение в ограниченной области.

Примечание. Применение формул Рунге-Кутты дало бы более точные результаты, но формулы (3) оказались достаточными для получения качественного результата. Также, данную компьютерную программу можно рассматривать саму по себе, как странный аттрактор, независимо от (4).

Данную систему оказалось возможным реализовать механически согласно следующей инструкции.

1) Вырезать из тонкого железного листа правильный шестиугольник диаметром 60 см. занумеруем его вершины 1-2-3-4-5-6, а центр - 0.

2) Расположить шестиугольник горизонтально и согнуть его так, чтобы отрезки 1-0, 3-0, 5-0 имели большой наклон вниз к точке 0, а отрезки 2-0, 4-0, 6-0 имели небольшой наклон вниз к точке 0.

3) Пустить стальной шарик из точки 2. он должен покатиться к точке 0, потом подняться немного по направлению к точке 5, потом скатиться (неопределенно) на отрезок 6-0 или на отрезок 4-0, по этому отрезку скатиться к точке 0, подняться и т.д.

Авторы благодарят мастера Нуралы Ниязбекова за изготовление модели.

5. Явление самоупорядочивания при движении электрических зарядов

Эффект множественности применен для поиска упорядоченности при движении дискретных электрических зарядов в вязкой среде [5], [6], [7], [12], [13]. Для удобства программирования и представления результатов был выбран топологический тор - квадрат со склеенными противоположными сторонами.

На топологическом торе в вязкой среде случайным образом располагаются одноименные электрические заряды. После этого они начинают отталкиваться по закону Кулона, пока не почти останутся.

Тогда движение N зарядов описывается системой N двумерных дифференциальных уравнений. Вследствие вязкости были взяты уравнения первого порядка. Их особенностью является то, что правые части разрывны, но решения - непрерывные и гладкие. Для учета особенностей топологии учитывается отталкивание каждого заряда только от близких зарядов.

Была составлена следующая программа на языке *pascal* с графической демонстрацией начального и конечного расположения зарядов (в тексте $N=256$).

```

program sab_3; uses crt, graph;
var hxy,vx,vy,dx,dy,dxy,dxy1,hxy1,z,z2,xj,yj,dxy2,dxyd: double;
i,j,nxy,it,nt,np,ihand,n_time,ik: longint;
var drv, mode,f,n: integer; x,y:array[1..300] of double;
xn,yn:array[1..300] of integer;
begin {main} drv:=0; mode:=VgaHi; InitGraph(drv,mode,'c:\tp\bgi');
randomize; SetTextStyle(0,0,2);
OutTextXY(30,20,'Pankov, Tagaeva, 2018. Repelling 256 electrical charges on torus');
OutTextXY(100,40,('Wait a little')); z:=700.; z2:=z/2.0;
np:=10; {nt:=500*n_time;} hxy:=1.0; hxy1:=hxy; nt:=1000; nxy:=256;
for ik:=1 to nxy do begin x[ik]:=z*random; y[ik]:=z*random;
xn[ik]:=round(x[ik]); yn[ik]:=round(y[ik]);
SetColor(green); circle(xn[ik]+80,yn[ik]+70,2); end;
  for it:=0 to nt do begin {it} if it>np then hxy:=2.0*hxy1; if it>2*np then hxy:=4.0*hxy1;
    for i:=1 to nxy do begin {i=ix} vx:=0.; vy:=0.; for j:=1 to nxy do
begin if j<>i then begin
xj:=x[j]; if xj>x[i]+z2 then xj:=xj-z; if xj<x[i]-z2 then xj:=xj+z;
yj:=y[j]; if yj>y[i]+z2 then yj:=yj-z; if yj<y[i]-z2 then yj:=yj+z;
dxy2:=sqr(x[i]-xj)+sqr(y[i]-yj)+1.;
dxy1:=z/(dxy2*sqrt(dxy2)); if dxy1<sqr(z)/nxy*0.5 then begin
dx:=(x[i]-xj)*dxy1; dy:=(y[i]-yj)*dxy1; vx:=vx+dx; vy:=vy+dy; end; end; end;
  x[i]:=x[i]+vx*hxy; if x[i]>z then x[i]:=x[i]-z; if x[i]<0. then x[i]:=x[i]+z;
  y[i]:=y[i]+vy*hxy; if y[i]>z then y[i]:=y[i]-z; if y[i]<0. then y[i]:=y[i]+z; end {i=ix};
for ik:=1 to nxy do begin xn[ik]:=round(x[ik]); yn[ik]:=round(y[ik]) end; end {it};
SetColor(white);
repeat for ik:=1 to nxy do begin circle(xn[ik]+80,yn[ik]+70,8);
circle(xn[ik]+80,yn[ik]+70,6); circle(xn[ik]+80,yn[ik]+70,4);
circle(xn[ik]+80,yn[ik]+70,2) end;
delay(100); until keypressed; end.

```

Результаты численных экспериментов. Для $N=10, 20, 30, \dots$ получающиеся равновесные расположения были разнообразными и не имели никаких общих закономерностей, заряды располагались треугольниками, четырехугольниками, пятиугольниками \dots Начиная с $N=100$, уже стали появляться регулярные области, а после $N=200$ выявилась закономерность, в особенности для количеств зарядов - квадратов чисел. Так, для $N=256$ в большинстве попыток (поскольку исходные данные случайны), образуется правильная квадратная сетка, а для $N=289$ - правильная треугольная сетка. Такая же закономерность появилась и для других квадратных чисел [3].

Теперь возникает задача реализации аналогичного явления.

6. Выводы

В статье представлены три результата, полученных численными экспериментами. Первый из них подтвердил известное явление, которое раньше не исследовалось; второй был реализован в металле; для третьего требуется построить реализацию.

Из полученных результатов следует, что на основе эффекта множественности, в рамках Определения 3 диссипативной системы, а также компьютерными экспериментами в других вполне ограниченных (компактных) пространствах со многими компонентами можно производить поиск новых явлений. После обнаружения явлений можно попытаться их реализовать, используя технические возможности КГТУ.

Список литературы:

1. Кененбаева Г.М. Теория и методика поиска новых эффектов и явлений в теории возмущенных дифференциальных и разностных уравнений. – Бишкек: Илим, 2012. - 204 с.
2. Панков П.С., Кененбаева Г.М. Иргөө кубулушу диссипациялык системалардын биринчи мисалы катарында жана аны компьютерде ишке ашыруу // Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Кабарлары, 2012, № 3. – 105-108 б.
3. Панков П.С., Тагаева С.Б. Явление самоупорядочения большого количества отталкивающихся электрических зарядов на топологическом торе // Вестник Института математики НАН КР, 2018, № 1. - С.12-18.
4. Панков П.С., Тагаева С.Б. Компьютерное и реальное моделирование явления странного аттрактора системой дифференциальных уравнений // Вестник Института математики НАН КР, 2018, № 1. - С.18-24.
5. Тагаева С.Б. Исследование систем обыкновенных дифференциальных уравнений с разрывными правыми частями, описывающих отталкивание частиц // Вестник ЖАГУ, 2016, № 1(32). – С.78-82.
6. Тагаева С.Б. Исследование систем обыкновенных дифференциальных уравнений с разрывными правыми частями, описывающих отталкивание частиц с различными зарядами // Естественные и математические науки в современном мире / Сб. статей по материалам XLIX междунар. научно-практ. конф. № 12 (47). Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2016. – С. 85-91.
7. Тагаева С.Б. Система обыкновенных дифференциальных уравнений с разрывными правыми частями, описывающих отталкивание частиц на окружности // Естественные и математические науки в современном мире / Сб. статей по материалам XLIX междунар. научно-практ. конф. № 12 (47). Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2016. – С. 91-95.
8. Kenenbaeva G.M., Tagaeva S. Survey of effects and phenomena in some branches of mathematics // Proceedings of V Congress of the Turkic World Mathematicians. – Bishkek: Kyrgyz Mathematical Society, 2014. – Pp. 107-111.
9. Kenenbaeva G. On mathematical effects // Abstracts of the VI Congress of the Turkic World Mathematical Society. – Astana: L.N.Gumilyov Eurasian National University, 2017. - P. 320.
10. Pankov P. S., Kenenbaeva G. M. Hypothesis on effect of "numerosity" and other effects in mathematics // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2017, № 5. - С. 60-62.
11. Pankov P., Kenenbaeva G. Effect of "numerosity" and other effects in mathematics // Abstracts of the Third International Scientific Conference "Actual problems of the theory of control, topology and operator equations" / Ed. by Academician A.Borubaev. - Bishkek: Kyrgyz Mathematical Society, 2017. – P. 87.
12. Pankov P., Tagaeva S. Mathematical modeling of distribution of discrete electrical charges // Abstracts of the V International Scientific Conference "Asymptotical, Topological and Computer Methods in Mathematics" devoted to the 85 anniversary of Academician M. Imanaliev / Ed. by Academician A.Borubaev. - Bishkek, 2016. – P. 58.
13. Tagaeva S.B. Existence and stabilization of solution of system of differential equations describing arrangement of many discrete electrical charges on a segment // Интернет-журнал ВАК КР, 2017, № 1. - 6 с.
14. Tagaeva S. Example of trifurcation of distribution of repelling electrical charges // Abstracts of the Third International Scientific Conference "Actual problems of the theory of control, topology and operator equations" / Ed. by Academician A.Borubaev. - Bishkek: Kyrgyz Mathematical Society, 2017. – P. 89.

УДК 532.522

**ПРИМЕНЕНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ СХЕМЫ КОКСА – КЛЕЙДЕНА К
ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ УСТУП**

Абдылдаев М. Ю. – д.т.н, профессор. КГУ им. И. Арабаева, Кыргызская Республика, г.Бишкек, ул. Раззакова, 43, 720040;

Аннотация. В данной статье рассматривается применение кавитационной схемы Кокса-Клейдана к исследованию течения жидкости через уступ. Выводится общее решение задачи в параметрической форме.

Ключевые слова: кавитационная схема Кокса-Клейдана, течение жидкости через уступ, число кавитации, поток жидкости с кавитацией.

APPLICATION OF THE COX-CLAYDEN CAVITATION SCHEME FOR THE STUDY OF FLUID FLOW THROUGH THE LEDGE

Abdyldaev M. Yu. - Doctor of Technical Sciences, professor. KSU named after I. Arabaev, Kyrgyz Republic, Bishkek, Razzakova str., 43, 720040;

Volik N.N., KSU named after I. Arabaev; Kyrgyz Republic, Bishkek, Razzakova str., 43, 720040;

Dzhamankulov A.A., KSU named after I. Arabaev, Kyrgyz Republic, Bishkek, Razzakova str., 43, 720040.

Abstract. This article discusses the use of the Cox-Clayden cavitation scheme for the study of fluid flow through a ledge. Displays the general solution of the problem in parametric form.

Keywords: Cox-Clayden cavitation circuit, fluid flow through a ledge, number of cavitation, fluid flow with cavitation.

Рассмотрим кавитационное течение жидкости через уступ (рис.1). В. И. Степановой [2] установлена связь между кавитационным течением и

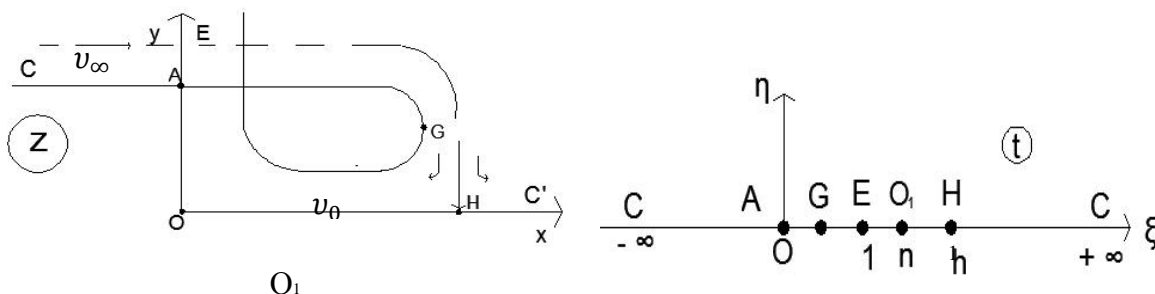


Рис. 1. Течение в физической плоскости $z = x + iy$ Рис. 2. Параметрическая плоскость $t = \xi + i\eta$

течением по дну с уступом. Схема рассмотренного нами течения в предположении, что за уступом образуется зона разрежения, аналогична каверне за обтекаемым препятствием, изображенного на рисунке 1. Скорость течения на участке СА возрастает с u_∞ в бесконечной точке С до u_0 в начале уступа А. На границе AGE каверны позади уступа скорость имеет постоянный модуль u_0 . Струя AGE бесконечно продолжается вверх (кавитационная схема Кокса – Клейдана) и уходит на второй лист римановой плоскости. Точки Н и О являются критическими точками течения (скорость в них равна нулю). На HC' скорость снова возрастает с нуля в точке Н до u_∞ в точке C' . Задача решается методом Н. Е. Жуковского [1].

$$\omega = \ln \zeta = -\ln \frac{dw}{v_0 dz} = -\ln \frac{v}{v_0} + i\theta \quad (1)$$

где θ – угол скорости с осью абсцисс OX . Для решения задачи отобразим области изменения $\frac{dw}{v_0 dz}$ и $w = \varphi + i\psi$ (комплексного потенциала) на верхнюю полуплоскость вспомогательного параметрического переменного t ($I_m t \geq 0$, рис. 2).

Пусть на одной граничной линии тока $CAGE$ функции тока $\psi = 0$, а на другой граничной линии тока EO_1H $\psi = q_E$ (расход струи в точке E), на линии $HC'S$ $\psi = +\infty$ (расход течения потока). При движении вдоль линии тока потенциал скорости φ , очевидно, меняется от $-\infty$ до $+\infty$ (рис. 3).

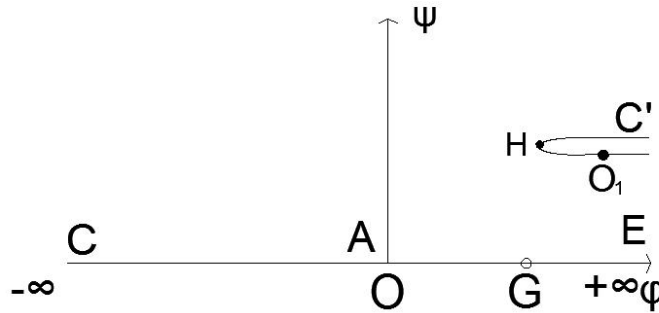


Рис. 3. Область изменения комплексного потенциала $w = \varphi + i\psi$

Таким образом, областью изменения w является треугольник с вершинами в точках E ($\alpha_E = 0$), H ($\alpha_H = 2\pi$) и CC' ($\alpha_C = -\pi$). Для получения отображения треугольника $ЕНС(C')$ (рис. 3) на верхнюю полуплоскость t (рис. 2) можно воспользоваться формулой Кристоффеля – Шварца [1]. Отображение осуществляется с помощью функции:

$$w(t) = \frac{q}{\pi(h-1)} \{t + (1-h)[\ln(t-1) + i\pi]\} \quad (2)$$

Для установления правильности формулы (2) достаточно, очевидно, проверить выполнение граничных условий. В промежутке $CAGE$ ($-\infty < t < 0$; $0 < t < 1$) имеем:

$$I_m w(t) = I_m \left\{ \frac{q}{\pi(h-1)} \{t + (1-h)[\ln(t-1)]\} \right\} = 0.$$

$Re w$ меняется от $-\infty$ в точке $t = -\infty$ (точка C) до $+\infty$ в точке $t = 1$ (точка E). В промежутке EO_1H ($1 < t < h$)

$$I_m w(t) = I_m \left\{ \frac{q}{\pi(h-1)} \{t + (n-1)[\ln(t-1) + i\pi]\} \right\} = q.$$

Дифференцируя формулу (2) имеем:

$$\frac{dw}{dt} = \frac{q}{\pi} \cdot \frac{t-h}{(h-1)(t-1)} \quad (3)$$

Найдем теперь функцию $\omega = -\ln \frac{v}{v_0} + i\theta$. При отображении области течения на плоскость Жуковского имеем двулиственную римановую поверхность. Ввиду сложности отображения этой области в верхнюю полуплоскость параметрического переменного t , $I_m \geq 0$ применим интеграл Шварца для верхней полуплоскости [3]:

$$f(z) = \frac{1}{\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} U(\xi) \frac{d\xi}{\xi-z} + iC_1^* \quad (4)$$

где $U(\xi)$ – заданные значения вещественной части функции на действительной ось t ($t = \xi$), C_1^* – действительная постоянная. Введем связанную с функцией Жуковского новую вспомогательную функцию $F(t)$

$$F(t) = \frac{\omega(t)}{i\sqrt{t(t-1)}} = \frac{\theta}{\sqrt{t(t-1)}} + i \frac{\ln \frac{v}{v_0}}{\sqrt{t(t-1)}} \quad (5)$$

$C_1^* = 0$, так как при $t \rightarrow 0$ $|\omega| = 0$. Для рассматриваемой задачи

$$Re F(t) = \begin{cases} 0, & -\infty < t < 0, & CA \\ 0, & 0 < t < 1, & AGE(v = v_0) \\ \frac{\pi}{2\sqrt{t(t-1)}}, & 1 < t < n, & EO_1' \\ -\frac{\pi}{\sqrt{t(t-1)}}, & n < t < h, & O_1'H \\ 0, & h < t < +\infty, & HC' \end{cases}$$

Подставляя эти значения в (5) и интегрируя в указанных пределах имеем:

$$\frac{\omega(t)}{i\sqrt{t(t-1)}} = \frac{1}{i\sqrt{t(t-1)}} \ln \left\{ \left[\frac{\sqrt{n(t-1)} - \sqrt{t(n-1)}}{\sqrt{n(t-1)} + \sqrt{t(n-1)}} \right]^{3/2} \times \times \left(\frac{\sqrt{h(t-1)} + \sqrt{t(n-1)}}{\sqrt{h(t-1)} - \sqrt{t(n-1)}} \right) \right\}$$

Так как $\omega = \ln \zeta$ и $\frac{d\omega}{v_0 dz} = \frac{1}{\zeta} = \zeta^*$.

$$\zeta(t) = \left\{ \left[\frac{\sqrt{n(t-1)} - \sqrt{t(n-1)}}{\sqrt{n(t-1)} + \sqrt{t(n-1)}} \right]^{3/2} \times \left(\frac{\sqrt{h(t-1)} + \sqrt{t(n-1)}}{\sqrt{h(t-1)} - \sqrt{t(n-1)}} \right) \right\}, \quad (6)$$

$$\zeta^* = \left\{ \left[\frac{\sqrt{n(t-1)} + \sqrt{t(n-1)}}{\sqrt{n(t-1)} - \sqrt{t(n-1)}} \right]^{3/2} \times \left(\frac{\sqrt{h(t-1)} - \sqrt{t(n-1)}}{\sqrt{h(t-1)} + \sqrt{t(n-1)}} \right) \right\} \quad (7)$$

Формулу(7) не трудно проверить непосредственно. В формуле (7) обеспечено нужное соответствие характерных точек:

$$\zeta^*(1) = \left\{ \begin{matrix} v = v_0; \\ \theta = \frac{\pi}{2} \end{matrix} \right\}; \quad \zeta^*(h) = v = 0; \quad \zeta^*(n) = \{v = 0\}; \quad \zeta^*(0) = \left\{ \begin{matrix} v = v_0; \\ \theta = 0 \end{matrix} \right\}.$$

Так как определенная формулой (7) функция $\zeta^* = \frac{dw}{v_0 dz}$ удовлетворяет заданным условиям и очевидно, голоморфна в любой точке верхней полуплоскости, то формула (7) решает задачу о конформном отображении $\frac{dw}{v_0 dz}$ на верхнюю полуплоскость t .

С помощью формул (3) и (7) можно рассчитать все характеристики течения, а именно найти наиболее интересную для данной задачи величину –число кавитации:

$$\Lambda = \frac{v_0^2}{v_\infty^2} - 1, \quad (8)$$

где v_∞ - скорость набегающего потока (точка С). Скорость набегающего потока можно определить полагая в (7) $t = +\infty$,

$$\frac{v_\infty}{v_0} = \left[\frac{\sqrt{n} + \sqrt{n-1}}{\sqrt{n} - \sqrt{n-1}} \right]^{3/2} \cdot \left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{h-1}}{\sqrt{h} + \sqrt{h-1}} \right). \quad (9)$$

Таким образом, формулы (8) и (9) дают число кавитации. Для вычисления геометрических элементов течения: l – высоты уступа и уравнения линии AGE нужно найти функцию $z(t)$. Из (7) и (10) следует, что

$$z(t) = \frac{q}{\pi(h-1)} \int \left\{ \left[\frac{\sqrt{n(t-1)} + \sqrt{t(n-1)}}{\sqrt{n(t-1)} - \sqrt{t(n-1)}} \right]^{3/2} \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{\sqrt{h(t-1)} - \sqrt{t(n-1)}}{\sqrt{h(t-1)} + \sqrt{t(n-1)}} \right) \right\} \frac{t-h}{t-1} dt \quad (10)$$

Из формул (8) и (9) получим выражение для числа кавитации:

$$\Lambda = \left[\frac{\sqrt{n} - \sqrt{n-1}}{\sqrt{n} + \sqrt{n-1}} \right]^3 \cdot \left(\frac{\sqrt{h} + \sqrt{h-1}}{\sqrt{h} - \sqrt{h-1}} \right)^2 - 1. \quad (11)$$

Согласно схеме Бетца [4], коэффициент сопротивления уступа можно брать соответствующим уступу числу кавитации:

$$C_x = \Lambda \quad (12)$$

Таким образом, связь между C_x и Λ устанавливается в параметрической форме.

Список литературы:

1. М. И. Гуревич. Теория струй идеальной жидкости. Гос.издат. физико – математической литературы. Москва 1961.
2. Степанова В. И. Применение кавитационной схемы Эфроса – Гилбарга к исследованию течения жидкости через уступ. – В кн.: Математическая физика и гидродинамика. – М.: МОИП, 1972 г. с. 100 – 104.
3. Б. А. Фукс и Б. Ф. Шабат. Функции комплексного переменного и некоторые их приложения. Москва. Наука 1964 г
4. М. Ю. Абдылдаев. Плоские задачи теории струй идеальной жидкости. НАН КР. Институт автоматики. Бишкек, Илим. 1999 г.

УДК 622.83:624.131 (081)

О ПРИМЕНЕНИИ ВЕЛИЧИНЫ ОПОЛЗНЕВОЙ МАССЫ СКЛОНОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ЕГО СМЕЩЕНИЯ

Джаманбаев Мураталы Джузумалиевич - доктор физико-математических наук, профессор, ректор Кыргызского государственного университета им. И. Раззакова, г. Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, jamanbaev@mail.ru

Омуралиев Сагындык Бекисевич - кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт геомеханики и освоения недр Национальная Академия наук Кыргызской Республики, Кыргызстан, 720017, г. Бишкек, ул. Медерова 98, Sagynd.omuraliev@yandex.ru

Аннотация: Определяется величина оползневой массы – M_0 . Для нахождения - M_0 необходимо сначала установить в неустойчивом склоне наиболее опасную поверхность скольжения. Путем построения различных возможных поверхностей скольжения была установлена наиболее опасная поверхность скольжения и определен для каждой из них коэффициент устойчивости. Изучаются физико-механические свойства грунта с места схода оползня в лабораторных условиях.

Ключевые слова: оползень, суглинок, атмосферные осадки, масса грунта, дальность смещения, траектория, водонасыщение, поверхность скольжения, устойчивость склона, линия скольжения.

ABOUT THE APPLICATION OF THE VALUE OF THE END MASS OF SLOPES TO DETERMINE THE DISTANCE OF ITS DISPLACEMENT

Dzhamanbaev Murataly Dzhusumaliyevich - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Rector of the Kyrgyz State University. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave. 66, jamanbaev@mail.ru

Omuraliev Sagyndyk Bekishevich - Ph.D. in Physics and Mathematics, Senior Researcher, Institute of Geomechanics and Subsoil Development National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Kyrgyzstan, 720017, Bishkek, ul. Mederova 98, Sagynd.omuraliev@yandex.ru

Abstract: The value of the landslide mass - M_0 is determined. To find - M_0 , you must first install the most dangerous sliding surface in an unstable slope. By constructing various possible sliding surfaces, the most dangerous sliding surface was established and the coefficient of stability was determined for each of them. The physical and mechanical properties of the soil from the place of the landslide in the laboratory are being studied.

Keywords: andslide, loam, precipitation, soil mass, displacement distance, trajectory, water saturation, slip surface, slope stability, slip line.

Введение. Подавляющее большинство оползней на территории Кыргызстана развивается на горных склонах, покрытых с поверхности мощными лессами и лессовидными суглинками. Одним из ведущих факторов возникновения и периодической массовой активизации таких оползней являются климатические условия, а именно количество атмосферных осадков и режим температуры воздуха в зимне-весенний период (декабрь-май) [1].

Точное очертание линии скольжения для простейших случаев из-за недостаточной изученности самого механизма природы оползневого явления до настоящего времени не установлено. Природа оползневых явлений, весьма сложных по существу, до сих пор остается еще далеко не раскрытой.

Поэтому, для территории юга Кыргызстана изучение смещений суглинистых грунтов от атмосферных осадков является наиболее актуальным.

Физическая постановка задачи. При движении по склону оползневые массы, вследствие уменьшения его крутизны, теряют скорость и останавливаются на пологих или равнинных поверхностях у подножия склона, проходя значительные расстояния. Поэтому для обеспечения безопасности жилых поселков, сельскохозяйственных угодий и других объектов, расположенных у основания оползневых склонов, необходимо знать расстояние, которое пройдет оползень при полной разгрузке [2].

В работе [2] задача решается при допущении, что масса оползня до и после схода остается неизменной. Схематический чертеж представлен на рис. 1.

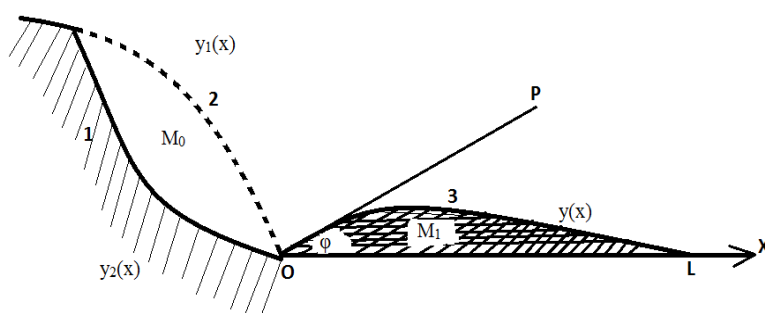


Рисунок 1. Течение со срезом и разжижением в массе глинистых или лёссовых образований при увлажнении талыми, дождевыми водами (потоп, спływ): 1 – лёссовый массив, 2 – поверхность склона до оползания, 3 – оползшая масса пород. (M_0 и M_1 – массы до и после схода; $y_1(x)$, $y_2(x)$ – поверхности склона и скольжения; $y(x)$ – траектория смещения оползневой массы; OL – дальность смещения; φ – угол между касательной OP и оси OX).

Пусть до схода оползневая масса M_0 имеет следующий вид:

$$M_0 = \int_0^{L^*} \rho_{гр.} (y_1(x) - y_2(x)) dx, \quad (1)$$

где $y_1(x)$ – поверхность склона; $y_2(x)$ – поверхность скольжения; $\rho_{гр.}$ – плотность грунта; l_* – длина склона.

Предположим, что оползневые массы до и после схода равны:

$$M_0 = M_1 . \quad (2)$$

Оползневое тело движется под углом α к горизонтальной плоскости с массой M_1 . Пометим начало координат O в начальном положении точки. Тогда масса M_1 имеет следующий вид:

$$M_1 = \int_0^L \rho_{гр.}(y(x) - A)dx; \quad (3)$$

где L – дальность смещения оползневого тела; $y(x)$ – уравнение верхней границы оползневой массы после схода; $y = A$ – прямая, параллельная оси Ox .

Будем искать геометрическую форму оползневой массы после схода в виде функции

$$y(x) = -ax^2 + bx + c , \quad (4)$$

где a, b, c – неизвестные постоянные действительные числа.

Неизвестные постоянные в уравнении (4) определены в работе [2] и получено уравнение верхней границы оползневого тела:

$$y(x) = -ax^2 + bx = tg\varphi \left(x - \frac{x^2}{L} \right) \quad (5)$$

Зная геометрическую форму оползня, определим массу

$$M_1 = \int_0^L \rho_{гр.}(-ax^2 + bx - A)dx$$

Считаем $A = 0$, т.е. $y = 0$ совпадает с дневной поверхностью.

Тогда M_1 примет вид:

$$M_1 = \int_0^L \rho_{гр.}(-ax^2 + bx)dx = \rho_{гр.} \frac{L^2 tg\varphi}{6} \quad (6)$$

Используя условие равенства масс оползня после и до схода (2), находим горизонтальную составляющую дальности смещения оползневой массы:

$$L = \sqrt{\frac{6M_0}{\rho_{гр.} tg\varphi}} \quad (7)$$

Подставляя (7) в (5), получим уравнение траектории оползневого смещения:

$$y(x) = tg\varphi \left(x - \frac{x^2}{L} \right) = tg\varphi \left(x - \sqrt{\frac{\rho_{гр.} tg\varphi}{6M_0}} x^2 \right) \quad (8)$$

В работе [2] величина оползневой массы - M_0 не определена.

Для нахождения массы оползня до схода, т.е. M_0 необходимо сначала найти в неустойчивом склоне наиболее опасную поверхность скольжения. Склон сложен однородными суглинками, критическая поверхность скольжения неизвестна. Собственный вес склона обусловлен водонасыщенным грунтом в результате инфильтрации атмосферных осадков (дождь, снег).

В случаях, когда по материалам инженерно-геологических изысканий и имеющихся теоретических методов положение наиболее опасной поверхности скольжения установить не удастся, расчетные методы оценки устойчивости склонов в прямом виде применить не представляется возможным. В таких случаях следует использовать вариационные методы

расчета, предложенные А.Д. Гиргидовым, М.Н. Гольдштейном, А.Г. Дорфманом, У.Х. Магдеевым и др.

В работе [3], оползневое давление E определяется, как разность между сдвигающими и удерживающими силами, т.е. силы описываются выражениями:

$$S_i = -P_i \sin \alpha_i \frac{\cos \varphi}{\cos(\alpha_i + \varphi)}, R_i = (P_i \operatorname{tg} \varphi \cos \alpha_i + c l_i) \frac{\cos \varphi}{\cos(\alpha_i + \varphi)}. \quad (9)$$

Здесь S_i – сдвигающие силы; R_i – удерживающие силы; P_i – собственный вес склона, обусловленный водонасыщенным грунтом; l_i – длина отрезка линии скольжения; α_i – угол наклона линии скольжения к горизонту, отсчитываемый от оси x против часовой стрелки; φ – угол внутреннего трения грунта; c – сцепление грунта.

Воспользовавшись дифференциальным представлением углов наклона линий скольжения:

$$\cos \alpha_i = \frac{1}{\sqrt{1+y_2'^2}}; \sin \alpha_i = \frac{y_2'}{\sqrt{1+y_2'^2}}, \quad (10)$$

после соответствующих подстановок и ряда преобразований, получим зависимость, определяющую приращение E для элементарного отсека при произвольной форме линий скольжения:

$$E_i - E_{i-1} = F(x, y_2, y_2') \Delta x. \quad (11)$$

Выражение, определяющее приращение оползневое давления E , имеет вид:

$$F(x, y_2, y_2') = [\gamma_{\text{гр}}(1 - m) + \gamma_b m](y_1 - y_2) \left[\frac{y_2' + \operatorname{tg} \varphi}{1 - y_2' \operatorname{tg} \varphi} - \mu \right] - c \frac{1 + y_2'^2}{1 - y_2' \operatorname{tg} \varphi}, \quad (12)$$

где $\gamma_b, \gamma_{\text{гр}}$ – соответственно удельный вес дождевых вод и грунта; m – пористость грунта; μ – коэффициент динамической сейсмичности, значения которого при расчете естественных склонов рекомендуется принимать по таблице 1. При расчете искусственных откосов значения коэффициента из таблицы 1. следует (приблизительно) увеличивать в 1,5 раза [4].

Таблица 1 - Коэффициент динамической сейсмичности μ

Сейсмическая балльность района	1-6	7	8	9	10	11	12
μ	0,00	0,025	0,050	0,10	0,25	0,50	>0,75

$y_1 = y_1(x)$ – уравнение склона; $y_2 = y_2(x)$ – неизвестная линия скольжения.

Получаем выражение E в произвольном сечении x склона в виде интеграла:

$$E = \int_{x_0}^x F(x, y_2, y_2') dx \quad (13)$$

где x_0 – координата, соответствующая начальной точке оползнеопасного блока.

В результате определения частных производных и выполнения необходимых преобразований уравнение Эйлера для функционала (13) принимает следующий вид:

$$2y_2''(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) \left[[\gamma_{\text{гр}}(1 - m) + \gamma_b m](y_2 - y_1) \operatorname{tg} \varphi - c \right] - (1 - y_2' \operatorname{tg} \varphi) \{ [\gamma_{\text{гр}}(1 - m) + \gamma_b m] ((1 - y_2' \operatorname{tg} \varphi)(y_2' + \operatorname{tg} \varphi - \mu(1 - y_2' \operatorname{tg} \varphi)) - (y_2' - y_1')(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)) \} = 0 \quad (14)$$

Так как дифференциальное уравнение (14) – второго порядка, для его решения задаются два условия – положение начальной точки и начальный наклон линии скольжения.

В качестве примера выбран однородный суглинистый грунт. Водно-физические и физико-механические свойства грунта имеют значения: $m = 0,42$, $\varphi = 10^0$, $C = 20 \text{ кН/м}^2$, $\gamma_{гр.} = 18 \text{ кН/м}^3$, $\gamma_b = 10 \text{ кН/м}^3$, коэффициент динамической сейсмичности $\mu = 0,05$.

Путем построения различных поверхностей скольжения и определения для каждой из них коэффициента устойчивости, была установлена наиболее опасная поверхность скольжения – 5 с углом $\alpha = 72^0$, представленная на рис.2. Ей соответствует минимальный коэффициент $K_{уст.} = 0,98$. Следовательно, данный массив является неустойчивым.

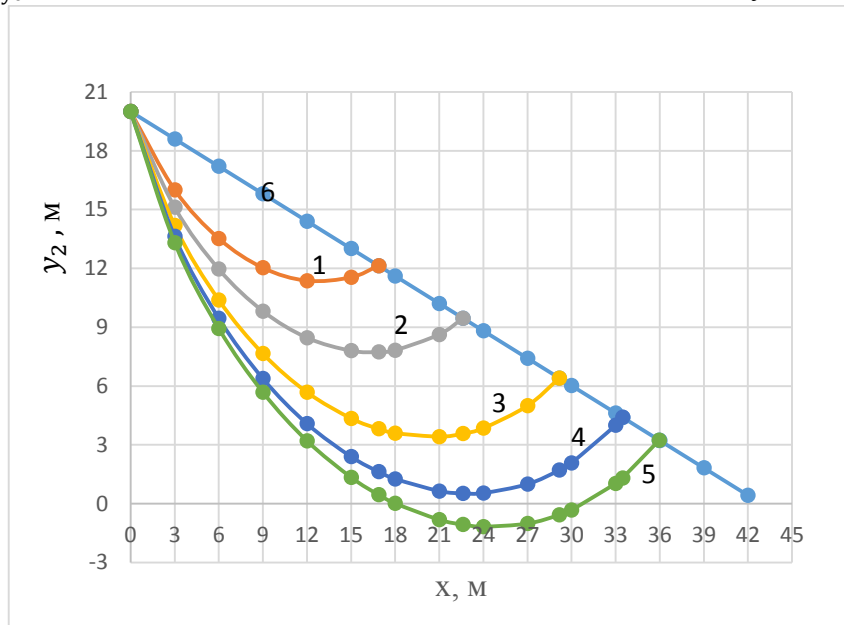


Рис.2. Определение опасной линии скольжения: линии скольжения 1-5; 6 – поверхность склона

Профиль склона и результаты расчета линии скольжения и коэффициента устойчивости представлены в табл.2.

Таблица 2- Результаты расчета

$x, \text{ м}$	$y_1(x), \text{ м}$	$\alpha^1 = -60^0$		$\alpha^2 = -65^0$		$\alpha^3 = -69^0$		$\alpha^4 = -71^0$		$\alpha^5 = -72^0$	
		$y_2(x), \text{ м}$	$K_{уст.}$	$y_2(x), \text{ м}$	$K_{уст.}$	$y_2(x), \text{ м}$	$K_{уст.}$	$y_2(x), \text{ м}$	$K_{уст.}$	$y_2(x), \text{ м}$	$K_{уст.}$
0	20	20	-	20	-	20	-	20	-	20	-
3	18,60	16,01	-	15,12	-	14,19	-	13,63	-	13,31	-
6	17,20	13,53	-	11,96	-	10,39	-	9,45	-	8,94	-
9	15,81	12,03	-	9,82	-	7,65	-	6,38	-	5,68	-
12	14,41	11,37	-	8,46	-	5,68	-	4,08	-	3,21	-
15	13,01	11,54	-	7,80	-	4,35	-	2,40	-	1,34	-
16,87	12,13	12,13	2,24	7,73	-	3,81	-	1,63	-	0,45	-
18	11,61	-	-	7,83	-	3,60	-	1,26	-	0,01	-
21	10,21	-	-	8,63	-	3,42	-	0,64	-	-0,82	-
22,62	9,46	-	-	9,46	1,42	3,57	-	0,52	-	-1,07	-
24	8,81	-	-	-	-	3,85	-	0,54	-	-1,17	-
27	7,41	-	-	-	-	4,99	-	0,99	-	-1,02	-
29,17	6,40	-	-	-	-	6,40	1,14	1,71	-	-0,57	-
30	6,02	-	-	-	-	-	-	2,08	-	-0,32	-
33	4,62	-	-	-	-	-	-	3,99	-	1,03	-
33,47	4,40	-	-	-	-	-	-	4,40	1,03	1,31	-

35,96	3,23									3,23	0,98
36	3,22										
39	1,82										
42	0,42										

Полученные данные расчета: $y_1(x)$ и $y_2(x)$ подставляем в уравнение (1) и определим величину оползневой массы – M_0 .

Далее, определим по формуле (15) дальность смещения оползневых масс на горизонтальном участке:

$$L = \sqrt{\frac{6M_0}{\rho_{гр.}tg\varphi}} = \sqrt{\frac{6S}{tg\varphi}}, \quad (15)$$

где $S = \int_0^{l^*} (y_1(x) - y_2(x))dx$.

Выводы. В результате применения величины оползневой массы склонов для определения дальности его смещения установлено:

1. Для определения оползневой массы - M_0 найдена в неустойчивом склоне наиболее опасная поверхность скольжения. Для этой поверхности скольжения $K_{уст.} = 0,98$.
2. Уравнение (14) применим для однородных грунтов, у которых прочностные характеристики оползневой массы одинаковы по всей длине поверхности скольжения.

Список литературы

1. Торгоев И.А, Алешин Ю.Г., Аширов Г.Э. Влияние климат на возникновение оползней в Кыргызстане. Научно-инженерный центр “ГЕОПРИБОР” НАН Кыргызской Республики, г. Бишкек.
2. Джаманбаев М.Дж., Омуралиев С.Б., Душенова У.Дж., Турсункулова З.С. Определение дальности смещения оползневой массы. //Известия КГТУ им. И. Раззакова. - 2018. -№4 (48). –С. 187-193.
3. Гинзбург Л.К. Противооползневые удерживающие конструкции.- М.:Стройиздат, 1979.-80с
4. Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления. Москва-1986.

УДК 539.421:53.097

АНАЛИЗ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В ОБРАЗЦАХ ГЕОМАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ОДНООСНОГО СЖАТИЯ

БИР ОКТУК КЫСУУ ШАРТТАРЫНДА ГЕОМАТЕРИАЛДАРДЫН ҮЛГҮЛӨРҮНҮН АКУСТИКАЛЫК ЭМИССИЯ СИГНАЛДАРЫНЫН АНАЛИЗИ

Кульков Дмитрий Сергеевич, старший инженер Лаборатории моделирования энергонасыщенных сред, Научная Станция РАН в г. Бишкек, 720049, Кыргызстан, e-mail: kulkov.dmitrii@yandex.ru

Имашев Санжар Абылбекович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник Лаборатории моделирования энергонасыщенных сред, Научная Станция РАН в г. Бишкек, 720049, Кыргызстан, e-mail: sanzhar.imashev@gmail.com

Аннотация. В работе представлены результаты анализа сигналов акустической эмиссии, мониторинг которой используется в задачах исследования процессов деформации горных пород на различных стадиях разрушения при проведении лабораторных

экспериментов на одноосное сжатие на в Лаборатории моделирования энергонасыщенных сред Научной станции РАН в г. Бишкек. Регистрируемые сигналы акустической эмиссии представляют собой волновые формы различных видов: полезные сигналы, шумовые и их комбинации, различающиеся по амплитудно-частотному спектру и мощности сигнала. Разработанная методика предварительной обработки данных регистрации акустической эмиссии использует особенности волновых форм акустоэмиссионных сигналов, а также их амплитудно-частотные спектры для расчета критериев (P_1 , P_2) отбраковки шумовых компонент. Она позволяет выделять в автоматизированном режиме полезные сигналы акустической эмиссии из общего массива данных на основе гистограмм и диаграммы рассеивания параметров P_1 , P_2 , в которой образуются области, группирующиеся в отдельные кластеры, соответствующие полезным и шумовым акустоэмиссионным сигналам. Выделенные таким образом области используются для последующего расчета накоплений событий акустической эмиссии, несущие информацию о динамике процесса разрушения образцов горных пород.

Ключевые слова. Акустическая эмиссия, отбраковка шумовых компонент, амплитудно-частотный спектр, волновая форма.

ANALYSIS OF ACOUSTIC EMISSION SIGNALS IN GEOMATERIAL SPECIMENS DURING UNIAXIAL COMPRESSION

Kulkov Dmitrii Sergeevich, Senior engineer of Laboratory of Energy-Saturated Media Simulation, Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek, 720049, Kyrgyzstan, email: kulkov.dmitrii @yandex.ru

Imashev Sanjar Abylbekovich, Candidate of Science in Physics and Mathematics, Senior Researcher of Laboratory of Energy-Saturated Media Simulation, Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek, 720049, Kyrgyzstan, email: sanzhar.imashev@gmail.com

Abstract. The paper presents the results of analysis of acoustic emission signals, monitoring of which is used in study of the processes of rock deformation at various stages of destruction during laboratory experiments on uniaxial compression in Laboratory Energy-Saturated Media Simulation of Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek. Registered acoustic emission signals are waveforms of various types: useful signals, noise, and their combinations, differing in both amplitude-frequency spectrum and signal power. The developed method of preliminary processing of acoustic emission data uses these features of the acoustic emission waveforms, as well as their amplitude-frequency spectra to calculate the criteria (P_1 , P_2) for the rejection of noise components. It allows automated extraction of useful acoustic emission signals from the total data set based on histograms and scatterplot of P_1 , P_2 parameters, which has the regions, grouped into separate clusters, corresponding to useful and noisy acoustic emission signals. The regions selected in this way are used for the subsequent calculation of accumulative number of acoustic emission events that describes dynamics of the process of rock samples destruction.

Keywords. Acoustic emission, rejection of noise components, amplitude-frequency spectrum, waveform.

Введение. Изучение влияния электромагнитных импульсов на неупругую деформацию и разрушение геосреды является одной актуальных задач геофизики [1],[2]. Наряду с измерениями геоакустической эмиссии и сейсмического шума [3],[4] существенный вклад в исследование реакции геосреды на энерговоздействие вносит и физическое моделирование на образцах горных пород. Одним из самых распространенных методов неразрушающего контроля является метод акустической эмиссии (АЭ), т.к. он может быть применен для

определения повреждаемости как образцов при лабораторных испытаниях, так и различных сооружений [5-7].

Явление акустической эмиссии представляет собой излучение упругих волн, возникающее в результате необратимых изменений в структуре твердых тел под влиянием факторов различной физической природы [5],[7]. Сами сигналы акустической эмиссии представляют собой поток акустических колебаний поверхности исследуемого образца, регистрируемой высокочувствительной аппаратурой.

Аппаратура и методика. Данные акустической эмиссии были получены в ходе экспериментов на рычажной установке [8], максимальная нагрузка которой, в режиме одноосного сжатия может достигать 250 кН. Образцами являются различные геоматериалы в форме прямоугольного параллелепипеда с размерами Д x Ш x В (35см x 22см x 79см). В данной работе анализ проводился на примере образца гранита, однако, описанная методика является универсальной и подходит для образцов других горных пород, используемых в лабораторных экспериментах в ЛМЭС НС РАН, в частности, образцов мрамора и габбро.

На рисунке 1 приведена рычажная установка и образец с установленными и закрепленными на нем датчиками.



Рис. 1. Образец геоматериала (гранит) перед началом эксперимента:

- 1 – пята рычажной установки,
- 2 – образец геоматериала,
- 3 – пьезоэлектрический датчик акустической эмиссии SE-2MEG-P,
- 4 – датчики деформации

Регистрация сигналов АЭ осуществляется в ждущем режиме при условии превышения амплитуды сигнала установленного порога дискриминатора и в течение интервала времени, определяемого объемом буфера памяти АЦП и периодом дискретизации сигналов. Перед началом эксперимента задается порог амплитудного дискриминатора и оценивается устойчивость срабатывания системы запуска. Далее сигналы оцифровываются 8 канальным блоком АЦП USB 3000 с разрядностью 14 бит и максимальной частотой 3 МГц, и затем записываются на жесткий диск персонального компьютера в автоматическом режиме [9].

Схема регистрации акустико-эмиссионных сигналов представлена на рисунке 2.

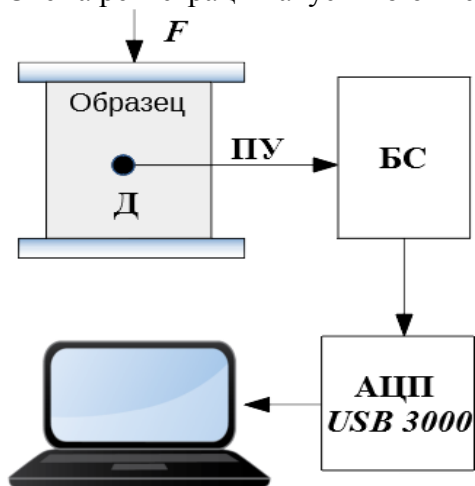


Рис. 2. Схема измерительного тракта АЭ: Д – датчик акустической эмиссии, ПУ – предварительный усилитель, БС – блок синхронизации

Сигналы АЭ регистрировались датчиками SE-2MEG-P (DECI, США), которые располагаются на поверхности исследуемом образце. Данные датчики представляют собой миниатюрные пьезоэлектрические преобразователи, которые переводят колебания поверхности материала в электрический сигнал в частотном диапазоне от 200 кГц до 2 МГц. После производится обработка полученных данных с использованием пакета Matlab [10]. В процессе эксперимента фиксируется большое количество (от 15000 до 400000) различных сигналов АЭ, среди которых присутствуют полезные сигналы, шум и их комбинации. На рисунке 3 показаны примеры такого рода сигналов и их амплитудно-частотный спектр.

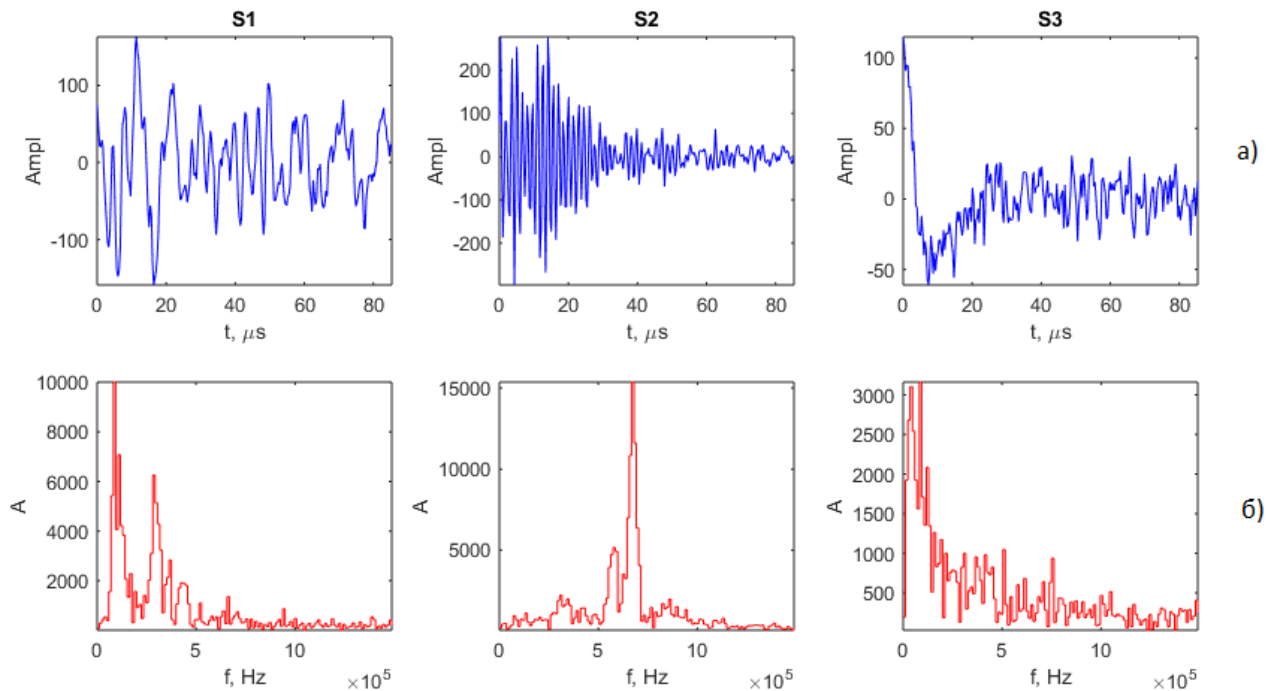


Рис. 3. Сигналы АЭ (а) и их амплитудно-частотный спектр (б). S1 – комбинированный сигнал, S2 – полезный сигнал, S3 – шум

Полезный сигнал имеет волновую форму, содержащую характерный всплеск и медленное затухание в пределах до ~ 40 мкс. Шумовой сигнал характеризуется отсутствием ярко выраженной волновой формы, малой амплитудой и доминированием низкочастотных составляющих в спектре. Комбинированные же сигналы являются наложением низкочастотной составляющей вне диапазона регистрации датчика (0-200 кГц) на полезный сигнал низком амплитуды.

Первый этап предварительной обработки сигналов акустической эмиссии включает в себя фильтрацию полосы частот в амплитудно-частотном спектре, вне рабочего диапазона датчика (от 0 до 200 кГц), согласно его калибровочной кривой.

Анализ волновых форм показал, что большая часть мощности полезного акустического сигнала приходится на временной отрезок 0-40 мкс, поэтому за для отделения полезного сигнала от шумового, было взято отношение в виде доли мощности волновой формы сигнала на данном отрезке, к мощности всего сигнала.

$$P_1 = \frac{\sum_{t=0}^{t_n} S^2}{\sum_{t=0}^{t_{\text{end}}} S^2}, \quad (1)$$

где S^2 – мощность сигнала, t_n – длительность участка, содержащего волновую форму (~ 20 – 40 мкс), t_{end} – длительность всего сигнала.

Во втором этапе использовался анализ амплитудно-частотного спектра сигналов, в котором рассчитывались отношения сумм амплитудно-частотного спектра в диапазоне от f_n до f_{end} к сумме амплитуд в спектре всего сигнала.

$$P_2 = \frac{\sum_{f_n}^{f_{end}} A}{\sum_{f=0}^{f_{end}} A}, \tag{2}$$

где A – амплитуда спектра, f_n – предел чувствительности датчика (200 кГц), f_{end} – 1.5 МГц (частота Найквиста, исходя из предела дискретизация АЦП USB 3000 - 3 МГц).

Результаты и обсуждение. Диаграмма рассеивания параметров P_1 и P_2 , а также их гистограммы распределения представлены на рисунке 4.

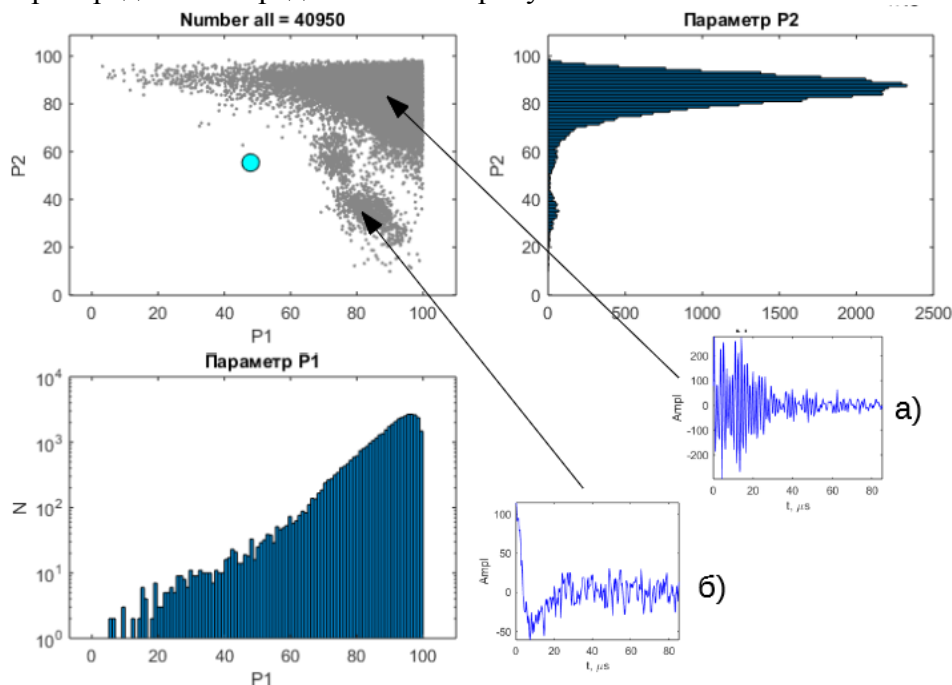


Рис. 4. Диаграмма рассеивания параметров P_1 и P_2 и их гистограммы распределения.
 а) кластер, содержащий полезные сигналы, б) кластеры, содержащие - шумы

Согласно гистограммам и виду волновой формы, полезные сигналы группируются в верхнем правом углу диаграммы рассеивания. Это означает, что для полезного сигнала характерно: во-первых, концентрация мощности сигнала на начальном участке записи, во-вторых, малая амплитуда низкочастотных частотных компонент (до 200 кГц). Для выделения полезных сигналов на диаграмме рассеивания использовался полигон, задаваемый оператором вручную, по параметру P_2 в диапазоне от 60 до 100, а по параметру P_1 в диапазоне от 50 до 100, исключая области с шумовыми акустоэмиссионными сигналами (рис.5).

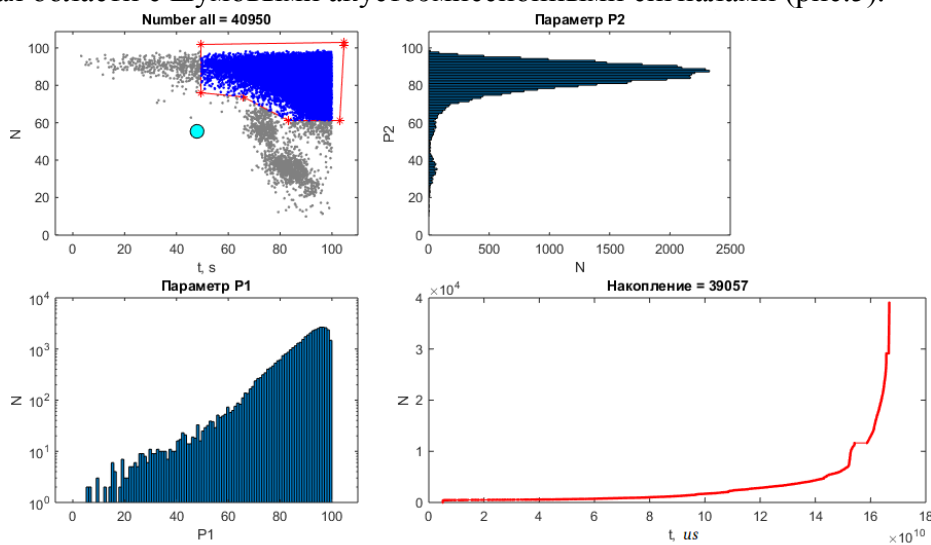


Рис. 5. Накопление сигналов АЭ от времени только полезных сигналов

На основе выделенных полезных сигналов строится график накопления событий акустической эмиссии. График накопления показывает, что на этапе уплотнения (до $15 \cdot 10^{10}$ мкс), количество сигналов акустической эмиссии сравнительно мало и составляет 15-20% от общего количества сигналов, с последующим резким увеличением количества событий, что является признаком разуплотнения и перехода к разрушению образца геоматериала [9].

Выводы. Анализ волновых форм сигналов акустической эмиссии показал, что они распределяются на три основных группы: полезные сигналы, шумы и их комбинация. Волновая форма полезных сигналов характеризуется начальным участком (до ~ 40 мкс), на который приходится большая часть мощности сигнала и содержащий всплеск, с последующим затуханием. Комбинированные сигналы представляют собой сложение низкочастотной шумовой составляющей и низкоамплитудного полезного сигнала. Шумовые сигналы характеризуются отсутствием четкой волновой формы, характерной для акустического отклика на деформацию, а также частотным спектром, имеющим равномерный вид или представленный, в основном, низкочастотными составляющими. Диаграмма рассеивания, построенная на основе параметров P_1 и P_2 , демонстрирует распределение сигналов акустической эмиссии по кластерам, которые соответствуют полезным и шумовым сигналам. Выборка полезных сигналов по диаграмме рассеивания производится выделением соответствующей области согласно гистограммам с помощью полигона. Для автоматизации процесса необходимо дальнейшее развитие методики, в направлении выделения полезных волновых форм используя методы кластерного анализа.

Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научной станции Российской академии наук в г. Бишкеке (тема № АААА-А19-119020190064-9)

Список литературы

1. Закупин А. С., Богомолов Л. М., Мубассарова В. А., Ильичев П. В. Сейсмоакустические проявления воздействий мощных импульсов тока по данным скважинных измерений на Бишкекском геодинамическом полигоне // Физика земли. 2014. № 5. С. 105–120.
2. Смирнов В.Б., Завьялов А.Д. К вопросу о сейсмическом отклике на электромагнитное зондирование литосферы Земли // Физика Земли. 2012. № 7–8. С. 63–88.
3. Закупин А.С., Богомолов Л.М., Гаврилов В.А. Сравнение результатов скважинных геоакустических измерений с данными лабораторных и натуральных экспериментов по электромагнитному воздействию на горные породы // Физика земли. 2011. № 11. С. 63–74.
4. Имашев С.А., Сычев В.Н. Оценка возможностей применения методов фрактального анализа для исследования геофизических данных. Часть 2. Фрактальный анализ сейсмосигнала // Вестник КРСУ. 2017. Т. 17. № 5. С. 78-82.
5. Lockner D. The role of acoustic emissions in the study of rock fracture // Int J Rock Mech Min Sci Geomech Abstr. 1993. Vol. 7. P. 883–899.
6. Niccolini G., Carpinteri A., Lacidogna G., Manuello A. Acoustic emission monitoring of the Syracuse Athena temple: scale invariance in the timing of ruptures // Phys Rev Lett. 2011. 106:108503.
7. Carpinteri A., Lacidogna G., Accornero F. Fluctuations of $1/f$ Noise in Damaging Structures Analyzed by Acoustic Emission // Applied Sciences. 2018. 8. № 9. С. 1685.
8. Закупин А.С., Боровский Б.В. Пат. 2012148683/28 РФ. Рычажная установка для статических и динамических испытаний материалов в условиях одноосного сжатия // БИ. 2015. - №5.
9. Мубассарова В.А. Влияние электромагнитных полей на скорость деформации и дефектообразование в нагруженных образцах горных пород: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 25.00.10 // ФГБУН Институт динамики геосфер РАН. М., 2019. 202 с.

УДК 539.3:519.67

**МЕТОДИКА ОТБРАКОВКИ ШУМОВЫХ КОМПОНЕНТ В СИГНАЛАХ
АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ**

**БИР ОКТУК КЫСУУДА ТООТЕКТЕРДИН АКУСТИКАЛЫК ЭМИССИЯ
СИГНАЛДАРЫНДАГЫ ЧУУ КОМПОНЕНТТЕРДИ ЫЛГОО ЫКМАСЫ**

Чешев Михаил Евгеньевич, младший научный сотрудник Лаборатории моделирования энергонасыщенных сред, Научная Станция РАН в г. Бишкек, 720049, Кыргызстан, e-mail: cheshev Mikhail@yandex.ru

Кульков Дмитрий Сергеевич, старший инженер Лаборатории моделирования энергонасыщенных сред, Научная Станция РАН в г. Бишкек, 720049, Кыргызстан, e-mail: kulkov.dmitrii @yandex.ru

Аннотация. В работе представлены результаты анализа записей акустической эмиссии образца гранита (~40950 сигналов) и методика выделения полезных сигналов на основе алгоритмов кластерного анализа. Анализ волновых форм показал, что все сигналы акустической эмиссии делится на три большие группы - полезные сигналы, шумы различной природы и комбинированные сигналы, которые представляют собой полезные сигналы акустической эмиссии с наложенным на них шумом. Полезные сигналы акустической эмиссии характеризуются резким нарастанием амплитуды и последующим медленным затуханием с длительностью порядка 40 мкс, а шумы имеют доминирующие составляющие в диапазоне частот от 0 до 200 кГц. Эти характеристики позволяют задать ключевые признаки P_1 и P_2 , диаграмма рассеивания которых показывает группировку полезных и шумовых сигналов в отдельные области. Для автоматического выделения полученных областей необходимо применять методы кластерного анализа, в частности, методы, которые используют особенности плотности распределения признаков, соответствующие гистограммам, полученных ключевых параметров P_1 и P_2 . В качестве такого метода был выбран плотностный алгоритм кластеризации пространственных данных с присутствием шума (DBSCAN), на основе которого для трех образцов горных пород были выделены и отбракованы по 3.9%, 8.2% и 64.1% записей из общего количества, которые соответствовали шумовым сигналам.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, отбраковка шумовых компонент, амплитудно-частотный спектр, волновая форма, ключевые признаки, кластеры, кластерный анализ, DBSCAN

**METHOD OF NOISE COMPONENTS REJECTION IN ACOUSTIC EMISSION SIGNALS
OF ROCKS UNDER UNIAXIAL COMPRESSION**

Cheshev Mikhail Evgenevich, Junior Researcher of Laboratory of Energy-Saturated Media Simulation, Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek, 720049, Kyrgyzstan, email: cheshev Mikhail@yandex.ru

Kulkov Dmitrii Sergeevich, Senior engineer of Laboratory of Energy-Saturated Media Simulation, Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek, 720049, Kyrgyzstan, email: kulkov.dmitrii @yandex.ru

Abstract. This paper presents analysis of acoustic emission records (~ 40950) of granite specimen and method for extracting useful signals based on cluster algorithms. Analysis of waveforms showed that all acoustic emission signals are divided into three large groups – useful signals, noises of various nature, and combined signals, which are mixture of useful signal and noise. The useful signals of acoustic emission are characterized by a sharp increase in amplitude and subsequent slow attenuation with duration of ~40 μ s, and the noise signals have dominant components in the frequency range from 0 to 200 kHz. These characteristics allow setting the key features P_1 and P_2 that have scatter plot, which shows the grouping of useful and noise signals. For automatic selection of those groups, one should apply methods of cluster analysis, in particular, methods that use features of the density distribution, corresponding to histograms of P_1 and P_2 key parameters. We used density-based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) for rejection of 3.9%, 8.2% and 64.1% of the total number of signals that corresponded to noisy components for three rock samples, accordingly.

Keywords: acoustic emission, rejection of noise components, amplitude-frequency spectrum, waveform, key features, clusters, cluster analysis, DBSCAN

Введение. Акустическая эмиссия (АЭ) представляет собой упругие колебания, возникающие в ходе пластических или частично пластических процессов, протекающих в породе под влиянием внешних и внутренних факторов [1]. В результате данных деформационных процессов возникает акустическая эмиссия повышенной интенсивности, способная служить индикатором активизации деформационных процессов [2]. Наряду с измерениями геоакустической эмиссии, существенный вклад в исследования вносит физическое моделирование на образцах горных пород [3].

Результаты проведения лабораторных экспериментов в ЛМЭС НС РАН показали, что при разрушении одного образца горной породы происходит регистрация большого количества сигналов, представляющий собой набор, как полезных сигналов, так и шумовых компонент. Особенность распределения ключевых признаков волновых форм сигналов АЭ в двумерном виде дает возможность использовать алгоритмы кластерного анализа [4] для разделения полезных и шумовых сигналов в автоматическом режиме.

Методика определения ключевых признаков. Для выделения шумовых сигналов необходимо определить несколько (минимум два) ключевых признаков, значения которых позволили бы отделить полезные сигналы от шума. Анализ выборки (40950 волновых форм) показал, что полезный сигнал акустической эмиссии характеризуется резким нарастанием амплитуды и затем медленным спадом (затуханием), а сама длительность сигнала составляет ~ 40 мкс [5]. Исходя из этого, можно получить мощность полезного сигнала, находящегося в промежутке от 0 до 40 мкс как долю мощности волновой формы сигнала на данном отрезке, к мощности всего сигнала:

$$P_1 = \frac{\sum_{t=0}^{t_n} S^2}{\sum_{t=0}^{t_{end}} S^2},$$

где S^2 – мощность сигнала, t_n – длительность участка содержащего волновую форму (~ 20-40 мкс), t_{end} – длительность всего сигнала.

Так же было выявлено, что явные шумовые сигналы имеют доминирующие частоты в диапазоне от 0 до 200-250 кГц и можно вычислить отношение суммы амплитуд Фурье- спектра в диапазоне от 200 кГц до 1.5 МГц к сумме амплитуд в спектре всего сигнала:

$$P_2 = \frac{\sum_{f_n}^{f_{end}} A}{\sum_{f=0}^{f_{end}} A},$$

где A – амплитуда спектра, f_n – предел чувствительности датчика (200 кГц), f_{end} – 1,5 МГц (исходя из предела дискретизация АЦП USB 3000 – 3 МГц).

Построим по двум ключевым признакам P_1 и P_2 диаграмму рассеивания для набора сигналов, полученных при разрушении образца гранита (рис.1)

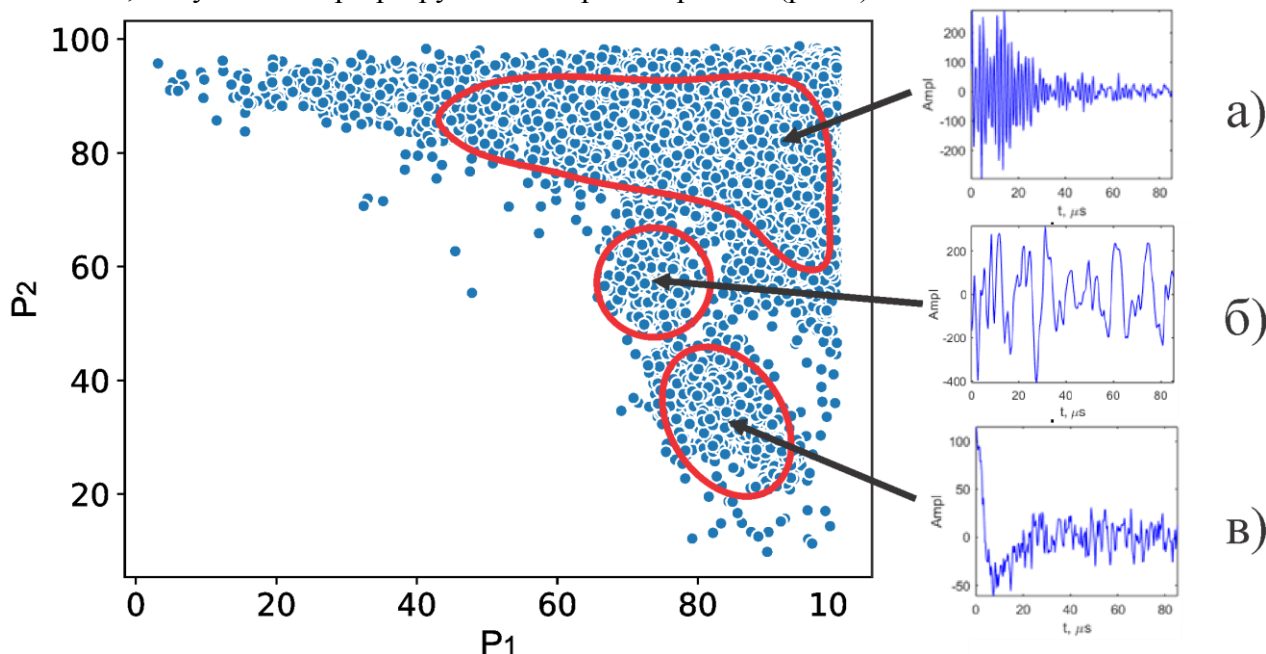


Рис. 1. Диаграмма рассеивания ключевых признаков P_1 и P_2 сигналов АЭ: а) область, соответствующая полезным сигналам, б) – низкочастотный шум, в) - наводки

Из рисунка 1 видно, что полезные сигналы АЭ группируются в правом верхнем углу (а). Также явно выделяются два облака (б и в), которые являются шумовыми. Остаточные хвосты верхней области представляют собой либо сильно зашумленные сигналы, либо шумы, мощность или отношение спектров которых схожи с признаками для полезного сигнала.

Алгоритм кластеризации. Существует ряд алгоритмов кластеризации, таких как knn (k nearest neighbors – k ближайших соседей) [6], k-means (основанный на минимизации суммарного квадратичного расстояния между точками кластера и его центром) [7], DBSCAN (density-based spatial clustering of applications with noise – плотностный алгоритм кластеризации пространственных данных с присутствием шума) [8], иерархическая кластеризация [9] и другие. Исходя из особенностей геометрии кластера, в котором находятся полезные сигналы и концентрации их в правом верхнем углу диаграммы, а также наличия шумов по краям кластера, было решено применить плотностный алгоритм кластеризации пространственных данных с присутствием шума (DBSCAN).

Принцип действия алгоритма основывается на том, что распределение точек представляет собой плотные области данных, которые отделены друг от друга относительно пустыми областями. При этом задаются два параметра - есть минимальное число точек (n) и радиус, в котором эти точки должны находиться (ϵ).

На рис. 1 красным выделены точки, у которых в заданном радиусе находятся не менее n точек (в данном случае четыре).

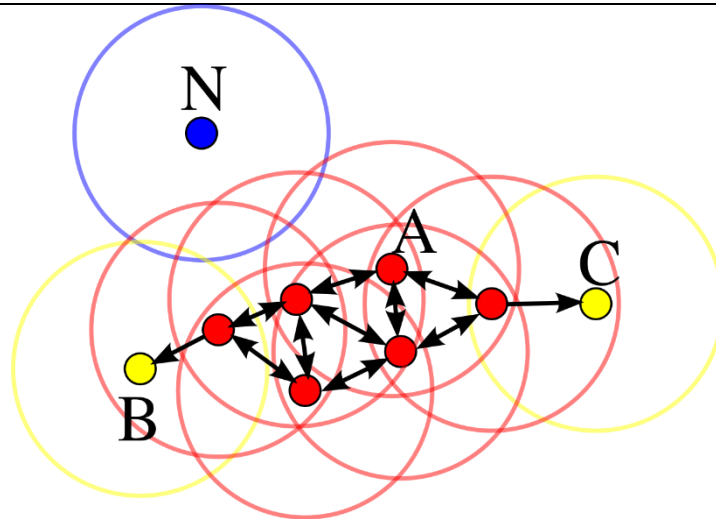
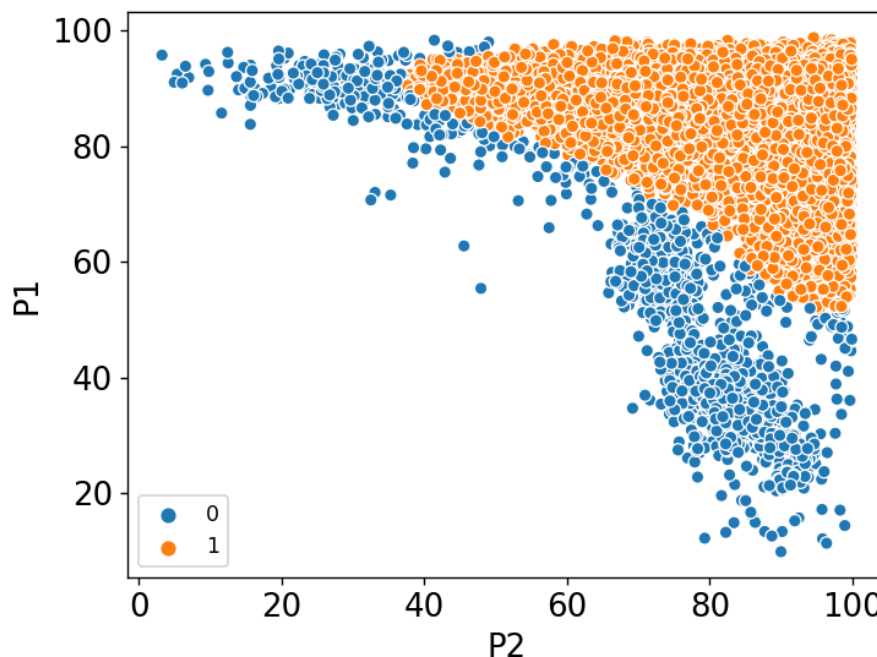


Рис. 2. Иллюстрация кластерной модели алгоритма DBSCAN

Эти точки называют ядровыми (core points) и если расстояние между ними не превышает ϵ , то они помещаются в один кластер. Желтым помечаются те точки (B и C), в радиусе которых оказалось меньше n точек, но присутствует хотя бы одна ядровая. Это означает, что выбранная точка является пограничной и присваивается к кластеру, в котором лежит ближайшая ядровая точка. Таким образом, кластер растет до тех пор, пока не останется ни одной ядровой точки в пределах радиуса окрестности ϵ . Если же у выбранной точки значение n меньше заданного, и эта точка не является пограничной, то она помечается как шум (noise) (точка N), означающее то, что она не принадлежит какому-либо кластеру [4].

Выделение области полезных сигналов АЭ образцов горных пород. Рассмотрим применение алгоритма кластеризации на трех образцах горных пород – гранита, мрамора и габбро. На рис.3 оранжевым цветом область параметров P_1 , P_2 (кластер 1) для образца гранита, которая соответствует полезным сигналам, содержащая 96.1% всего количества сигналов АЭ (39365 из 40950), т.е. отбраковано 3.9% сигналов, которые являются явными шумами (кластер 0).

Рис. 3. Диаграмма рассеивания ключевых параметров P_1 и P_2 для сигналов АЭ образца гранита: 1 – кластер полезных сигналов, 0 – кластер шумов

Подобную же диаграмму рассеивания можно получить и для образца мрамора (рис.4). Область выделения (кластер 1) содержит 14457 записей сигналов АЭ, при общем количестве в 15746 записей, что соответствует доле отбракованных записей 8.2% от общего количества.

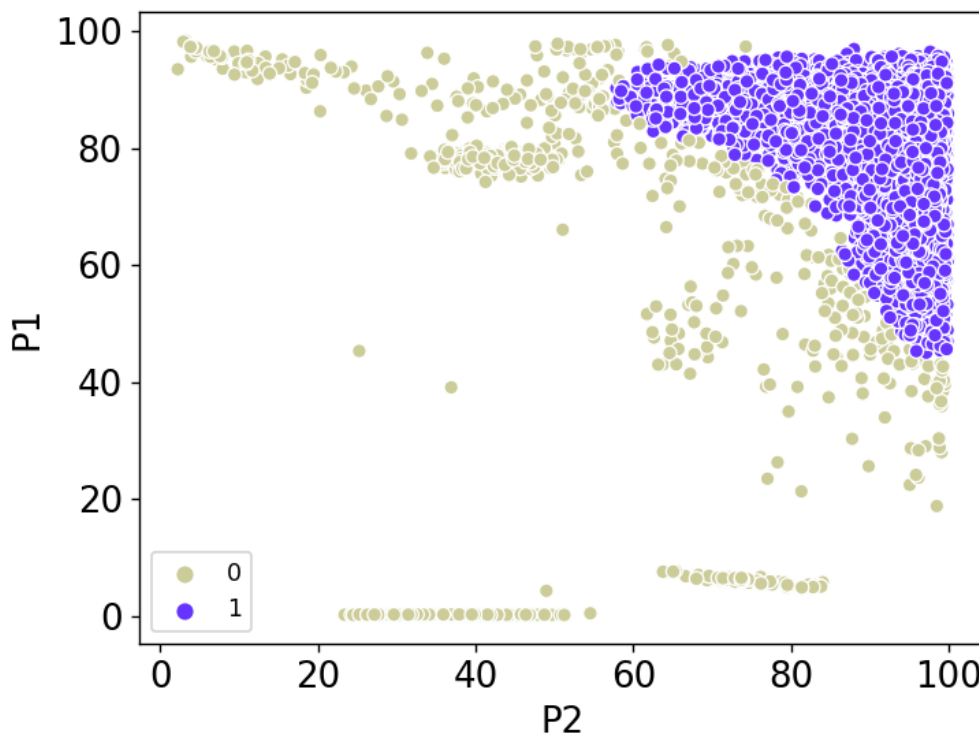


Рис. 4. Диаграмма рассеивания ключевых параметров P_1 и P_2 для сигналов АЭ образца мрамора: 1 – кластер полезных сигналов, 0 – кластер шумов

Кластеризация параметров P_1 и P_2 образца габбро (рис.5) дало несколько иные результаты, чем на образцах мрамора и гранита. Кластер области, которая соответствуют полезным сигналам представляет собой узкую полосу, вытянутую вдоль параметра P_2 , содержащий 35,9% записей от общего количества.

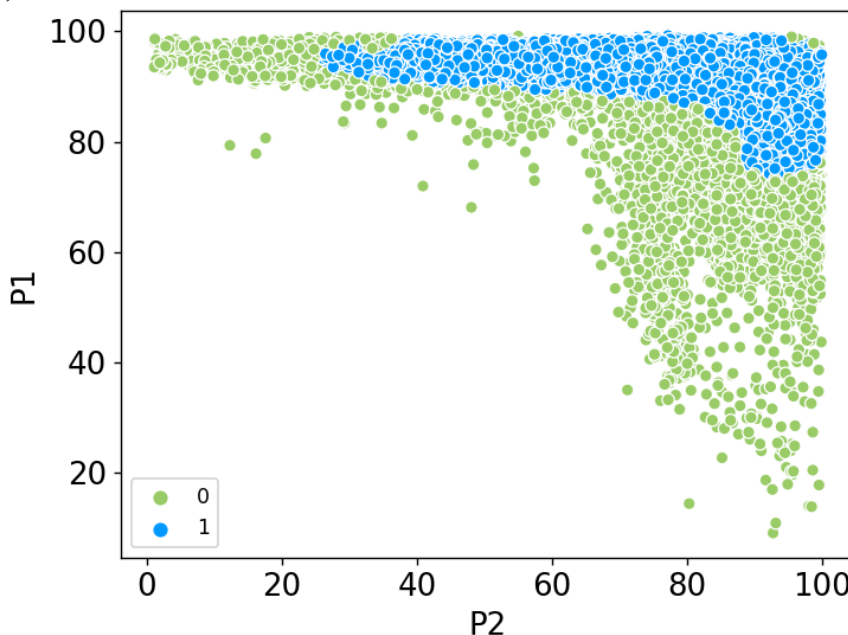


Рис. 5. Диаграмма рассеивания ключевых параметров P_1 и P_2 для сигналов АЭ образца габбро: 1 – кластер полезных сигналов, 0 – кластер шумов

Анализ результатов разбиения на кластеры для всех трех образцов горных пород показывает, что области, соответствующие полезным сигналам, группируются в верхнем правом углу с нижней границей ключевого признака P_1 (45, 50 и 70) и P_2 (60, 40 и 30) для образцов мрамора, гранита и габбро.

Заключение. Анализ большого количества волновых форм сигналов акустической эмиссии горных пород (~40950 сигналов) позволил выявить ключевые признаки P_1 и P_2 , характеризующие мощность сигнала, заключенного в отрезке от 0 до 40 мкс и отношение сумм амплитудно-частотных спектров, которые имеют различные значения для полезных сигналов АЭ и шумов. Построенные по этим признакам диаграммы рассеивания показали, что область полезных сигналов находится в правом верхнем углу, с плотностью ~50 точек на круг радиусом 2.5 условных единиц. Области с меньшей плотностью, или расположенные в других местах диаграммы, являются шумами различной природы. Для данных особенностей группировки наиболее оптимально подходит плотностный алгоритм кластеризации пространственных данных с присутствием шума (DBSCAN), так как использует особенности плотности распределения признаков, соответствующих гистограмме ключевых параметров P_1 и P_2 . Выделение сигналов АЭ по ключевым параметрам алгоритмом DBSCAN позволило отбраковать 3.9%, 8.2% и 64.1% записей для образцов гранита, мрамора и габбро соответственно. Указанный алгоритм позволяет в автоматическом режиме проводить отбраковку шумовых сигналов акустической эмиссии в лабораторных экспериментах по одноосному сжатию горных пород.

Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научной станции Российской академии наук в г. Бишкеке (тема № АААА-А19-119020190064-9)

Список литературы

1. Lockner D. The role of acoustic emissions in the study of rock fracture // *Int J Rock Mech Min Sci Geomech Abstr.* 1993. Vol. 7. P. 883–899.
2. Долгих Г.И., Купцов А.В., Ларионов И.А., Марапулец Ю.В., Швец В.А., Шевцов Б.М., Широков О.Н., Чупин В.А., Яковенко С. В. Деформационные и акустические предвестники землетрясений // *ДАН.* 2007. Том 41. №5. С. 96–100.
3. Закупин А.С., Аладьев А.В., Богомоллов Л.М., и др. Взаимосвязь электрической поляризации и акустической эмиссии образцов геоматериалов в условиях одноосного сжатия // *Вулканология и сейсмология.* 2006. № 6. С. 22-33.
4. Schubert E., Sander J., Ester M., Kriegel H.-P., Xu X. DBSCAN Revisited, Revisited: Why and How You Should (Still) Use DBSCAN. // *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, Vol. 42, August 2017. P.1–21.
5. Мубассарова В.А. Влияние электромагнитных полей на скорость деформации и дефектообразование в нагруженных образцах горных пород // Автореферат дис. канд. Физико-математических наук. Москва: 2018. 20 с.
6. Goldberger J., Hinton G., Roweis S., Salakhutdinov R. Neighbourhood Components Analysis // *Advances in Neural Information Processing Systems*, Vol. 17, May 2005, P. 513-520.
7. Pankaj K.A., Nabil H.M. k-means projective clustering // *Proceedings of the twenty-third ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART symposium on Principles of database systems*, New York, USA, 2004, P. 155–165.
8. Ester M., Kriegel H.-P., Sander J., Xu X. A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise // *Proceedings of the 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, Portland, OR, AAAI Press, 1996, P. 226-231.
9. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. *The Elements of Statistical Learning* // 2nd ed. New York: Springer, 2009. P.736

**ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ,
РЕГИСТРИРУЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ БИШКЕКСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО
ПОЛИГОНА**

**БИШКЕК ГЕОДИНАМИКАЛЫК ПОЛИГОНУНУН АЙМАГЫНДА
РЕГИСТРАЦИЯЛАНГАН ГЕОАКУСТИКАЛЫК СИГНАЛДАРДЫН ФРАКТАЛДЫК
АНАЛИЗИ**

Имашев Санжар Абылбекович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник Лаборатории моделирования энергонасыщенных сред, Научная Станция РАН в г. Бишкек, 720049, Кыргызстан, e-mail: sanzhar.imashev@gmail.com

Чешев Михаил Евгеньевич, младший научный сотрудник Лаборатории моделирования энергонасыщенных сред, Научная Станция РАН в г. Бишкек, 720049, Кыргызстан, e-mail: cheshevmi hail@yandex.ru

Аннотация. В рамках специальных экспериментов, проводимых в 2008–2012 гг. на территории Бишкекского геодинамического полигона осуществлялась регистрация геоакустических откликов горных пород в естественных условиях на воздействие электрических импульсов электроразведочной генераторной установки ЭРГУ-600-2. Результаты показали, что в случае размещения геофонов в скважинах, отклики геоакустической эмиссии регистрировались при малых напряженностях воздействующего электрического поля порядка 0.5 мВ/м и представляли собой короткие импульсные высокоамплитудные сигналы, превышающие среднеквадратичный уровень шума более чем в 3 раза. В данной работе приведены результаты анализа геоакустических сигналов стационарного пункта регистрации, в условиях, когда отклики не выделяются на уровне шума. Эта особенность диктует применение фрактальных методов, позволяющих извлекать дополнительную информацию из сигналов, в которых амплитуда полезной составляющей соизмерима с уровнем шума. В качестве метода расчета фрактальных характеристик (параметра Херста) использовался метод анализа флуктуаций после исключения масштабно-зависимых трендов (DFA). Расчет параметра Херста в скользящем окне показал, что резкое уменьшение параметра Херста совпадает по времени с пусками ЭРГУ-600-2. В фоновые же периоды (в отсутствие электромагнитных воздействий), значения параметра Херста колеблются на уровне ~ 0.5 , свидетельствуя об отсутствии в сигнале в этот период коррелированности (классическое броуновское движение). Обнаруженные отклики геоакустической эмиссии на зондирующие импульсы подтверждают возможность влияния импульсов тока на процесс деструкции геосреды, что согласуется с результатами, полученными другими исследователями в данной области.

Ключевые слова: фрактальный анализ, геоакустический сигнал, параметр Херста, спектр сингулярности, метод DFA

**FRactal ANALYSIS OF GEOAcoustic SIGNALS REGISTERED AT BISHKEK
GEODYNAMIC POLYGON**

Imashev Sanjar Abylbekovich, Candidate of Science in Physics and Mathematics, Senior Researcher of Laboratory of Energy-Saturated Media Simulation, Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek, 720049, Kyrgyzstan, email: sanzhar.imashev@gmail.com

Cheshev Mikhail Evgenevich, Junior Researcher of Laboratory of Energy-Saturated Media Simulation, Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek, 720049, Kyrgyzstan, email: cheshev Mikhail@yandex.ru

Abstract. During the special experiments conducted in 2008–2012 at the territory of the Bishkek geodynamic polygon, geoacoustic responses of rocks under natural conditions to electrical impulses of electrical prospecting generator ERGU-600-2 were recorded. The results showed that when geophones were placed in wells, the responses of geoacoustic emissions were recorded at low intensities of electric field ~ 0.5 mV/m and appeared as short pulse high-amplitude signals exceeding the root mean square noise more than 3 times. This paper presents the results of analysis of geoacoustic signals at stationary measuring site, under conditions where responses are not distinguished from the noise level. This feature dictates using of fractal methods that make it possible to extract additional information from signals in which the amplitude of useful component is commensurable with the noise level. We used Detrended Fluctuation Analysis (DFA) as the method for estimation of fractal characteristics (Hurst exponent). Calculation of Hurst exponent in a sliding window showed that a sharp decrease in Hurst exponent values coincides in time with the running of ERGU-600-2. In the background periods (in the absence of electromagnetic impact), values of Hurst exponent fluctuate at a level of ~ 0.5 , indicating the absence of correlation in the signal during this period (classical Brownian motion). The detected responses of geoacoustic emission to the sensing pulses confirm the possibility of current pulses impact on the process of geomedia destruction, which is consistent with the results obtained by other researchers in this field.

Keywords: fractal analysis, geoacoustic signal, Hurst exponent, singularity spectrum, DFA method

Введение. Изменения в сейсмической активности (суточного числа сейсмических событий) на территории Гармского и Бишкекского полигонов после пусков геофизических МГД-генераторов зафиксировали влияние мощных электроимпульсов на процессы деформации в земной коре [1]. В последующих работах [2, 3] было показано, что аналогичный эффект имеет место и при глубинных зондированиях с использованием электроимпульсного источника (установки ЭРГУ-600-2). Во всех случаях наблюдались устойчивые корреляции между кратковременным приростом сейсмической активности и электровоздействиями на земную кору однополярными импульсами тока с достаточно большим вкладом энергии в геосреду.

В 2008–2012 гг. на территории Бишкекского геодинамического полигона были организованы специальные эксперименты, в рамках которых осуществлялась регистрация геоакустических откликов горных пород в естественных условиях на воздействие электрических импульсов, вырабатываемых электрогенераторной установкой ЭРГУ-600-2 [4, 5]. Эти результаты показали, что отклики геоакустической эмиссии горных пород в условиях их естественного залегания в случае размещения геофонов в скважинах могут надежно регистрироваться уже при уровне напряженности воздействующего электрического поля порядка 0.5 мВ/м. Наблюдаемые отклики представляли собой короткие импульсные сигналы большой амплитуды, схожие по виду огибающей с сейсмическими сигналами, регистрируемые измерительными станциями сети KNET. Выделение данных импульсов на фоне непрерывного шума производилось на основе факта превышения порога равного 3σ (σ – уровень среднеквадратичного шума).

В настоящее время регистрация сигналов геоакустической эмиссии на Научной Станции РАН, производится в непрерывном режиме с помощью стационарного трехкомпонентного пьезокерамического сейсмоприемника (геофона), расположенного на выходе коренных пород на глубине 3м. При этом, по сравнению с сигналами, полученными в скважинах, геоакустические отклики в стационарной точке не выделяются в явном виде на

уровне шума, вследствие чего, необходимо использовать иные методы обработки подобных сигналов, в которых амплитуда полезной составляющей соизмерима с уровнем шума. В данной работе приводятся результаты анализа сигналов геоакустической эмиссии на основе фрактальных методов, в частности метода анализа флуктуаций после исключения масштабно-зависимых трендов (Detrended Fluctuation Analysis (DFA)) для выделения периодов отклика геосреды на импульсы ЭРГУ-600-2.

Методика. Электроразведочная генераторная установка ЭРГУ-600-2 используется для глубинного электроразведывания земной коры территории Бишкекского геодинамического полигона для задач мониторинга кажущегося сопротивления [6]. Нагрузкой установки является диполь-излучатель, расположенный в центральной части полигона, ориентированный в направлении север – юг. Диполь выполнен в виде закопанного на глубине 1 м изолированного алюминиевого кабеля общим сечением 1200 мм². Расстояние между полюсами 4028 м. Зондирующий импульс ЭРГУ-600-2 представляет собой серию периодических знакопеременных импульсов тока прямоугольной формы с амплитудой 600А, длительностью 5 с и периодом повторения 10 с. Длительность сеанса составляет 12 минут. Ежедневно проводится шесть таких сеансов, кроме выходных и праздничных дней.

Как уже упоминалось ранее, мониторинг геоакустической эмиссии производится в непрерывном режиме на стационарной точке с помощью геофона А1638 производства ЗАО “Геоакустика” [7] с частотой 1 кГц. На рис.1 представлены фотоснимки: а) верхней площадки Научной Станции РАН с обозначением местоположения подземного пункта мониторинга, б) - входа в него, в) - трехкомпонентного пьезокерамического датчика А1638.

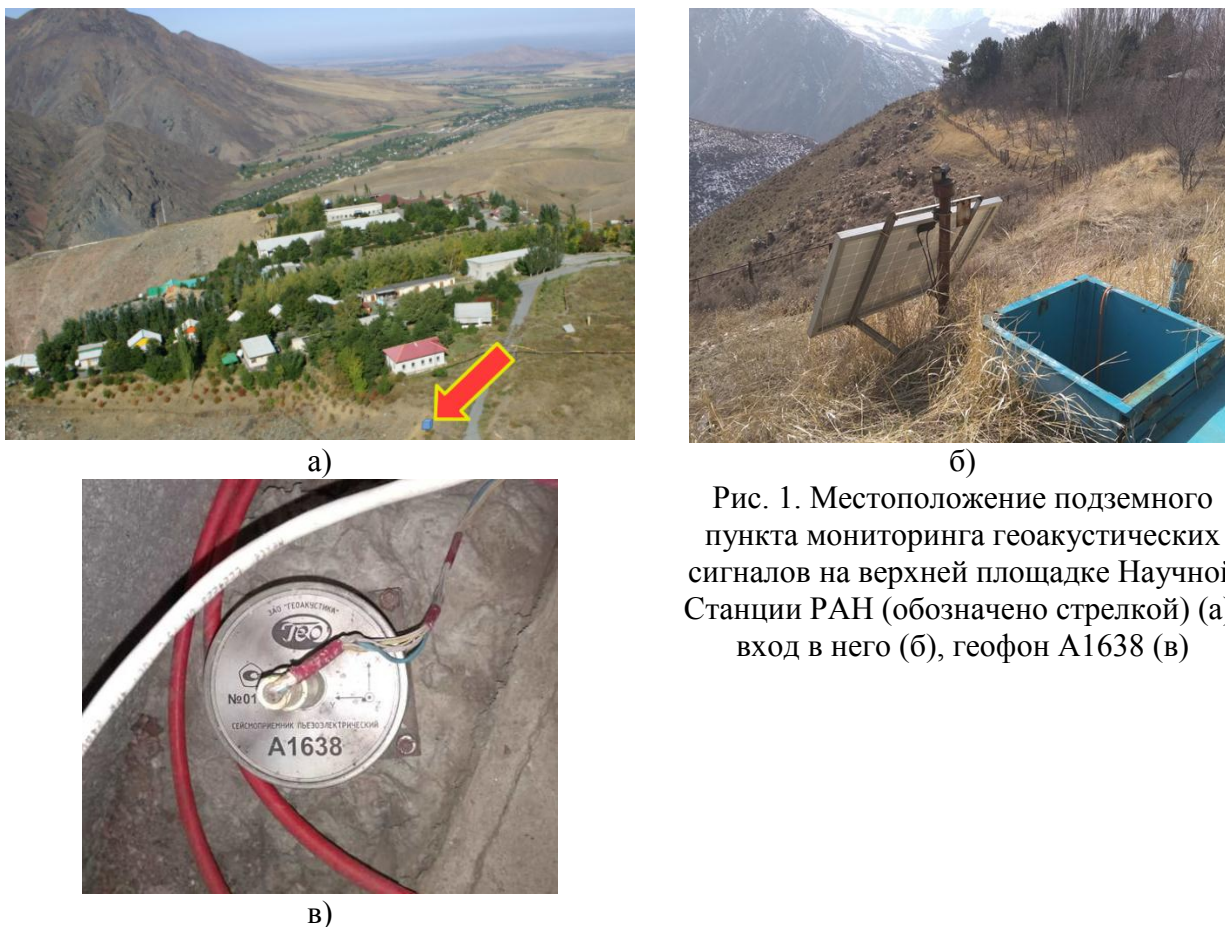


Рис. 1. Местоположение подземного пункта мониторинга геоакустических сигналов на верхней площадке Научной Станции РАН (обозначено стрелкой) (а), вход в него (б), геофон А1638 (в)

Типичный вид записи геоакустического сигнала представлен на рис.2 (начало записи, 2019-01-08 07:08:21, Y канал) и представляет собой набор нестационарных компонент различной амплитуды и частоты. Штатный режим пусков ЭРГУ-600-2 (6 сеансов по 12 минут)

подсвечен желтыми полосами. Для расчетных целей была проведена децимация частоты до 100 Гц.

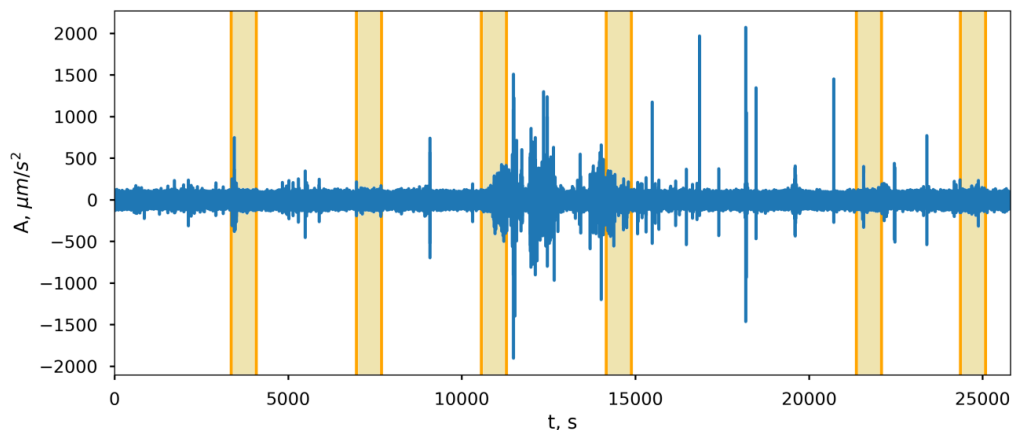


Рис. 2. Запись сигнала геоакустической эмиссии (Y компонента, начало записи, 2019-01-08 07:08:21). Желтыми полосами отмечены сеансы пусков ЭРГУ-600-2

На рисунке видно, что в сигнале на фоне шумов в явном виде выделяются высокоамплитудные низкочастотные и высокочастотные (импульсные) компоненты не связанные с зондированием ЭРГУ-600-2. Для наглядности, на рисунке 3 показан участок сигнала, записанный во время последних двух сеансов работы электроразведывающей установки.

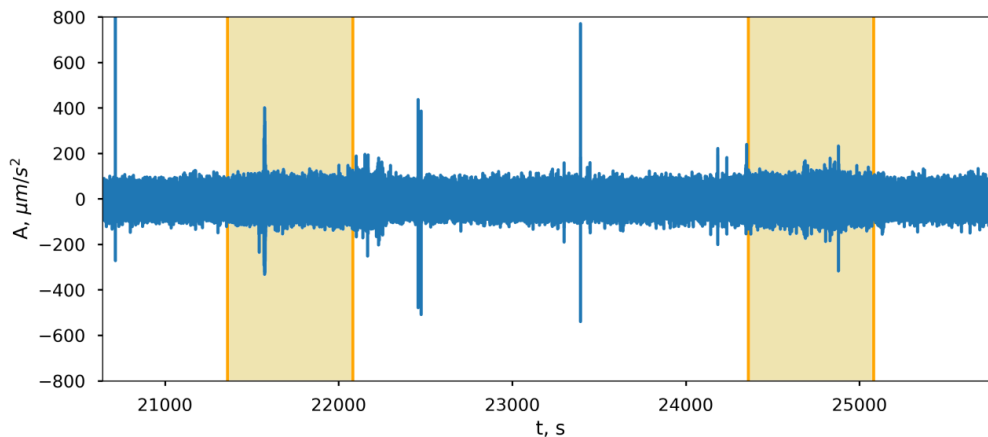


Рис. 3. Участок геоакустического сигнала. Желтыми полосами отмечены последние два сеанса работы ЭРГУ-600-2

Как видно из рисунков, геоакустический отклик на сеансы зондирований не проявляется визуально, вследствие малой амплитуды по сравнению с фоновым шумом. Однако, тот факт, что геоакустический сигнал, представляющий собой временной ряд, содержит как шумовую компоненту, так и саму волновую форму, хоть и не явно выделяющуюся, дает основание применять методы фрактального анализа, широко используемые при исследовании схожих временных рядов, например сейсмических сигналов [8, 9]. При этом используется основное преимущество фрактального анализа – способность исследовать сигналы, которые, с точки зрения классических методов ковариационной и спектральной теорий, не содержат какой-либо полезной информации и являются «шумом» [10, 9]. Для описания фрактальных свойств геоакустического сигнала часто используется так называемый параметр Херста H [11], который связан с фрактальной размерностью D простым соотношением:

Наиболее популярными методами расчета данного параметра являются: метод нормированного размаха, метод анализа флуктуаций после исключения масштабно-зависимых трендов и различные методы, использующие аппарат дискретного или непрерывного вейвлет-преобразования [12]. В качестве метода оценки параметра Херста был использован метод анализа флуктуаций после исключения масштабно-зависимых трендов (DFA) [13, 14], дополненный алгоритмом выбора диапазонов, основанного на собственных делителях [15].

Для выявления моментов перехода геоакустического шума из режима фрактального гауссовского, который соответствует классическому броуновскому движению ($H \sim 0.5$) в более структурированное состояние, необходимо рассчитать значения параметра Херста в скользящем окне [10, 9]. Ширина окна равняется 10 секунд, что является достаточным для регистрации сеанса зондирования с общей длительностью в 12 минут.

Результаты и обсуждение. На рис.4 представлена динамика изменений параметра Херста геоакустического сигнала, рассчитанная в скользящем окне шириной 10 сек методом DFA. Здесь, как и в предыдущих рисунках, желтые полосы обозначают сеансы электрзондирований. Так как сами вариации имеют сильно осциллирующий характер, то для большей наглядности было решено сгладить кривую скользящим средним (утолщенная синяя кривая).

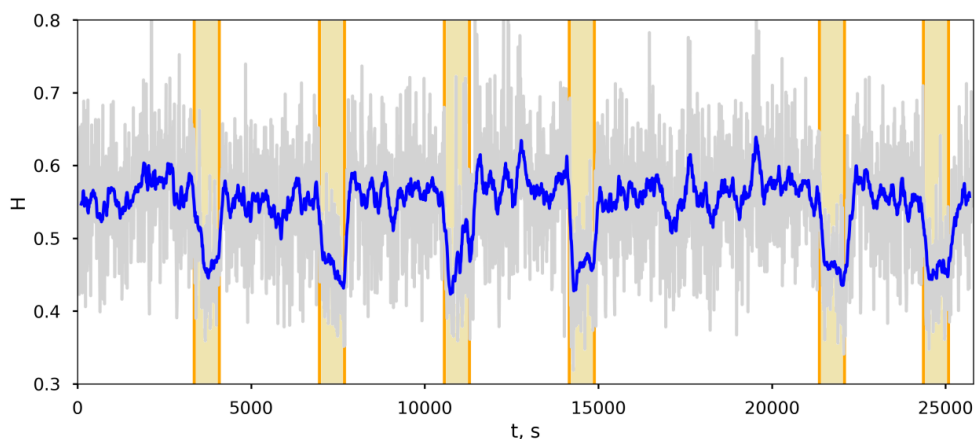


Рис. 4. Вариации параметра Херста геоакустического сигнала (утолщенная синяя кривая – сглаживание скользящим средним; желтые полосы – сеансы работы ЭРГУ-600-2)

Как видно из рисунка, параметр Херста геоакустического сигнала вне сеансов электрзондирований остается постоянным на уровне ~ 0.5 , что свидетельствует о случайном характере шумовых компонент на этом участке, соответствующих классическому броуновскому движению. В моменты же работы установки ЭРГУ-600-2, значения параметра Херста падают до уровня $\sim 0.4-0.45$, что свидетельствует о наличии компоненты, которая вносит элемент детерминированности в сам сигнал.

На рис.5 показан участок вариаций параметра Херста, включающий два последних сеанса работы электрзондирующей установки.

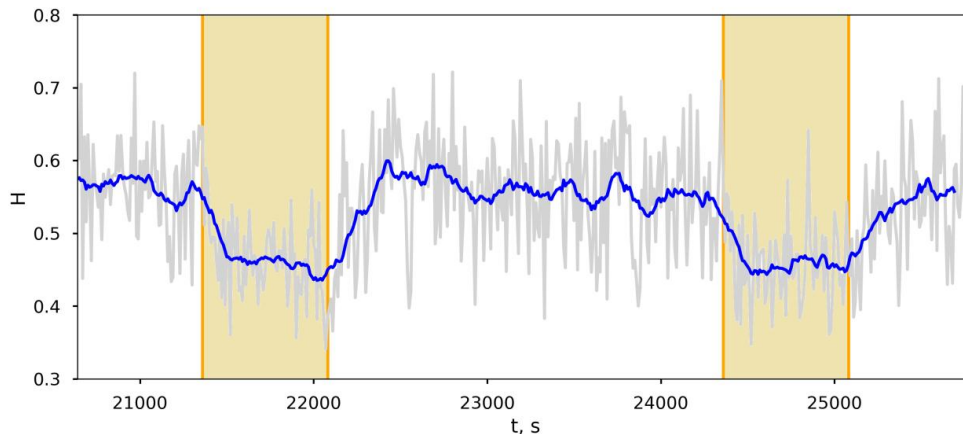


Рис. 5. Вариации параметра Херста геоакустического сигнала в период последних двух сеансов работы ЭРГУ-600-2 (желтые полосы) (утолщенная синяя кривая – сглаживание скользящим средним)

Из рисунка следует, что уменьшение параметра Херста, равно как и его последующее повышение происходит сравнительно медленно, принимая во внимание, что ширина окна расчета самого параметра равна 10 секундам, а длительность зондирующего импульса – 12 минутам. Подобная задержка проявлялась в экспериментах по регистрации геоакустической эмиссии в скважинах [5] и в лабораторных экспериментах на нагруженных образцах геоматериалов [16].

Выводы. Геоакустический сигнал, регистрируемый в стационарной точке на территории Научной Станции РАН, представляет собой набор нестационарных компонент различной амплитуды и частоты, в которых визуально не выделяются моменты пусков ЭРГУ-600-2. Выделение геоакустических откликов на зондирующие импульсы затруднено тем, что интересующие компоненты малы по амплитуде и соизмеримы с уровнем фонового шума, в отличие от экспериментов по регистрации геоакустической эмиссии в скважинах [Закупин, 2014, 2011], когда амплитуда сигнала превышала среднеквадратичный уровень шума (σ) более чем в 3 раза. Эта особенность сигналов геоакустической эмиссии диктует применение методов фрактального анализа, которые позволяют выявлять дополнительную информацию из временных рядов, содержащих шумовую компоненту, доминирующую на рассматриваемом участке [8-12].

Расчет параметра Херста в скользящем окне методом DFA показал, что падение значений параметра до уровня ~ 0.45 совпадает по времени с сеансами работы установки ЭРГУ-600-2. В фоновые же периоды, когда электромагнитных воздействий не было, значения параметра Херста варьируются на фоновом уровне ~ 0.5 , свидетельствуя об отсутствии в сигнале в этот период коррелированности, как в случае с классическим броуновским движением [12, 10]. Обнаруженные отклики геоакустической эмиссии подтверждают возможность влияния импульсов тока на процесс деструкции геосреды, что согласуется с результатами, изложенными в работах [17, 2], а также в работе [18] о стимулировании локальной сейсмичности территории Северного Тянь-Шаня зондированиями ЭРГУ-600-2 в период после 2006 г. (проводимых в режиме биполярных импульсов).

Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научной станции Российской академии наук в г. Бишкеке (тема № АААА-А19-119020190064-9)

Список литературы

1. Тарасов Н.Т., Тарасова Н.В., Авагимов А.А., Зейгарник В.А. Воздействие мощных электромагнитных импульсов на сейсмичность Средней Азии и Казахстана // Вулканология и сейсмология. 1999. 4–5. С. 152–160.

2. Сычев В.Н., Богомолов Л.М., Рыбин А.К., Сычева Н.А. Влияние электромагнитных зондирований земной коры на сейсмический режим территории Бишкекского геодинимического полигона // Триггерные эффекты в геосистемах / Под ред. Адушкина В.В., Кочаряна Г.Г. Ин-т динамики геосфер РАН: М.: ГЕОС, 2010. 316–326.
3. Смирнов В.Б., Завьялов А.Д. К вопросу о сейсмическом отклике на электромагнитное зондирование литосферы Земли // Физика Земли. 2012. 7–8. С. 63–88.
4. Закупин А.С., Богомолов Л.М., Гаврилов В.А. Сравнение результатов скважинных геоакустических измерений с данными лабораторных и натуральных экспериментов по электромагнитному воздействию на горные породы // Физика Земли. 2011. № 11. С. 63–74.
5. Закупин А.С., Богомолов Л.М., Мубассарова В.А., Ильичев П. В. Сейсмоакустические проявления воздействий мощных импульсов тока по данным скважинных измерений на Бишкекском геодинимическом полигоне // Физика Земли. 2014. № 5. С. 105–120.
6. Вольхин А.М., Брагин В.Д., Зубович А.В. Проявления геодинимических процессов в геофизических полях. М.: Наука, 1993. 158 с.
7. Geoacoustics. Piezoelectric geophones A16XX and A05XX [Электронный ресурс]. URL: http://geophone.narod.ru/PDF/Geophones_AXXXXX.pdf (дата обращения: 27.05.2019).
8. Сычев В.Н., Имашев С. А. Оценка параметра Херста сейсмического сигнала // Геосистемы переходных зон. 2017. № 2. С. 50–61.
9. Любушин А.А. Тренды и ритмы синхронизации мультифрактальных параметров поля низкочастотных микросейсм // Физика Земли. 2009. № 5. С. 15–28.
10. Имашев С.А., Сычев В.Н. Оценка возможностей применения методов фрактального анализа для исследования геофизических данных. Часть 2. Фрактальный анализ сейсмосигнала // Вестник КРСУ. 2017. 17. № 5. С. 78–82.
11. Hurst H. E., Black R. P., Simaika Y. M. Long-term storage: An experimental study // London: Constable, 1965. 145 p.
12. Seuront L. Fractals and multifractals in ecology and aquatic science // London: Taylor & Francis, 2010. 360 p.
13. Kantelhardt J. W., Koscielny-Bunde E., Rego H. H.A., Havlin S., Bunde A. Detecting long-range correlations with detrended fluctuation analysis // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2001. 295. 3-4. P. 441–454.
14. Peng C.-K., Buldyrev S. V., Havlin S., Simons M., Stanley H. E., Goldberger A. L. Mosaic organization of DNA nucleotides // Physical Review E. 1994. 49. N 2. P. 1685–1689.
15. Чешев М.Е., Сычев В.Н., Имашев С.А. Алгоритм оптимального выбора диапазонов временного ряда для задач фрактального анализа // Геосистемы переходных зон. 2018. 2. № 2. С. 125–130.
16. Закупин А.С., Авагимов А.А., Богомолов Л.М. Отклики акустической эмиссии геоматериалов на воздействие электроимпульсов при различных величинах сжимающего напряжения // Физика Земли. 2006. № 10. С. 43–50.
17. Богомолов Л.М., Закупин А.С., Сычев В.Н. Электровоздействия на земную кору и вариации слабой сейсмичности. Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2011. 408 с.
18. Тарасов Н.Т., Тарасова Н.В., Фроунд Ф.Т. Изменение физических свойств коры под влиянием сильных электромагнитных полей // Триггерные эффекты в геосистемах. Тез. докл. 2го Всероссийского семинара-совещания. М.: ИДГ РАН. 2013. С. 100–101.

УДК 539.371: 517.956.223

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И КОНЕЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ УПРУГИХ ТЕЛ

Дуишеналиев Т.Б., д.ф.-м.н., проф., duishenaliev@mail.ru, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Российская Федерация, 111250, г. Москва, Красноказарменная улица, дом 14

Хроматов В.Е., к.т.н., проф., khromatovvy@mpei.ru, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Российская Федерация, 111250, г. Москва, Красноказарменная улица, дом 14

Аскарбеков Р.Н., (ORCID: 0000-0001-5955-8779) – к.ф.-м.н., доцент, askarbekovu@gmail.com, Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66

Дуйшембиев А.С., аспирант, ads.t87@mail.ru, Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66

Орозбаев А.А., ст. преп., akjol1986_86@mail.ru, Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66

Аннотация. Приводятся формулы по определению конечных деформаций упругих тел на основе элементов пространственного и материального градиентов перемещений. Дается сравнение определений по этим двум подходам. Подтверждается правомочность приведенных выводов на примере одномерного, двумерного и трехмерного преобразований в системе MathCad.

Ключевые слова: преобразование, конечные деформации, градиент перемещения, пространственные координаты, материальные координаты, краевая задача.

TRANSFORMATION OF MATERIAL SURFACES AND FINAL DEFORMATIONS OF ELASTIC BODIES

Duishenaliev T.B., Dr.Sc., Prof., duishenaliev@mail.ru, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Russian Federation, 111250, г. Moscow, Krasnokazarmennaya 14.

Khromatov V.E., Ph.D., Prof., khromatovvy@mpei.ru, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Russian Federation, 111250, г. Moscow, Krasnokazarmennaya 14.

Askarbekov R.N., Ph.D., assistant prof., askarbekovu@gmail.com, Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, 66 Ch.Aitmatov av.

Duishembiev A.S., post-graduate student ads.t87@mail.ru, Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, 66 Ch.Aitmatov av.

Orozbaev A.A., Senior Lecturer, , akjol1986_86@mail.ru Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, 66 Ch.Aitmatov av.

Abstract. Formulas for determining the final deformations of elastic bodies based on elements of spatial and material gradients of displacements are given. Comparison of definitions for these two approaches is given. The validity of the presented conclusions is confirmed by the example of one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional transformations in the MathCad system.

Keywords: transformation, finite deformations, displacement gradient, spatial coordinates, material coordinates, boundary value problem.

1. Два способа математического описания преобразования

В любом преобразовании рассматриваются два состояния тела, а именно:

- состояние тела до преобразования;
- состояние тела после преобразования.

Координаты точек тела до преобразования, следуя тому как принято в механике деформируемого тела [3,4,5], обозначим через x_1, x_2, x_3 (координаты Лагранжа). А координаты точек тела после преобразования - x_1, x_2, x_3 (координаты Эйлера).

Есть два вида описания преобразования [1]:

В первом виде используются пространственные координаты

$$X_i = X_i(x_1, x_2, x_3), \quad i = 1, 2, 3. \quad (1.1)$$

В развернутой записи:

$$\begin{aligned} X_1 &= X_1(x_1, x_2, x_3) \\ X_2 &= X_2(x_1, x_2, x_3). \\ X_3 &= X_3(x_1, x_2, x_3) \end{aligned}$$

А во втором – материальные координаты

$$x_i = x_i(X_1, X_2, X_3), \quad i = 1, 2, 3. \quad (1.2)$$

В развернутой записи:

$$\begin{aligned} x_i &= x_i(X_1, X_2, X_3) \\ x_i &= x_i(X_1, X_2, X_3). \\ x_i &= x_i(X_1, X_2, X_3) \end{aligned}$$

Приведенные описания можно представить в виде вектора, соединяющего точки x, X (рис. 1):

$$u = x - X. \quad (1.3)$$

Этот вектор можно описать в пространственных координатах:

$$u(x_1, x_2, x_3) = x - X(x_1, x_2, x_3), \quad (1.4)$$

а также в материальных координатах:

$$u(X_1, X_2, X_3) = x(X_1, X_2, X_3) - X. \quad (1.5)$$

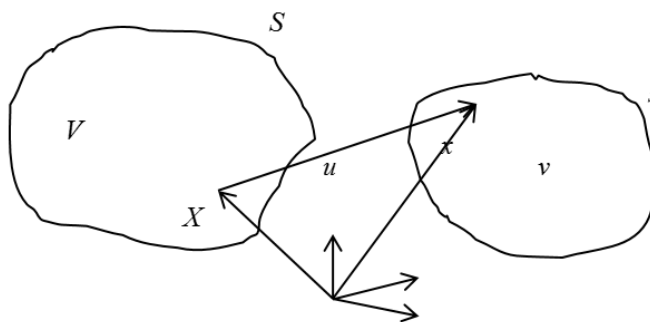


Рис. 1. Преобразование векторами u_i области V в область v .

2. Способ определения деформации в координатах конечного состояния

Здесь функции перемещения выражаются в координатах конечного состояния

$$u_i = u_i(x_1, x_2, x_3). \quad (1.6)$$

Дифференциал функции перемещения

$$du_i = \frac{\partial u_i}{\partial x_j} dx_j \quad (1.7)$$

в механике деформируемого тела [2,3] называется вектором относительного перемещения. Тензор e_{ij} , определяемый как

$$e_{ij} = \frac{\partial u_i}{\partial x_j},$$

называется пространственным градиентом перемещения.

Дифференциал (1.7) представим в виде:

$$du_i = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) dx_j + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) dx_j. \quad (1.8)$$

Введем обозначения:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad (1.9)$$

$$\omega_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad (1.10)$$

где ε_{ij} , ω_{ij} - соответственно, тензор Коши и тензор вращения. Теперь напишем дифференциал в элементах этих тензоров:

$$du_i = (\varepsilon_{ij} + \omega_{ij}) dx_j. \quad (1.11)$$

Введем единичный вектор

$$n_i = \frac{dx_i}{|dx|}. \quad (1.12)$$

Вектор относительного перемещения, отнесенный к длине вектора dx_i :

$$\frac{du_i}{|dx|} = (\varepsilon_{ij} + \omega_{ij}) \frac{dx_j}{|dx|} = (\varepsilon_{ij} + \omega_{ij}) n_j. \quad (1.13)$$

Проекцию вектора (1.13) на направление единичного вектора n_i обозначим α . Таким образом, величина α является относительной деформацией удлинения в направлении вектора dx_i :

$$\alpha = \frac{du_i}{|dx|} n_i = \varepsilon_{ij} n_i n_j. \quad (1.14)$$

Здесь учтено, что $\omega_{ij} n_i n_j = 0$.

Вектор относительного перемещения, отнесенный к длине вектора dx_i , теперь можно представить в виде суммы трех слагаемых:

$$\frac{du_i}{|dx|} = \alpha n_i + (\varepsilon_{ij} - \alpha \delta_{ij}) n_j + \omega_{ij} n_j. \quad (1.15)$$

- Модуль вектора αn_i , равный α , как уже было сказано выше, выражает собой величину относительного удлинения в направлении вектора dx_i .
- Модуль вектора $(\varepsilon_{ij} - \alpha \delta_{ij}) n_j$ характеризует величину относительного сдвига

плоскостей, нормальных к вектору n_i , и проходящих через точки x_i и $x_i + dx_i$. Пусть γ модуль вектора $(\varepsilon_{ij} - \alpha\delta_{ij})n_j$:

$$\gamma = \sqrt{\varepsilon_{ij}\varepsilon_{ik}n_jn_k - \alpha^2}. \quad (1.16)$$

- Модуль вектора $\omega_{ij}n_j$ обозначим ϕ :

$$\phi = \sqrt{\omega_{ij}\omega_{ik}n_jn_k}. \quad (1.17)$$

3. Способ определения деформации в координатах начального состояния

Здесь функции перемещения выражаются в координатах начального состояния:

$$u_i = u_i(X_1, X_2, X_3). \quad (1.18)$$

Дифференциал функции перемещения

$$du_i = \frac{\partial u_i}{\partial X_j} dX_j \quad (1.19)$$

в механике деформируемого тела [3,4] называется вектором относительного перемещения.

Тензор E_{ij} , определяемый как

$$E_{ij} = \frac{\partial u_i}{\partial X_j},$$

называется материальным градиентом перемещения [3,4]. Дифференциал (1.19) представим в виде:

$$du_i = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial X_j} + \frac{\partial u_j}{\partial X_i} \right) dX_j + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial X_j} - \frac{\partial u_j}{\partial X_i} \right) dX_j. \quad (1.20)$$

Введем обозначения:

$$G_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial X_j} + \frac{\partial u_j}{\partial X_i} \right), \quad (1.21)$$

$$\Omega_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial X_j} - \frac{\partial u_j}{\partial X_i} \right), \quad (1.22)$$

где G_{ij} , Ω_{ij} - соответственно называются тензором Грина и тензором вращения [3].

Теперь напишем дифференциал в элементах этих тензоров:

$$du_i = (G_{ij} + \Omega_{ij}) dX_j. \quad (1.23)$$

Введем единичный вектор:

$$N_i = \frac{dX_i}{|dX|}. \quad (1.24)$$

Вектор относительного перемещения, отнесенный к длине вектора dX_i :

$$\frac{du_i}{|dX|} = (G_{ij} + \Omega_{ij}) \frac{dX_j}{|dX|} = (G_{ij} + \Omega_{ij}) N_j. \quad (1.25)$$

Проекцию вектора (1.25) на направление единичного вектора N_i обозначим как α' . Таким образом, величина α' является относительной деформацией удлинения в направлении вектора dX_i :

$$\alpha' = \frac{du_i}{|dX|} N_i = G_{ij} N_i N_j. \quad (1.26)$$

Здесь учтено, что $\Omega_{ij}N_iN_j = 0$.

Вектор относительного перемещения, отнесенный к длине вектора dX_i , теперь можно представить в виде суммы трех слагаемых:

$$\frac{du_i}{|dX|} = \alpha' N_i + (G_{ij} - \alpha' \delta_{ij}) N_j + \Omega_{ij} N_j, \quad (1.27)$$

- модуль вектора $\alpha' N_i$, равный α' , как уже было сказано, выражает собой величину относительного удлинения в направлении вектора dX_i .
- модуль вектора $(G_{ij} - \alpha' \delta_{ij}) N_j$ характеризует величину относительного сдвига плоскостей, нормальных к вектору N_i , и проходящих через точки X_i и $X_i + dX_i$.

Пусть γ' модуль вектора $(G_{ij} - \alpha' \delta_{ij}) N_j$:

$$\gamma' = \sqrt{G_{ij}G_{ik}N_jN_k - \alpha'^2}. \quad (1.28)$$

- модуль вектора $\Omega_{ij}N_j$ обозначим ϕ' :

$$\phi' = \sqrt{\Omega_{ij}\Omega_{ik}N_jN_k}. \quad (1.29)$$

4. Сводка формул по определению деформации на основе элементов пространственного и материального градиентов перемещения

4.1. Определение характеристик деформированного состояния по элементам пространственного градиента перемещения:

$$e = \begin{pmatrix} \frac{\partial u_1}{\partial x_1} & \frac{\partial u_1}{\partial x_2} & \frac{\partial u_1}{\partial x_3} \\ \frac{\partial u_2}{\partial x_1} & \frac{\partial u_2}{\partial x_2} & \frac{\partial u_2}{\partial x_3} \\ \frac{\partial u_3}{\partial x_1} & \frac{\partial u_3}{\partial x_2} & \frac{\partial u_3}{\partial x_3} \end{pmatrix} n = \frac{dx}{|dx|} \quad (1.30)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} e_{11} + e_{11} & e_{12} + e_{21} & e_{13} + e_{31} \\ e_{21} + e_{12} & e_{22} + e_{22} & e_{23} + e_{32} \\ e_{31} + e_{13} & e_{32} + e_{23} & e_{33} + e_{33} \end{pmatrix} \quad \omega = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} e_{11} - e_{11} & e_{12} - e_{21} & e_{13} - e_{31} \\ e_{21} - e_{12} & e_{22} - e_{22} & e_{23} - e_{32} \\ e_{31} - e_{13} & e_{32} - e_{23} & e_{33} - e_{33} \end{pmatrix}$$

$$\alpha = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \varepsilon_{ij} n_i n_j \quad \gamma = \sqrt{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 \varepsilon_{ij} \varepsilon_{ik} n_j n_k - \alpha^2} \quad \phi = \sqrt{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 \omega_{ij} \omega_{ik} n_j n_k}$$

4.2. Определение характеристик деформированного состояния по элементам материального градиента перемещения:

$$E = \begin{pmatrix} \frac{\partial u_1}{\partial X_1} & \frac{\partial u_1}{\partial X_2} & \frac{\partial u_1}{\partial X_3} \\ \frac{\partial u_2}{\partial X_1} & \frac{\partial u_2}{\partial X_2} & \frac{\partial u_2}{\partial X_3} \\ \frac{\partial u_3}{\partial X_1} & \frac{\partial u_3}{\partial X_2} & \frac{\partial u_3}{\partial X_3} \end{pmatrix} \quad N = \frac{dX}{|dX|} \quad (1.31)$$

$$G = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} E_{11} + E_{11} & E_{12} + E_{21} & E_{13} + E_{31} \\ E_{21} + E_{12} & E_{22} + E_{22} & E_{23} + E_{32} \\ E_{31} + E_{13} & E_{32} + E_{23} & E_{33} + E_{33} \end{pmatrix} \quad \Omega = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} E_{11} - E_{11} & E_{12} - E_{21} & E_{13} - E_{31} \\ E_{21} - E_{12} & E_{22} - E_{22} & E_{23} - E_{32} \\ E_{31} - E_{13} & E_{32} - E_{23} & E_{33} - E_{33} \end{pmatrix}$$

$$\alpha' = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 G_{ij} N_i N_j \quad \gamma' = \sqrt{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 G_{ij} G_{ik} N_j N_k} - \alpha'^2 \quad \phi' = \sqrt{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 \Omega_{ij} \Omega_{ik} N_j N_k}$$

5. Сравнение способов определения деформаций по элементам пространственного и материального градиентов перемещения

Выше изложены существующие два способа определения деформаций (1.30) и (1.31). Рассмотрим, к каким результатам они приводят – совпадают ли они друг с другом или различаются. Для изучения этой проблемы составлены программы в системе MathCad, которые сопровождаются графикой в системе Matlab.

Рассмотрим преобразование (рис. 1):

$$X_i = x_i - u_i. \quad (1.32)$$

Функции перемещения u_i заданы или в виде $u_i(x_1, x_2, x_3)$, или в виде $u_i(X_1, X_2, X_3)$. Пусть эти функции и их производные до второго порядка непрерывны. В таком случае, преобразование (1.32) является однозначным. Это преобразование устанавливает однозначное соответствие между точками области v , описываемой координатами x_i , и точками области V , описываемой координатами X_i .

Приведенные выше определения деформации в механике деформируемого тела рассматриваются как идентичные. Но вычисления, вместо ожидаемых от этой идентичности равенств:

$$\alpha = \alpha', \quad \gamma = \gamma', \quad \phi = \phi', \quad (1.33)$$

всегда приводят к неравенствам:

$$\alpha \neq \alpha', \quad \gamma \neq \gamma', \quad \phi \neq \phi'. \quad (1.34)$$

Это вынудило считать, что эти меры деформации корректны только в области малых величин, как самих перемещений, так и элементов их градиентов, когда определения дают приблизительные равенства:

$$\alpha \approx \alpha', \quad \gamma \approx \gamma', \quad \phi \approx \phi'. \quad (1.35)$$

Однако эти определения должны приводить не к одним и тем же величинам, а, наоборот, к различным. В обоих подходах речь идет об одном и том же. А именно, о деформациях, которые созданы перемещениями u_i . Эти деформации следуют определять только и только в области v , ибо перемещения u_i создадут деформации, надо полагать, лишь тогда, когда они переместят тело из области V в область v . Это простое и ясное толкование преобразования (1.32). Изучение деформаций уравнениями (1.30) находится в строгом

соответствии с таким положением вещей. В этих уравнениях определения проводятся в точках области v .

Состояние же пространства в области V , ни в какой мере не связано ни с перемещениями u_i , ни с его частными производными. Ничто в этом состоянии не изменится от того, произойдут эти перемещения или не произойдут. В связи с этим, определения (1.31) не описывают состояние пространства в области V . Эти определения не описывают состояние пространства и в области v , так как они вычисляются в точках области V . Отсюда следует вывод:

- деформации от перемещений u_i в преобразовании (1.32) возникают в области v , определяемой координатами x_i . Эти деформации должны определяться уравнениями (1.30) в точках области v . В этом свете, уравнения статической краевой задачи должны составляться в координатах x_i области v :

$$\mu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} + (\lambda + \mu) \frac{\partial^2 u_j}{\partial x_j \partial x_i} + f_i = 0, \quad x_i \in v. \quad (1.36)$$

Определяемые решением этого уравнения перемещения u_i - это те перемещения, которые образовали область v , и создали в ней деформации и напряжения.

- Определение деформаций уравнениями (1.31) некорректно, некорректно и составление уравнений статической краевой задачи в координатах x_i области V в виде:

$$\mu \frac{\partial^2 u_i}{\partial X_j \partial X_j} + (\lambda + \mu) \frac{\partial^2 u_j}{\partial X_j \partial X_i} + f_i = 0, \quad X_i \in V. \quad (1.36)$$

Подтвердим правильность вышеприведенных выводов на примере одномерного, двумерного и трехмерного преобразований в системе MathCad.

5.1. Одномерное преобразование

Рассмотрим одномерное преобразование

$$x - X = u$$

в координатах конечного x и начального состояния X :

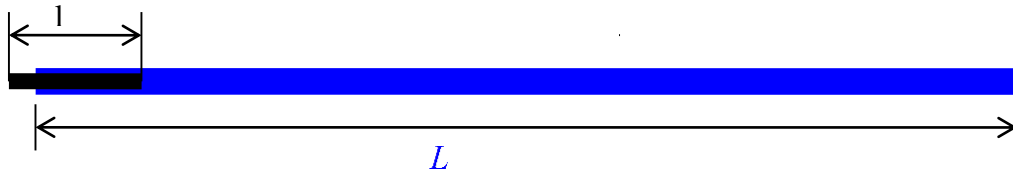
В координатах конечного состояния:

$$\begin{aligned} X &= (x - 1)^2 \\ u &= 3x - x^2 - 1 \\ \frac{du}{dx} &= 3 - 2x \end{aligned}$$

В координатах начального состояния:

$$\begin{aligned} x &= 1 + \sqrt{X} \\ u &= 1 - X + \sqrt{X} \\ \frac{du}{dX} &= \frac{1}{2\sqrt{X}} - 1 \end{aligned}$$

$$\frac{du}{dx} = \frac{du}{dX} \frac{dX}{dx}$$



Линия $(2 \leq x \leq 7)$ конечное состояние, а линия L $(1 \leq X \leq 36)$ начальное состояние. Вектором перемещения точки линии L переносятся в точки линии l .

Разобьем конечное состояние l равномерно на 10 элементарных отрезков и вычислим деформации на их начальных и конечных точках в координатах конечного состояния:

$$\frac{du}{dx} = -1; -2; -3; -4; -5; -6; -7; -8; -9; -10; -11$$

Разобьем конечное состояние l равномерно на 10 элементарных отрезком и вычислим деформации на их начальных и конечных точках в координатах начального состояния:

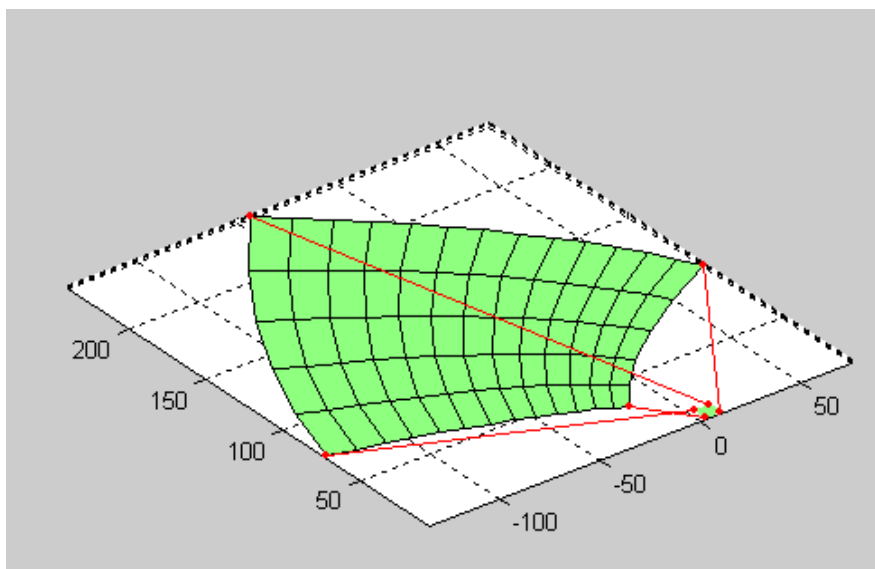
$$\frac{du}{dX} = -0.5; -0.667; -0.75; -0.8;$$

$$-0.833; -0.857; -0.875; -0.889; -0.9; -0.909; -0.917$$

Вычисление деформаций с учетом перемены координат:

$$\frac{du}{dX} \frac{dX}{dx} = -1; -2; -3; -4; -5; -6; -7; -8; -9; -10; -11$$

5.2. Двумерное преобразование



$$x - X = u$$

$$X = \begin{pmatrix} x_1^2 - x_2^2 \\ 2x_1x_2 \end{pmatrix}$$

$$x = \begin{pmatrix} \frac{X_2}{\sqrt{-2X_1 + 2\sqrt{X_1^2 + X_2^2}}} \\ \frac{1}{2}\sqrt{-2X_1 + 2\sqrt{X_1^2 + X_2^2}} \end{pmatrix}$$

$$u = \begin{pmatrix} -x_1^2 + x_2^2 + x_1 \\ x_2 - 2x_1x_2 \end{pmatrix}$$

$$u = \begin{pmatrix} \frac{X_2}{\sqrt{-2X_1 + 2\sqrt{X_1^2 + X_2^2}}} - X_1 \\ \frac{1}{2}\sqrt{-2X_1 + 2\sqrt{X_1^2 + X_2^2}} - X_2 \end{pmatrix}$$

5.2.1. Определение деформации удлинения по уравнениям (1.30):

$$dx = \begin{pmatrix} .1 \\ -.2 \end{pmatrix} \quad n = \frac{dx}{|dx|}$$

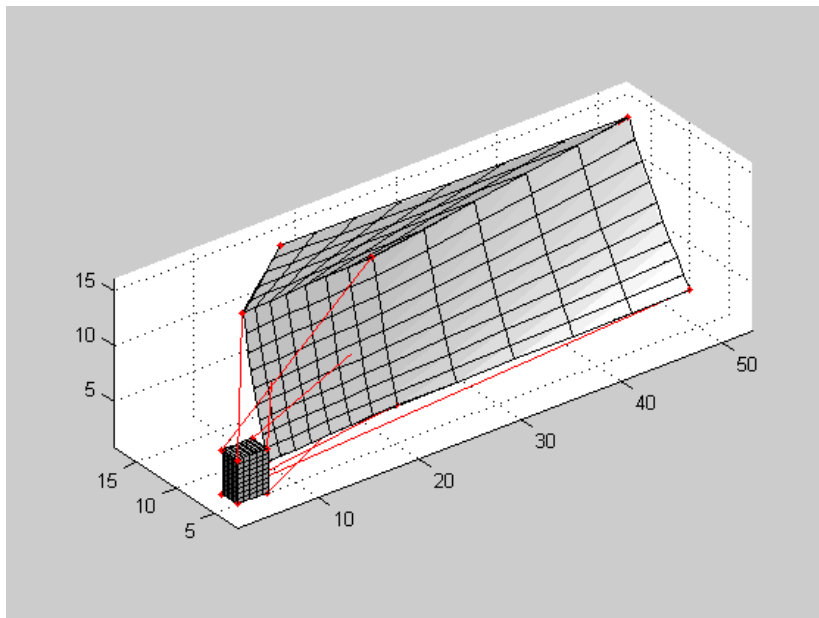
$$\alpha(3,5) = -5 \quad \alpha(3,12) = -5 \quad \alpha(10,5) = -19 \quad \alpha(10,12) = -19.$$

5.2.2. Определение деформации удлинения по уравнениям (1.31):

$$X = x - u(x_1, x_2) \quad dX = (\delta - e(x_1, x_2))dx \quad N = \frac{dX}{|dX|},$$

$$\alpha'(-16,30) = -.956 \quad \alpha'(75,100) = -.96 \quad \alpha'(-135,72) = -.99 \quad \alpha'(-44,240) = -.98.$$

5.3. Трехмерное преобразование



$$x - X = u$$

$$X = \begin{pmatrix} x_1 + .6x_1x_2^2 \\ x_2 + .4x_1x_3 \\ x_3 - .2x_1x_2 + .2x_3^2 \end{pmatrix}$$

$$u = \begin{pmatrix} -.6x_1x_2^2 \\ -.4x_1x_3 \\ .2x_1x_2 - .2x_3^2 \end{pmatrix}$$

По уравнениям (1.30):

$$\alpha(2, 2, 3) = -.868$$

$$\alpha(2, 4, 3) = -1.58$$

$$\alpha(5, 4, 3) = -.776$$

$$\alpha(5, 2, 3) = -.431$$

$$\alpha(2, 2, 7) = -2.115$$

$$\alpha(2, 4, 7) = -2.827$$

$$\alpha(5, 4, 7) = -2.024$$

$$\alpha(5, 2, 7) = -1.678$$

По уравнениям (1.31):

$$\alpha'(6.8, 4.4, 4) = -.644$$

$$\alpha'(21.2, 6.4, 3.2) = -.794$$

$$\alpha'(53, 10, .8) = -.803$$

$$\alpha'(17, 8, 2.8, 2, 3) = -.834$$

$$\alpha'(6.8, 7.6, 16) = -.787$$

$$\alpha'(21.2, 9.6, 15.2) = -.822$$

$$\alpha'(53, 18, 12.8) = -.845$$

$$\alpha'(17, 8, 16, 14.8) = -.864$$

Список литературы:

1. Дуйшеналиев Т.Б. Неклассические решения механики деформируемого тела. – М.: Изд-во МЭИ, 2017. – 400 с.
2. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. / Пер. с англ. – М.: Мир, 1974. – 318 с.
3. Новацкий В. Теория упругости / Пер. с англ. – М.: Мир, 1975.
4. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1979. – 744 с.
5. Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 592 с.

References:

1. Duishenaliev TB Non-classical solutions of the mechanics of a deformable body. - M.: Izd-vo MEI, 2017. - 400 p.
2. Maze J. Theory and problems of continuum mechanics / Per. from English - M.: Mir, 1974. - 318 p.
3. Novatsky V. Theory of elasticity / Trans. from English - M.: Mir, 1975.
4. Rabotnov Yu.N. Mechanics of a deformable solid. - M.: Science, 1979. - 744 p.
5. Trusdell K. The initial course of rational continuum mechanics. Per. from English - M.: Mir, 1975. - 592 p.

УДК. 519.632.4:539.37

КРАЕВАЯ ЗАДАЧА СТАТИКИ В НЕКЛАССИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКЕ

Дуйшеналиев Т.Б., д.ф.-м.н., профессор, Хроматов В.Е., к.т.н., профессор,

*Цой В.Э. – к.ф.-м.н., доцент, Шугорев В.Н. – к.ф.-м.н., доцент,
Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Российская Федерация, 111250, г. Москва, Красноказарменная улица, дом 14,
e-mail: duishenaliev@mail.ru, khromatovvy@mpei.ru*

Аннотация. При решении статической краевой задачи прибегают к двум допущениям: 1). конечное состояние тела мало отличается от начального; 2). силы прикладываются настолько медленно, что любая их величина соответствует состоянию равновесия. Эти допущения необходимы, ибо без них задача в классическом подходе математически не определена и противоречит основам механики. Однако они непосредственно не входят в решаемые уравнения. Выводы, сделанные на основе этих допущений, внесли значительные осложнения. В работе предлагается новый подход – решать краевую задачу статики в строгом соответствии с ее общепризнанной постановкой.

Ключевые слова: деформация, напряжения, краевая задача, перемещения, граничные условия.

THE BOUNDARY VALUE PROBLEM OF STATICS IN A NON-CLASSICAL FORMULATION

*T.B. Duishenaliev, V.E. Khromatov, V.E. Tsoi, V.N. Shchugorev,
National Research University “MEI”, Russia, Moscow, Krasnokazarmennaya st, 14
e-mail: duishenaliev@mail.ru, khromatovvy@mpei.ru*

Annotation. In solving a static boundary value problem, two assumptions are resorted to: 1). the final state of the body differs little from the initial state; 2). forces are applied so slowly that any of their size corresponds to a state of equilibrium. These assumptions are necessary, because without them the task in the classical approach is not mathematically defined and contradicts the fundamentals of mechanics. However, they are not directly included in the solved equations. The conclusions drawn from these assumptions have made significant complications. The paper proposes a new approach - to solve the boundary value problem of statics in strict accordance with its generally accepted formulation.

Keywords: deformation, stresses, boundary value problem, displacements, boundary conditions.

1. Общепризнанная постановка краевой задачи

Тело с заданными силами внутри своего объема V и на его поверхности S находится в равновесии. Необходимо найти напряжения и деформации внутри тела.

Пусть f_i и p_i соответственно внешние силы, заданные в V и на S . Обозначая через σ_{ij} компоненты напряжения, представим постановку математически:

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

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

$$\sigma_{ji} n_j = p_i, \quad x_i \in S, \quad (3)$$

где ν - коэффициент Пуассона.

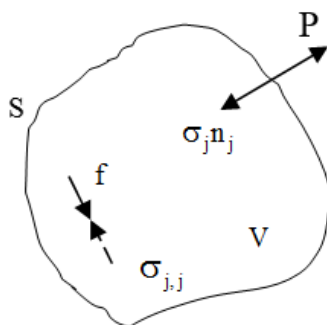


Рис.1. Иллюстрация уравнений статической краевой задачи. В любой точке внутри V и на S внешние силы уравновешены внутренними напряжениями.
 σ_j –вектор напряжения на площадке с нормалью n_j

2. Классический подход к решению краевой задачи

Известно начальное состояние тела (объем V_0 , поверхность S_0). К нему прикладываются внешние силы и оно, двигаясь и деформируясь, переходит в другое состояние (V,S) , в котором обретает равновесие. Необходимо найти конечное состояние равновесия и, появившиеся в нем, напряжения, деформации.

Уравнения краевой задачи имеют силу только в состоянии равновесия. В постановке задачи классического подхода — это состояние неизвестно, оно ищется. Уравнения этой задачи можно написать только в неопределенном виде:

$$\sigma_{ji,j} + f_i = 0, \quad \sigma_{ij} = \sigma_{ji}, \quad x_i \in V, \tag{4}$$

$$\sigma_{ij,kk} + \frac{1}{1+\nu} \sigma_{kk,ij} + \frac{\nu}{1-\nu} \delta_{ij} f_{k,k} + f_{i,j} + f_{j,i} = 0, \quad x_i \in V, \tag{5}$$

$$\sigma_{ji} n_j = p_i, \quad x_i \in S. \tag{6}$$

Здесь область определения уравнений (V,S) неизвестна. Для тела неизвестной конфигурации невозможно указать координаты точек приложения массовых сил, а так же сил на поверхности, следовательно, в уравнениях (4)-(6) неизвестны и \mathbf{f} , \mathbf{p} .



Рис. 2. Иллюстрация задачи классического подхода – к начальному состоянию (V_0, S_0) прикладываются внешние силы и тело, двигаясь и деформируясь, переходит в конечное состояние (V,S) , где обретает равновесие.

В задаче (4)-(6) неизвестны не только V , S , но и внешние силы \mathbf{f} , \mathbf{p} . Тут задача эта приобретает следующее содержание - найти решение дифференциальных уравнений

равновесия (4) и совместности деформаций (5) с неизвестными силами (6) в неизвестной области V , удовлетворяющее неизвестным условиям на неизвестной поверхности S .

Здесь начальное состояние нагружается внешними силами и оно, двигаясь и деформируясь, переходит в некое состояние равновесия, которое надо найти.

2. Неклассическое решение краевой задачи

Вернемся к общепризнанной постановке статической краевой задачи. Решением, которое строго соответствует этой постановке подразумеваются функции $\sigma_{ij}(x)$, удовлетворяющие уравнениям (1)-(3).

2.1. Определение деформаций и перемещений

Допустим, найдены эти функции $\sigma_{ij}(x)$. Из него легко определяются деформации:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{E} (-\nu \delta_{ij} \sigma_{kk} + (1+\nu) \sigma_{ij}), \tag{7}$$

где E - модуль Юнга.

Далее определяем перемещения $u_i(x)$ по формулам Чезаро [1]:

$$u_i(x) = u_i(x^0) + \omega_{ij}(x^0)(x_j - x_j^0) + \frac{1}{E} \int_{\ell} (\varepsilon_{ik}(y) + (x_j - y_j)(\varepsilon_{ki,j}(y) - \varepsilon_{kj,i}(y))) dy_k,$$

где ℓ - линия в области V , x^0 - начальная точка этой линии, $u_i(x^0)$, $\omega_{ij}(x^0)$ - постоянные интегрирования. Вообще говоря, более удобно пользоваться не этой формулой, а ее преобразованным видом [1]:

$$u_i(x) = u_i(x^0) + \omega_{ij}(x^0)(x_j - x_j^0) + \frac{1}{E} \int_{\ell} (-\nu \delta_{ik} \sigma_{tt} + (1+\nu)(\sigma_{ik} + (x_j - y_j)(-\nu(\delta_{ki} \sigma_{tt,j} - \delta_{kj} \sigma_{tt,i}) + (1+\nu)(\sigma_{ki,j} - \sigma_{kj,i}))) dy_k.$$

В этом выражениях $u_i(x^0)$, $\omega_{ij}(x^0)$ - произвольные постоянные. Они соответствуют не вызывающим деформации перемещениям (параллельному переносу и жесткому повороту тела). В дальнейшем исключим из рассмотрения такие перемещения. В этом случае:

$$u_i(x) = \frac{1}{E} \int_{\ell} (-\nu \delta_{ik} \sigma_{tt} + (1+\nu)(\sigma_{ik} + (x_j - y_j)(-\nu(\delta_{ki} \sigma_{tt,j} - \delta_{kj} \sigma_{tt,i}) + (1+\nu)(\sigma_{ki,j} - \sigma_{kj,i}))) dy_k. \tag{8}$$

2.2. Начальное состояние равновесия

Как показано на рис. 3, векторы

$$z_i = x_i - u_i(x), \quad x_i \in V, \quad z_i = x_i - u_i(x), \quad x_i \in S \tag{9}$$

определяют некоторую область V_0 и ее поверхность S_0 . (V_0, S_0) , очевидно, начальное состояние равновесия без внешних сил. Далее, для краткости, (V_0, S_0) назовем сравниваемым

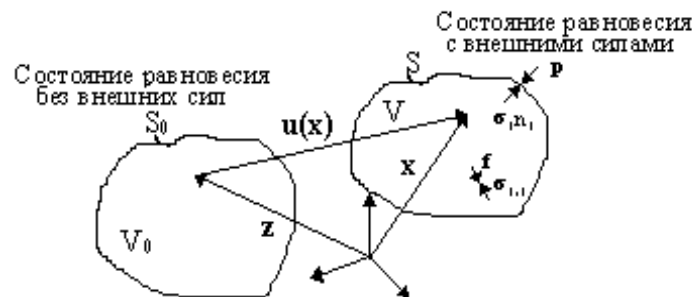


Рис. 3. Состояние равновесия (с внешними силами) и сравниваемое состояние.

состоянием статической краевой задачи. Положение тела, заданное в уравнениях (1)-(3), неизменно. Оно занимало область V , ограниченную поверхностью S , до решения и остается там же и после решения. Определяемое координатами z_i (9) сравниваемое состояние есть некое математическое преобразование области (V,S) . Поле $u_i(x)$ определяет относительные изменения координат, компонент деформации, вращения и напряжения этих состояний. Эту относительность можно представить в виде

$$\begin{aligned} x_i - z_i &= u_i(x), \\ \varepsilon_{ij}(x) - \varepsilon_{ij}(z) &= (u_{i,j} + u_{j,i})/2, \\ \omega_{ij}(x) - \omega_{ij}(z) &= (u_{i,j} - u_{j,i})/2, \\ \sigma_{ij}(x) &= \lambda \delta_{ij} u_{k,k} + \mu (u_{i,j} + u_{j,i}). \end{aligned} \quad (10)$$

Тут $x_i, \varepsilon_{ij}(x), \omega_{ij}(x), \sigma_{ij}(x)$ относятся к положению равновесия с внешними силами, а $z_i, \varepsilon_{ij}(z), \omega_{ij}(z)$ - к положению равновесия без внешних сил.

Поле $u_i(x)$ только преобразует (V,S) в (V_0,S_0) , следовательно, оно определяет только относительные изменения координат, деформаций и напряжений этих сравниваемых состояний.

3. Задача о равновесии прямоугольной плиты

3.1. Неклассическое решение

Продемонстрируем корректность выдвинутых в этой работе новых положений на строго решенном примере.

Зададимся областью определения уравнений статической краевой задачи в виде указанной на рис.9 прямоугольной плиты. Начало прямоугольной декартовой системы координат поместим в центре левой торцевой грани.

Итак, под V будем подразумевать следующую область:

$$-b/2 \leq x_1 \leq b/2, \quad 0 \leq x_2 \leq \ell, \quad -h/2 \leq x_3 \leq h/2 \quad (11)$$

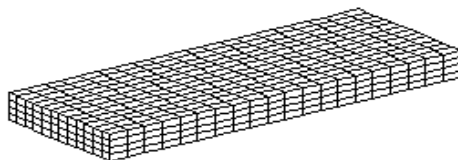


Рис. 4. Прямолинейная плита с усилиями (11) на своей поверхности находится в равновесии.

Рассмотрим вторую краевую задачу без массовых сил:

$$\sigma_{ji,j} = 0, \quad \sigma_{ij} = \sigma_{ji}, \quad x_i \in V, \quad (12)$$

$$\sigma_{ij,kk} + \frac{1}{1+\nu} \sigma_{kk,ij} = 0, \quad x_i \in V, \quad (13)$$

$$\sigma_{ji} n_j = \delta_{i2} c x_3, \quad x_i \in S, \quad (14)$$

где V определяется выражениями (11). Из (14) следует, что на четырех гранях плиты нет внешних сил, они приложены на левую и правую торцевые грани, создают изгибающие моменты, равные соответственно:

$$m_1 = - \int_{-b/2}^{b/2} \int_{-h/2}^{h/2} c x_1^2 dx_1 dx_2 = -cbh^3/12, \quad m_2 = \int_{-b/2}^{b/2} \int_{-h/2}^{h/2} c x_1^2 dx_1 dx_2 = cbh^3/12$$

Задача (12)-(14) математически полностью определена. Она имеет простой механический смысл - прямоугольная плита с усилиями (14) на своей поверхности находится в равновесии. *Требуется найти во внутренних точках этой плиты напряжения, деформации и создавшие их перемещения.* Как видим, здесь нет никакого отступления от общепринятой постановки статической краевой задачи.

Неклассическое решение задачи:

$$\sigma_{ij} = \delta_{i2} \delta_{j2} c x_3, \quad x_i \in V \quad (15)$$

Функции перемещений можно определить, внося (15) в (8):

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

Интегрируя это выражение, находим:

$$u_i(x) = -c (\delta_{i1} v x_3 (x_1 - x_1^0) - \delta_{i2} x_3 (x_2 - x_2^0) + \delta_{i3} (x_2^2 + v (x_3^2 - x_1^2) - x_2^0 (2x_2 - x_2^0) - v ((x_3^0)^2 - x_1^0 (2x_1 - x_1^0))) / 2) / E, \quad x_i \in V, \quad (16)$$

где x_i^0 - любая фиксированная точка области V . Приведем развернутый вид функций (16):

$$\begin{aligned} u_1(x) &= -c v x_3 (x_1 - x_1^0) / E, \quad x_i \in V \\ u_2(x) &= c x_3 (x_2 - x_2^0) / E, \quad x_i \in V \\ u_3(x) &= -c ((x_2^2 + v (x_3^2 - x_1^2) - x_2^0 (2x_2 - x_2^0) - v ((x_3^0)^2 - x_1^0 (2x_1 - x_1^0))) / (2E)), \quad x_i \in V \end{aligned}$$

Функции (16) удовлетворяют уравнениям равновесия в форме Навье.

Наконец, из поля перемещений (16) определим компоненты деформации и вращения:

$$\varepsilon_{ij} = c x_3 (-v (\delta_{i1} \delta_{j1} + \delta_{i3} \delta_{j3}) + \delta_{i2} \delta_{j2}) / E, \quad x_i \in V, \quad (17)$$

$$\omega_{ij} = -c (v (x_1 - x_1^0) (\delta_{i1} \delta_{3j} - \delta_{3i} \delta_{1j}) - (x_2 - x_2^0) (\delta_{2i} \delta_{3j} - \delta_{3i} \delta_{2j})) / E, \quad x_i \in V. \quad (18)$$

По полученным здесь выражениям в любой точке находящегося в равновесии в области V тела можно определить компоненты напряжения, деформации и вращения. Особо отметим то, что во всех выражениях (15)–(18) координаты только области V (11). Здесь нет обычного координатного разночтения. В $u_i(x)$, $\sigma_{ij}(x)$ одни и те же координаты.

Различие между координатами, деформациями, напряжениями сравниваемого и заданного состояний, определяемыми уравнениями (21), имеет вид:

$$\begin{aligned} x_i - z_i &= -c (\delta_{i1} v x_3 (x_1 - x_1^0) - \delta_{i2} x_3 (x_2 - x_2^0) + \delta_{i3} (x_2^2 + v (x_3^2 - x_1^2) - x_2^0 (2x_2 - x_2^0) - v ((x_3^0)^2 - x_1^0 (2x_1 - x_1^0))) / 2) / E, \\ \varepsilon_{ij}(x) - \varepsilon_{ij}(z) &= c x_3 (-v (\delta_{i1} \delta_{j1} + \delta_{i3} \delta_{j3}) + \delta_{i2} \delta_{j2}) / E, \\ \omega_{ij}(x) - \omega_{ij}(z) &= -c (v (x_1 - x_1^0) (\delta_{i1} \delta_{3j} - \delta_{3i} \delta_{1j}) - (x_2 - x_2^0) (\delta_{2i} \delta_{3j} - \delta_{3i} \delta_{2j})) / E, \\ \sigma_{ij}(x) &= \delta_{i2} \delta_{j2} c x_3. \end{aligned} \quad (19)$$

3.2. Сравнимое состояние

Координаты сравниваемого состояния z_i связаны с координатами рассматриваемого состояния равновесия выражениями:

$$z_i = x_i - c (\delta_{i1} v x_3 (x_1 - x_1^0) - \delta_{i2} x_3 (x_2 - x_2^0) + \delta_{i3} (x_2^2 + v (x_3^2 - x_1^2) - x_2^0 (2x_2 - x_2^0) - v ((x_3^0)^2 - x_1^0 (2x_1 - x_1^0))) / 2) / E, \quad x_i \in V. \quad (20)$$

В качестве x^0 можно брать координаты любой точки области (11). В дальнейшем положим: $x_1^0=0$, $x_2^0=\frac{\ell}{2}$, $x_3^0=0$.

Рассмотрим три случая $c = 0$, $c = 30$ и $c = 60$.

Случай 1. Пусть в $c=0$. На поверхности S внешних сил нет. Тело занимает область V (41) (11) и находится в равновесии (рис. 4). Выражения (20) принимают вид:

$$\begin{aligned} x_i - z_i &= 0, \\ \varepsilon_{ij}(x) - \varepsilon_{ij}(z) &= 0, \\ \omega_{ij}(x) - \omega_{ij}(z) &= 0, \\ \sigma_{ij}(x) &= 0. \end{aligned} \tag{21}$$

Сравниваемое состояние совпадает с заданным. Заданное состояние может, иметь любые остаточные деформации или не иметь их. Подставляя первое из уравнений (21) в остальные, приходим к неопределенности:

$$\varepsilon_{ij}(x) - \varepsilon_{ij}(x) = 0, \quad \omega_{ij}(x) - \omega_{ij}(x) = 0, \quad \sigma_{ij}(x) = 0.$$

Здесь $\varepsilon_{ij}(x)$, $\omega_{ij}(x)$ остаются неопределенными. Такая неопределенность не противоречит сути краевой задачи, а наоборот, более полно отражает то, что может быть в действительности. Ведь в равновесии может находиться не только тело, которое не имеет никаких остаточных деформаций, но и тело, которое их имеет. Рассматриваемая здесь плита, может быть, ранее имела криволинейную форму, а затем выпрямлена и выточена. Если это так, то в ней есть остаточные деформации.

Случай 2. Пусть $c=30$. Тело занимает ту же область V (11). Подставим это значение c в (21) и определим сравниваемое состояние (рис. 5).

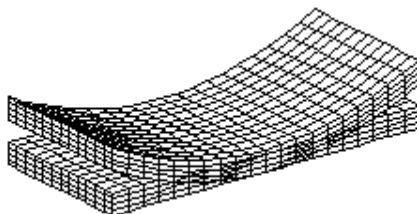


Рис. 5. Сравниваемые состояния при $c=30$.

Случай 3. Теперь пусть $c = 60$. В этом состоянии равновесия тело занимает то же положение, что и раньше, т.е. имеет форму прямоугольной плиты. Подставим это значение c в (21) и определим сравниваемое состояние (рис. 6):

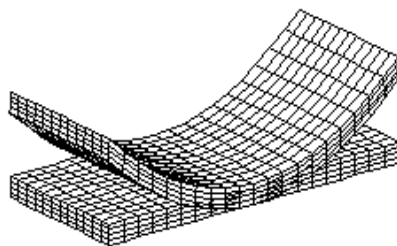


Рис. 6. Сравниваемые состояния при $c=60$.

Во всех трех случаях тело имеет одну и ту же конфигурацию и занимает одно и то же положение в пространстве. Это положение тела недвижимо и геометрически неизменяемо при любых величинах внешней нагрузки.

Решения:

$$\sigma_{ij}(x) = 0, \quad \sigma_{ij}(x) = \delta_{i2} \delta_{j2} 30x_3, \quad \sigma_{ij}(x) = \delta_{i2} \delta_{j2} 60x_3, \quad x_i \in V,$$

соответствующие трем рассмотренным случаям, удовлетворяют уравнениям задачи (12)-(14) в одном и том же положении тела, а именно, в его прямолинейном очертании. О том, что граничное условие (14) удовлетворяется на поверхности соответствующих этим решениям сравниваемых состояний (рис. 5 и 6), говорить не приходится.

Внешние силы являются атрибутами декларируемого уравнениями (12)–(14) равновесия и, в связи с этим, они уже никак не могут рассматриваться в роли нарушителей этого равновесия. Условие (14) ничто иное, как условие равновесия точек поверхности тела. Усилия, действующие снаружи поверхности равны усилиям $\sigma_{ji} n_j$, действующим изнутри.

Данную задачу представим уравнениями Навье:

$$\mu u_{i,jj} + (\lambda + \mu) u_{j,ji} = 0, \quad x_i \in V. \quad (22)$$

Граничные условия для этих уравнений напишем в трех видах:

1. Заданы перемещения на поверхности S, которые определяются функцией:

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

при поочередной подстановке в нее значений координат:

$$x_1 = -b/2, \quad x_1 = b/2, \quad x_2 = 0, \quad x_2 = \ell, \quad x_3 = -h/2, \quad x_3 = h/2. \quad (23)$$

2. Заданы внешние силы на поверхности S:

$$\sigma_{ji} n_j = \delta_{i2} c x_3, \quad x_i \in S. \quad (24)$$

3. Заданы на четырех гранях перемещения, которые определяются функцией:

$$u_i(x) = -c (\delta_{i1} v x_3 (x_1 - x_1^0) - \delta_{i2} x_3 (x_2 - x_2^0) + \delta_{i3} (x_2^2 + v (x_3^2 - x_1^2) - x_2^0 (2x_2 - x_2^0) - v ((x_3^0)^2 - x_1^0 (2x_1 - x_1^0))) / 2) / E,$$

в которую поочередно надо подставить следующие значения координат $x_1 = -b/2, x_1 = b/2, x_2 = -h/2, x_2 = h/2$, а на остальных двух гранях:

$$\sigma_{ij}(x_1, 0, x_3) = -\delta_{i2} c x_3, \quad \sigma_{ij}(x_1, \ell, x_3) = \delta_{i2} c x_3. \quad (25)$$

Статическая краевая задача имеет единственное решение. Решение задач (22), (23); (22), (24); (22), (25):

$$u_i(x) = -c (\delta_{i1} v x_3 (x_1 - x_1^0) - \delta_{i2} x_3 (x_2 - x_2^0) + \delta_{i3} (x_2^2 + v (x_3^2 - x_1^2) - x_2^0 (2x_2 - x_2^0) - v ((x_3^0)^2 - x_1^0 (2x_1 - x_1^0))) / 2) / E, \quad x_i \in V \quad (26)$$

то же самое, что и задачи (12)-(14). Это легко показать. Из (26) находим:

$$u_{k,k} = c(1-2\nu)x_3/E;$$

$$u_{i,j} + u_{j,i} = 2c\chi^3(\delta_{i2}\delta_{j2} - \nu(\delta_{i1}\delta_{j1} + \delta_{i3}\delta_{j3}))/E.$$

Подставим эти величины в выражение для $\sigma_{ij}(x)$:

$$\sigma_{ij}(x) = \lambda\delta_{ij} u_{k,k} + \mu(u_{i,j} + u_{j,i}) = c\chi^3(\delta_{i2}\delta_{j2} + \nu(\delta_{ij} - \delta_{i1}\delta_{j1} - \delta_{i3}\delta_{j3}))/\nu(1+\nu).$$

Далее, учитывая равенство $\delta_{i2}\delta_{j2} = \delta_{ij} - \delta_{i1}\delta_{j1} - \delta_{i3}\delta_{j3}$, находим:

$$\sigma_{ij}(x) = \delta_{i2}\delta_{j2} c\chi^3.$$

Механический смысл задач (12)-(14); (22)-(23); (22)-(24); (22)-(25) один и тот же – плита в области V (11) находится в состоянии равновесия. Это состояние равновесия, разумеется, не зависит от того, решена задача или нет. Существующее представление о том, что тело перемещается на величину перемещений, удовлетворяющих дифференциальным уравнениям (22) и граничным условиям, некорректно. Во всех этих уравнениях координаты не начального, а конечного состояния. Единственно верное математическое толкование таково: найти функции $u_i(x)$, $x_i \in V$, удовлетворяющие уравнениям (22) и любому из трех видов граничных условий. Перемещения, которые заданы в первом и третьем виде граничных условий, уже имеющиеся в теле перемещения (а не те, которые будут происходить!). Решение $u_i(x)$, также представляет те перемещения, которые уже произошли и создали то напряженное состояние, которое уравнивает внешние силы.

В заключение возвратимся к уравнениям (12)–(14). В них декларируется, что прямолинейная плита (11) с усилиями (14) на своей поверхности находится в равновесии, и определяются не нарушающие это равновесие деформации, напряжения и создавшие их перемещения. Эта задача проста и ясна. Она не стоит перед неразрешимой проблемой поиска решений в неизвестной области с неизвестной границей как задача классического подхода. В ней нет некорректных приемов линейной постановки. Ненужным оказалось ей и понятие о статическом приложении действий. В ее решении не использовано предположение о близости начального и конечного положений тела и, в виду этого, решение свободно от ограничений, накладываемых на величины перемещений.

Наконец, эта задача допускает численное решение, основанное на общем решении в виде формул Сомильяны:

$$u_i(x) = \int_S (u_j^i(y, x) p_j(y) - p_j^i(y, x) u_j(y)) ds(y), \quad x_i \in V, \quad y_i \in S, \quad (27)$$

где $u_j^i(y, x)$ – поле перемещений в неограниченном пространстве от единичной массовой силы, приложенной в точке x и имеющей направление оси x_i , $p_j^i(y, x)$ – усилия на поверхности S , определяемые полем $u_j^i(y, x)$.

В этом неограниченном пространстве известны напряжения, деформации, перемещения в любой точке. Они определяются полем $u_j^i(y, x)$. Из этого пространства можно вырезать любой объем, который находится в равновесии, и в котором известны напряжения, деформации, перемещения в каждой точке, а так же внешние силы внутри и на поверхности. В данном случае вырезается прямоугольная плита (11) и она служит вторым состоянием для задачи (12)-(14) в соотношении Бетти. Из этого соотношения следует решение (27).

В (27) известны V, S . Известно также поле $u_j^i(y, x)$ [1], которое определяет и $p_j^i(y, x)$, $x_i \in V$, $y_i \in S$. Неизвестными в (27) являются :

$p_i(y)$ - если заданы на S перемещения (первая краевая задача),

$u_j(y)$ - если на S заданы усилия $p_i(y)$ (вторая краевая задача),

$p_i(y)$ на части поверхности S_u и $u_j(y)$ на части поверхности S_σ (третья краевая задача).

Эти неизвестные граничные условия определяются методом граничных элементов.

Отметим, если в правую часть уравнения (26) подставим граничные условия (23) и (24) и выполним интегрирование, то придем к решению (16).

Список литературы:

1. Дуйшеналиев Т.Б. Неклассические решения механики деформируемого тела. – М.: Изд-во МЭИ, 2017. – 400 с.
2. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М.: Наука, 1966. – 707 с.
3. Новацкий В. Теория упругости. – М.: Мир, 1975. – 872 с.

УДК 622.02 (075.8)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВРЕМЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРНЫХ ПОРОД

ТОО ТЕКТЕРИНИН КАТУУЛУК МУНӨЗДӨМӨЛӨРҮНӨ ТЕМПЕРАТУРАНЫН ЖАНА УБАКЫТТЫН ТААСИРИН ИЗИЛДӨӨ

Султаналиева Р.М. – д.ф.-м.н., проф. каф. «Физика» КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: raia-ktu@mail.ru, тел. сл. 54-51-31

Конущбаева А.Т. – ст. преп. каф. «Физика» КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: aikat_80@mail.ru.

Турдубаева Ч.Б. – преп. политехнического колледжа при КГТУ им. И. Раззакова Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: myrzaika42@gmail.com тел. сл. 54-51-59

Ключевые слова: коэффициент крепости, горные породы, прочность на сжатие, растяжение, сцепление, угол внутреннего трения, круги Мора, СВЧ-облучение, температура.

Аннотация. Приведены результаты исследования механических характеристик образцов из разных месторождений горных пород. Определены прочностные характеристики при одноосном сжатии и растяжении, сцепления и угол внутреннего трения образцов горных пород до и после воздействия электромагнитных полей сверх высоких частот. В статье рассматривается влияние высоких температур и времени воздействия СВЧ волн на прочность горных пород.

RESEARCH OF THE EFFECT OF TEMPERATURE-TIME IMPACT ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF ROCKS

Sultanalieva R.M. – D.ph.-m.s., prof. "Physics" KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, ave. Ch. Aitmatov, 66, e-mail: raia-ktu@mail.ru, tel. 54-51-31;

Konushbaeva A.T. – senior lecturer "Physics" KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave. 66, e-mail: aikat_80@mail.ru;

Turdubaeva Ch.B. – teacher of the Polytechnic College at KSTU. I. Razzakova Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, 66 Ch. Aitmatov Ave., e-mail: myrzaika42@gmail.com tel. 54-51-59

Abstract. The results of the study of the mechanical characteristics of samples from different deposits of rocks are given. The strengths under uniaxial compression and tension, adhesion and internal friction angle of rock samples before and after microwave irradiation are determined. The article discusses the effects of thermal effects on strength under uniaxial tension and under uniaxial compression of rocks.

Keywords: fortress coefficient of rocks, compressive strength, tension, contact strength, indicators of rock crushability, MORA circles.

Свойство материала воспринимать, не разрушаясь, в определенных условиях, те или иные нагрузки характеризуется прочностью. Под прочностью понимается способность пород противостоять разрушению от действия внешних нагрузок. При этом породы находятся в напряженном состоянии, которое может быть одно-, двух- и трехосным (или объемным). Количественно напряженное состояние оценивается напряжением - нагрузкой, приходящейся на единицу площади сечения. Критическим или предельным напряжением считается такое, при котором происходит разрушение образца породы. Оно носит название предела прочности. Величина пределов прочности и является характеристикой прочностных свойств пород. Сопротивление горных пород разрушению зависит от вида и характера действующих механических нагрузок. Так, пределы прочности породы при сжимающем, растягивающем, сдвигающем и изгибающем воздействиях нагрузок будут различны. Основными показателями прочности являются показатели предельного сопротивления сжатию σ_c , растяжению σ_p , срезу τ_m , а также показатели сопротивления сдвигу - угол внутреннего трения φ , коэффициент внутреннего трения, сила сцепления C . Показатель прочности при одноосном сжатии является наиболее широко применяемой характеристикой механических свойств и часто используется как сравнительный показатель крепости горных пород при решении ряда инженерных задач [2].

Опытами установлено, что прочность зависит от многих факторов: от размеров испытуемого образца, от отношения его высоты к диаметру (к поперечному размеру), от скорости нагружения, от жесткости давящей установки и т.д [1]. Поэтому важно обеспечить постоянство условий испытания. Только при испытаниях в одинаковых условиях можно получить сопоставимые результаты для разных горных пород, т.е. необходимо строго выполнять требования ГОСТа, регламентирующие условия проведения опыта.

Для определения прочности, при одноосном сжатии и растяжении, нами был использован метод определения механических свойств нагружением сферическими инденторами (ГОСТ 24941-81) на испытательной машине вертикального нагружения БУ-39 для образцов горных пород в виде дисков (гранит красный (Кыртыбылгы) и гранит серый Кумторского месторождения [1] . Образцы руд с размерами 15-40 мм в виде диска помещались во внутрь печи и облучались СВЧ-импульсами.

Первоначально определили исходные данные: т.е. прочности при одноосном сжатии и растяжении, сцепления и угол внутреннего трения исходного состояния вышеуказанных горных пород в условиях комнатной температуры. Затем такие же диски из данных пород поместили в микроволновую печь. Режим выдержки в печи следующий: от одного до пяти минут через каждые 2 минуты. Результаты исследований приводятся в таблицах 1 и на рисунках 1,2,3.

Этот метод основан на измерении максимального значения приложенной к образцу через инденторы силы, под действием которой внутри образца возникают растягивающие напряжения, приводящие к его разрушению по поверхности сквозного разрыва, проходящего через ось нагружения. Образец устанавливают между инденторами так, чтобы обеспечить нагружение в требуемом направлении, что достигается соответствующей ориентацией оси нагружения. Образец нагружают инденторами до разрушения. Испытание считают действительным в случае сквозного раскола (разрыва), проходящего через ось нагружения образца.

Предел прочности горной породы на одноосное растяжение вычисляют по формуле [2]:

$$\sigma_p = 0,75 \cdot \frac{P}{S} \cdot K_m,$$

где S - площадь поверхности разрыва, см²; P - максимальная разрушающая нагрузка, кГ; K_m - безразмерный масштабный коэффициент, устанавливаемый в зависимости от величины площади поверхности разрушения S .

Предел прочности на одноосное сжатие определяется по зависимостям:
для изверженных и метаморфических пород:

$$\sigma_{сж} = 25 \cdot \sigma_p.$$

Вид разрушения образцов горных пород при испытании по вышеуказанному методу показан на рисунке 1.



Рис.1. Виды разрушения образцов горных пород при расколе

Для количественной и качественной оценки поведения горных пород при различных видах напряженного состояния используют обобщенную характеристику, называемую паспортом прочности. Для построения паспорта прочности наиболее приемлемой является теория прочности Мора. В теории Мора постулируется, что ответственными за разрушение являются касательные напряжения, а само разрушение носит характер сдвига по площадкам, на которых достигается предельное состояние, причем величина предельного касательного напряжения является функцией нормального напряжения, действующего на площадке скольжения:

$$\tau = f(\sigma).$$

Сцепление (на диаграмме Мора) характеризует наличие и прочность структурных связей, т.е. сцепление количественно равно пределу прочности на срез при отсутствии нормальных напряжений. В простейшем случае огибающую предельных кругов напряжений Мора принимают за прямую:

$$\tau = C + \operatorname{tg} \varphi \sigma$$

где C -сцепление, $\operatorname{tg} \varphi$ - угол внутреннего трения вычисляются по формулам [4]:

$$C = \frac{\sqrt{\sigma_p \cdot \sigma_c}}{2},$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sigma_c - \sigma_p}{2\sqrt{\sigma_p \cdot \sigma_c}}$$

Показатели сцепления и угла внутреннего трения определяются по вышеуказанным формулам.

Результаты определения прочности представленных пород при одноосном сжатии и растяжении, после СВЧ-облучения разной продолжительности времени, по методу сжатия сферическими инденторами (ГОСТ 24941-81) приведены в таблице 1.

Таблица 1-Прочности при одноосном сжатии и растяжении, сцепления и угла внутреннего трения образцов горных пород

Название горной породы	№ образца	Прочность при одноосном растяжении, МПа	Прочность при одноосном сжатии, МПа	Сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, градус
Гранит красный (Кыртыбылгы) 5 мин	обр. 1(A1)	4,29	107,4	10,7	67
Гранит красный (Кыртыбылгы) 2 мин	обр.2(A2)	3,39	84,8	8,49	67
Гранит красный (Кыртыбылгы) эталонный	обр.3 (эталон)	4,53	111	11,1	67
Гранит серый (Кумтор) 5 мин	обр. 1(B1)	2,77	67,9	6,8	67
Гранит серый (Кумтор) 2 мин	обр.2(B2)	2,98	70,7	7,07	67
Гранит серый (Кумтор) эталонный	обр.3 (эталон)	7,15	179	17,9	67

Результаты исследований влияния высоких температур на прочность горных пород после СВЧ воздействия, подвергнутых на одноосное растяжение и одноосное сжатие показали, что, для гранита красного, прочность уменьшается до минимума, когда время облучения составляет 2 минуты, а для гранита серого, эффективное время облучения составляет 5 минут. При этом прочность исследуемых пород уменьшается 1,5-2 раза под воздействием электромагнитных полей сверхвысоких частот.

По результатам полученных экспериментов построены круги Мора.

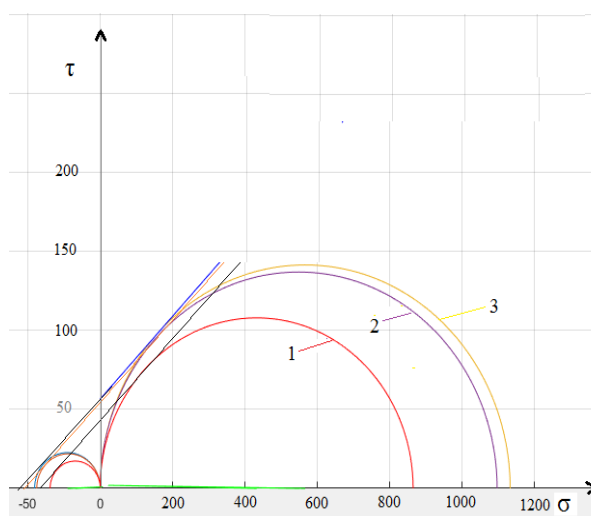


Рис.2. Круги Мора для трех образцов гранита красного (Кыртыбылга) при разной продолжительности времени облучения (t);
 1- t=2 мин, 2- t=5 мин, 3- эталонный образец.

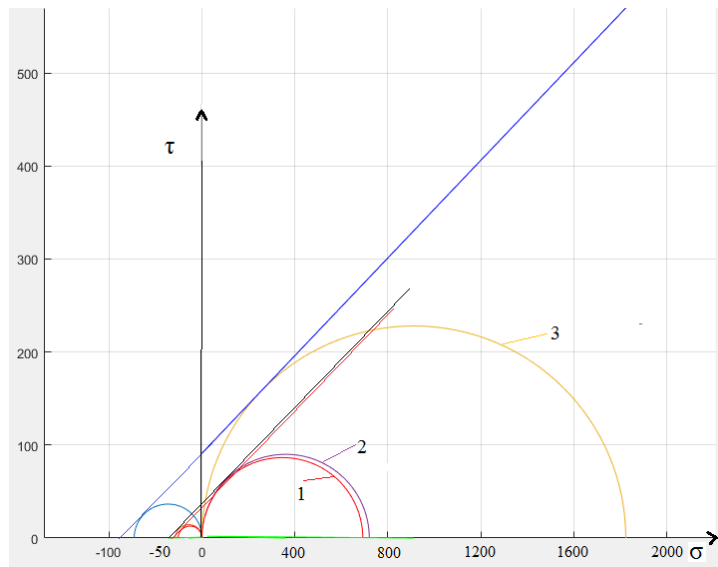


Рис.3. Круги Мора для трех образцов гранита серого Кумторского месторождения при разной продолжительности времени облучения (t);
1- $t=5$ мин, 2- $t=2$ мин, 3- эталонный образец.

Наблюдаемое в данных опытах постоянство тангенса угла внутреннего трения свидетельствует о том, что пределы прочности на растяжение и одноосное сжатие, а также сцепление изменяются (при варьировании условий облучения) прямо пропорционально друг другу. Из этого можно заключить, что механизм разрушения при этом один и тот же. При этом прочность исследуемых пород уменьшается 1,5-2 раза под воздействием электромагнитных полей сверхвысоких частот.

Выводы:

1. По результатам экспериментальных исследований определены пределы прочности горных пород на одноосное сжатие $\sigma_{сж}$ и на растяжение $\sigma_{раст}$. Установлено, что $\sigma_{сж}$ горных пород (гранита красного (Кыртабылга) и гранита серого Кумторского месторождения) изменяется от 67,8 до 170 МПа, предел прочности горных пород на растяжение $\sigma_{раст}$ от 2,77 до 7,15 МПа.
2. Экспериментальные значения прочностей исследуемых образцов горных пород при одноосном сжатии и растяжении, сцепления и угол внутреннего трения соответствуют значениям определяемых по диаграмме Мора.

Литература:

1. ГОСТ 21153.3-85. Горные породы. Методы определения прочности при одноосном растяжении – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 27.11.1985.
2. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. Учебник для вузов / М.: Недра, 2010. – 360 с.
3. Справочник. Открытые горные работы. / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Виницкий, Н.Н. Мельников и др. – М.: Горное бюро. – 1994.
4. Барон Л.И. Коэффициенты крепости горных пород. – М.: Наука, 1972. 4. Барон Л.И., Глатман Л.Б. Контактная прочность горных пород. – М.: Недра – 1966.
5. Шрейнер Л.А., Петрова О.П., Якушев В.П., Портнова А.Т. и др. Механические и абразивные свойства горных пород. – М.: Гостоптехиздат. – 1958.
6. Дмитриев А.П., Кузьев Л.С. Физические свойства горных пород при высоких температурах. – М.: Недра 1969.- 160 с.

7. Горная энциклопедия / гл. ред. Е.А. Козловский и др. – М.: Сов. Энцик. – Т. 3.

8. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика): Справочник геофизика. – М.: Недра. – 1976.

УДК. 54.258.587

ОБ ОДНОЙ ПРИБЛИЖЕННОЙ МОДЕЛИ ТЕОРИИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Мухамбетжанов Салтанбек Талапеденович, директор НИИ «Математики и прикладных технологий» при Атырауском государственном университете им. Халела Досмухамедова, e-mail: mukhambetzhanov_@mail.ru

Толеуов Тимур Жаксылыкович, PhD докторант, Актюбинский региональный государственный университет имени Кудайберген Жубанова, e-mail: Timur_Toleuov@mail.ru

Аннотация. Исследована приближенная математическая модель теории изотермической фильтрации. Известно, что без учета капиллярного давления модель Бакли-Леверетта является основной. Основываясь на реальных расчетах прогноза на сегодняшний день, модель во многих областях положительно зарекомендовала себя. Как правило, с вычислительной точки зрения, аппроксимационные модели требуются для аппроксимации моделей для квантования времени при создании вычислительных алгоритмов. В данной работе предлагаются методы приближенных методов, а именно метод «исчезающей вязкости».

Ключевые слова: Изотермическая фильтрация, капиллярное давление, прогнозные расчеты, аппроксимация, временная зависимость.

ON ONE APPROXIMATE MODEL OF ISOTHERMAL FILTRATION THEORY

Mukhambetzhanov Saltanbek Talapedenovich, Director of the Research Institute "Mathematics and Applied Technologies" at Atyrau State University. Khalela Dosmukhamedova, e-mail: mukhambetzhanov_@mail.ru;

Toleuov Timur Zhaksylykovich, PhD doctoral candidate, Aktobe Regional State University named after Kudaibergen Zhubanov),

Abstract. An approximate mathematical model of the theory of isothermal filtration was investigated. It is known that without taking into account the capillary pressure, the Buckley-Leverett model is the main one. Based on real forecast calculations to date, the model in many fields has positively recommended itself. As a rule, from a computational point of view, approximation models are required to approximate models for time-slicing when creating computational algorithms. In this paper, methods of approximate methods are proposed, namely, the “vanishing viscosity” method.

Keywords: Isothermal filtration, capillary pressure, forecast calculations, approximation, time slicing.

При изучении фильтрационных процессов важную роль играет математическая модель Баклея-Леверетта.

Необходимо отметить, что уравнение вида

$$U_t + (f(u))_x = 0 \quad (1)$$

Одномерное по пространственным переменным рассматривались многими авторами. Существенный вклад в нелокальную теорию задачи Коши для этого уравнения внесли

О.А.Олейник, А.Н.Тихонов, А.А.Самарский, И.М.Гельфанд. К уравнению (1) относится математическая модель Баклея-Леверетта.

В параболическом случае достаточно исследована разрешимость в работах [1-5] Антонцевым С.Н., Монаховым В.Н., Бочаровым О.Б. и их учениками. Следует отметить, что уравнения вида (1) являются простейшими математическими моделями многих природных явлений, иногда отражающими суть этих явлений. В частности, функция Леверетта определяется экспериментальным путем по материалам Керна. Такой подход не дает желаемых результатов в задачах теории фильтрации.

Подробное уточнение позволяет определить пористая среда либо гидрофильна, либо гидрофобная среда.

Известно, что если $(\varepsilon > 0)$ ε -коэффициент вязкости, то силу вязкостного трения, действующую на каждую частицу пористой среды $x(t)$ и отнесенную к единице массы, можно принять равной $\varepsilon \cdot U_{xx}$. Тогда возвращаясь к математической модели Баклея-Леверетта (далее вместо $U(t, x)$ будем записывать через $s(t, x)$ -водонасыщенность)

$$s_t + s \cdot s_x = \varepsilon \cdot s_{xx} \tag{2}$$

где $F'(s) = \frac{1}{2} \cdot s$ -функция Леверетта.

Уравнение вида (2) была исследована Бочаровым О.Б. Но при прогнозных расчетах не дали желаемых результатов. Представленный метод при $\varepsilon \rightarrow 0$ называется методом «исчезающей вязкости». Учитывая, что $s_t = (\varepsilon \cdot s_x - \frac{s^2}{2})_x$ введем потенциал $U(x, t)$, определяемый равенством

$$dU = sdx + (\varepsilon \cdot s_x - \frac{s^2}{2})_x dt$$

В этом случае $U_x = s, U_t = \varepsilon \cdot s_x - \frac{s^2}{2} = \varepsilon \cdot U_{xx} - \frac{U^2_x}{2}$, т.е. функция $U(x, t)$ удовлетворяет уравнению

$$U_t + \frac{1}{2} \cdot U_x^2 = \varepsilon \cdot U_{xx} \tag{3}$$

Сделаем в (3) замену $U = -2\varepsilon \cdot \ln z$.

Тогда

$$U_t = -2\varepsilon \cdot \frac{z_t}{z},$$

$$U_x = -2\varepsilon \cdot \frac{z_x}{z},$$

$$U_{xx} = -2\varepsilon \cdot \frac{z_{xx}}{z} + 2\varepsilon \cdot \frac{z_x^2}{z^2},$$

Уравнение (3) примет вид

$$-2\varepsilon \cdot \frac{z_t}{z} + 2\varepsilon^2 \cdot \frac{z_x^2}{z^2} = -2\varepsilon^2 \cdot \frac{z_{xx}}{z} + 2\varepsilon^2 \cdot \frac{z_x^2}{z^2}$$

т.е. получено уравнение теплопроводности относительно $z(t, x)$:

$$z_t = \varepsilon \cdot z_{xx} \tag{4}$$

Приведенный метод часто называют преобразованием Флорина-Хопфа-Коула. Из сделанных замен следует, что решение уравнения (2) имеет вид:

$$s = U_x = -2\varepsilon \cdot \frac{z_x}{z}$$

где $z(t, x)$ есть решение (4).

Предположим теперь, что через нагнетательную скважину распространяется волна вида:

$$s(x, t) = s_- + \frac{s_+ - s_-}{2} \cdot (1 + \text{sign}(x - \omega t)) = \begin{cases} s_-, & \text{при } s < \omega t \\ s_+, & \text{при } s > \omega t \end{cases} \quad (5)$$

где $\omega = \text{const}$. Предположим, что существует обобщенное решение уравнения вида (1) в смысле выполнения интегрального тождества. Для этого необходимо и достаточно, чтобы на линии разрыва $x = \omega t$ было выполнено условие

$$\omega = \frac{dx}{dt} = \frac{F(s_+) - F(s_-)}{s_+ - s_-} \quad (6)$$

Идея метода «исчезающей вязкости» в данном случае заключается, что данное решение (разрывное) вида (5) допустимо. Т.е. при $x \neq \omega t$ решений $S^\varepsilon(x, t)$ уравнения

$$s_t^\varepsilon + (F(s^\varepsilon))_x = \varepsilon \cdot s_{xx}^\varepsilon \quad (7)$$

при $\varepsilon \rightarrow 0$ получается как поточечный предел.

Ниже предлагаемый метод И.М.Гельфандом имеет желаемый результат в прикладных задачах.

Учитывая структуру решения $s(x, t)$, будем искать решение уравнения (7) в виде:

$$s^\varepsilon(x, t) = U(\xi), \quad \xi = \frac{x - \omega t}{\varepsilon} \quad (8)$$

Подставляя решение такого вида в (7), получаем, что функция $U(\xi)$ является решением уравнения

$$-\omega \cdot v' + (F(v))' = v'' \quad (9)$$

При $x \neq \omega t$ функция $s^\varepsilon = v\left(\frac{x - \omega t}{\varepsilon}\right)$ поточечно аппроксимирует при $\varepsilon \rightarrow 0$ функцию $s(x, t)$ вида (5) тогда и только тогда, когда функция $v(\xi)$ удовлетворяет граничным условиям:

$$s(-n, t) = s_-, \quad s(n, t) = s_+ \quad (10)$$

где n - достаточное большое расстояние от скважины.

Следует отметить, что $v(\xi)$ не является единственным решением, т.е. могут быть $\tilde{v} = v(\xi - \xi_0)$, при любом $\xi_0 \in R$.

Интегрируя (9), получаем

$$v' = -\omega \cdot v + \Phi(v) + C = \tilde{\Phi}(v) + C, \quad C = \text{const} \quad (11)$$

Следуя методу И.М.Гельфанда, чтобы автономное уравнение (11) с гладкой правой частью $\tilde{\Phi}(v) + C$ имело решение, которое стремится к константам s_- при $n \rightarrow -\infty$ и s_+ при $n \rightarrow +\infty$, необходимо и достаточно выполнение следующих условий:

а) s_- и s_+ - особые точки исходного уравнения, т.е. обращают в нуль правую часть уравнения (11):

$$\tilde{\Phi}(s_-) + C = \tilde{\Phi}(s_+) + C = 0,$$

т.е. в результате имеем $\tilde{\Phi}(s_-) = \tilde{\Phi}(s_+) = -C$.

б) другой вариант между s_- и s_+ нет других особых точек и правая часть (11) на указанном промежутке:

1) положительна при $s_- < s_+$ решение при этом возрастает, т.е.

$$\tilde{\Phi}(v) - \tilde{\Phi}(s_-) > 0, \forall v \in (s_-, s_+) \quad (12)$$

2) отрицательна при $s_- > s_+$, т.е. решение убывает:

$$\tilde{\Phi}(v) - \tilde{\Phi}(s_+) < 0, \forall v \in (s_+, s_-) \quad (13)$$

При выполнении указанных условий интересующие нас решения уравнения (9) задается формулой

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{\tilde{\Phi}(v) - \tilde{\Phi}(s_-)} = \xi - \xi_0$$

где

$$s_0 = \frac{s_+ + s_-}{2}$$

-точка расположения скважин.

Приведенные условия (12) - (13) и являются аналитической записью условия допустимости.

Варьируя s_-, s_+ , а также $F(s)$, можно строить различные сходящиеся последовательности допустимых обобщенных решений. При этом считать допустимыми и любые поточечные пределы допустимых решений.

В результате получаем, что у решения $s(x, t)$ возможен скачок от s_- к s_+ (в направлении возрастания x). Т.е. на самом деле этот скачок происходит при переходе от водной фазы к нефтяной. При этом выполняются условия допустимого разрыва:

1) при $s_- < s_+$ график функции $F(s)$ на отрезке $[s_+, s_-]$ должен быть расположен ниже хорды с концами $(s_-, F(s_-))$ и $(s_+, F(s_+))$;

2) в случае $s_- > s_+$ график функции $F(s)$ на отрезке $[s_+, s_-]$ должен быть расположен не выше хорды с концами $(s_-, F(s_-))$ и $(s_+, F(s_+))$.

Полученные условия дают возможность регулировать фильтрационные процессы в прискважинной зоне пласта. Условия допустимости разрыва, полученные методом «исчезающей вязкости» прекрасно согласуются с прогнозными расчетами. Действительно, свойство выпуклости функции $F(s)$ в математической модели Баклея-Лаверетта (вверх) вниз по определению означает, что любая хорда, соединяющая точки по прямой линии показывает достоверность самой математической модели Баклея-Лаверетта.

Литература

1. Антонцев С.Н., Кажихов А.В., Монахов В.Н. Краевые задачи механики неоднородных жидкостей, Новосибирск: Наука, 1983.
2. Богаров О.Б. Монахов В.Н. Краевые задачи неизотермической двухфазной фильтрации в пористых средах //Динамика сплошной среды: Сб. науч. тр. /АН СССР Сиб.отд-ние. Ин-т гидродинамики, 1988 вып. 86. С.47-69.
3. Чарный И.А. Подземная гидродинамика. М.: Гостехиздат, 1963.
4. Монахов В.Н. Автомодельные решения тепловой двухфазной фильтрации //ПМТФ, 1999. Т.40, №3.
5. Осокин А.Е. Обоснование одного приближенного метода в двухфазной неизотермической фильтрации //Динамика сплошной среды. Сб. науч. тр. /АН СССР. Сиб.отд-ние Ин-т гидродинамики. 1998. Вып.113. С.114-117.

6. Горицкий А.Ю., Кружков С.Н., Чечкин Г.А. Уравнения с частными производными первого порядка. М.: Изд-во центра прикладных исследований при механико-математическом фак-те МГУ, 1999, 96 стр.

УДК 669.045
Т-12

ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕПЛООБМЕННИКАХ

Татыбеков Алымбек Татыбекович, профессор, ИГД и ГТ им. акад. У.Асаналиева, КГТУ имени И. Раззакова Кыргызстан, 720001, г.Бишкек, пр.Чуй, 215, e-mail: alimbek46@mail.ru

Ахмадиев Бектурсын Айтжанович, аспирант, ИГД и ГТ им. акад. У.Асаналиева, КГТУ имени И. Раззакова Кыргызстан, 720001, г.Бишкек, пр.Чуй, 215; e-mail: Akhmediyev_bektursyn@mail.ru

Бактыгулова Алмаш Бекболсуновна, и.о. доц. ИГД и ГТ им. акад. У. Асаналиева, Кыргызстан, 720001, г. Бишкек, пр. Чуй, 215

Аннотация. В статье рассмотрена зависимость числа Нуссельта от числа Рейнольдса теплоты грунта. В работе приведены результаты исследования увеличения скорости движущееся потока в трубе повышается турбулизация потока и уменьшается толщина пограничного слоя между потоком и стенками трубы.

Ключевые слова: теплопроводность, полиэтиленовая труб ,грунт, влажный грунт, дифмометр

RESEARCHES OF HEAT EXCHANGE PROCESSES IN HEAT EXCHANGERS

Tatybekov Alymbek Tatybekovich, professor, IGD and GT them. Acad. U. Asanaliyev, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov Kyrgyzstan, 720001, Bishkek, 215, Chui avenue, alimbek46@mail.ru

Akhmediyev Bektursyn Aitzhanovich, a graduate student, IGD and GT them. Acad. U. Asanaliyeva, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720001, Bishkek, Chui Ave., 215 Akhmediyev_bektursyn@mail.ru

Baktigulova Almash Bekbolsunovna, acting Assoc. IHD and HT named after acad. U. Asanalieva, Kyrgyzstan, 720001, Bishkek, Chui Ave., 215

Abstract. The article describes the dependence of the Nusselt number on the Reynolds number. ground heat The paper presents the results of the study of the increase in the speed of a moving stream in a pipe, the turbulization of the flow increases and the thickness of the boundary layer between the flow and the walls of the pipe decreases.

Keywords: thermal conductivity, polyethylene pipes, soil, wet soil, difmono-meter

По полученным экспериментальным данным найдены числа подобия теплопередачи и режимы течения воды в трубе. Подобие режима течения воды (число Рейнольдса) определялось по формуле (1), а подобие теплоотдачи (число Нуссельта) по формуле (2).

$$Re = \frac{\omega \cdot d_3}{\nu}, \quad (1)$$

$$Nu = \frac{\alpha d_3}{\lambda}, \quad (2)$$

где ω – линейная средняя скорость потока, ν - кинематический коэффициент вязкости, λ – коэффициент теплопроводности жидкости, d_3 – эквивалентный диаметр потока, определяющий его геометрию .

По найденным числам подобия построена график зависимости числа Нуссельта от числа Рейнольдса, который представлен в рисунке 1.

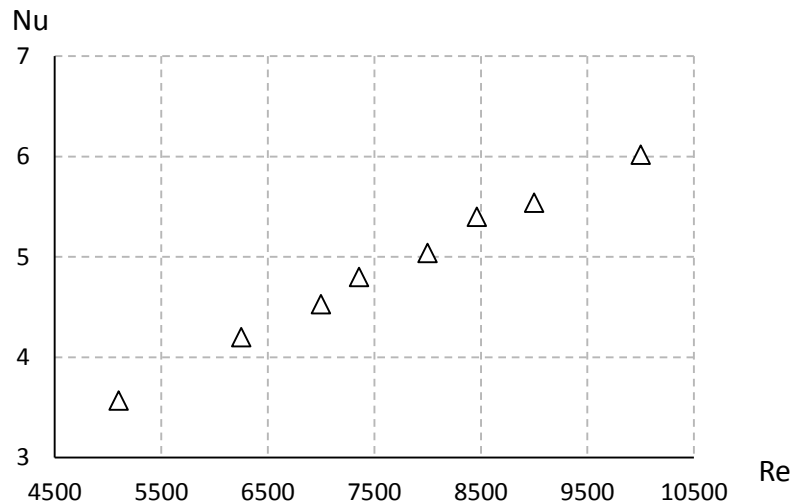


Рисунок 1 - Зависимость числа Нуссельта от числа Рейнольдса

Из рисунка 1 видно, что увеличения критерия Нуссельта прямо пропорционально к увеличению числа Рейнольдса. Это связано с тем, что при увеличении скорости движущееся потока в трубе повышается турбулизация потока и уменьшается толщина пограничного слоя между потоком и стенками трубы. Уменьшение толщины пограничного слоя улучшает процесс теплопередачи.

Далее определены математические связи между подобиями (3) и (4) , построена логарифмические зависимости числа Нуссельта от числа Рейнольдса, найден показатель степени и вычислен коэффициент пропорциональности.

Зависимость между числами подобиями представляется в виде степенных функций

$$Nu = c \cdot Re^n Pr^m. \quad (3)$$

Число Прандтля теплоносителя в опыте остается постоянной, и поэтому число Нуссельта зависит только от числа Рейнольдса

$$Nu = c \cdot Re^n. \quad (4)$$

Логарифмируя, получаем

$$lgNu = lgc + nlgRe. \quad (5)$$

Из уравнения (5) следует функция $lgNu = f(lgRe)$, которой представлен в рисунке 2.

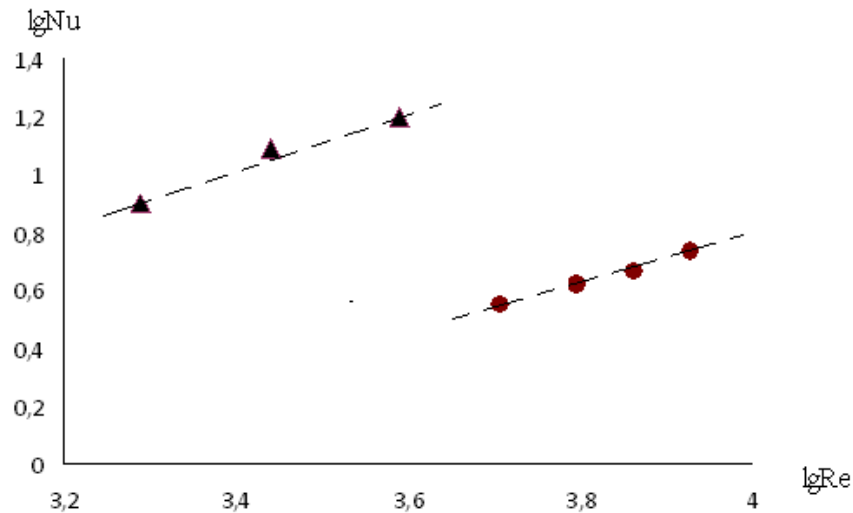


Рисунок 2. График установления зависимости числа Нуссельта от Рейнольдса
▲- по результатам эксперимента Михеева и ● - по обработке данных

Из графика видно, что показатель степени n равно тангенсу угла наклона прямой к оси абсцисс, то есть $n = tg\varphi = \frac{a}{b}$. Построен сравнительный график зависимости числа Нуссельта от числа Рейнольдса по результатам Михеева и по обработке проведенного эксперимента.

Постоянная c определена из уравнения $c = \frac{Nu}{Re^n}$, которому удовлетворяет любая точка прямой.

Таким образом установлено, что показатель степени равен к 0,8, а коэффициент пропорциональности 0,0038. Подставляя вычисленные численные данные в уравнение (4), получаем формулу (6)

$$Nu = 0,0038 \cdot Re^{0,8}. \quad (6)$$

А также определено, что влажный грунт и грунтовые воды увеличивают теплосъем, а сухой грунт – уменьшает. Экспериментальный стенд для процесса теплообмена в системах грунт-вода показан на рисунке 3.

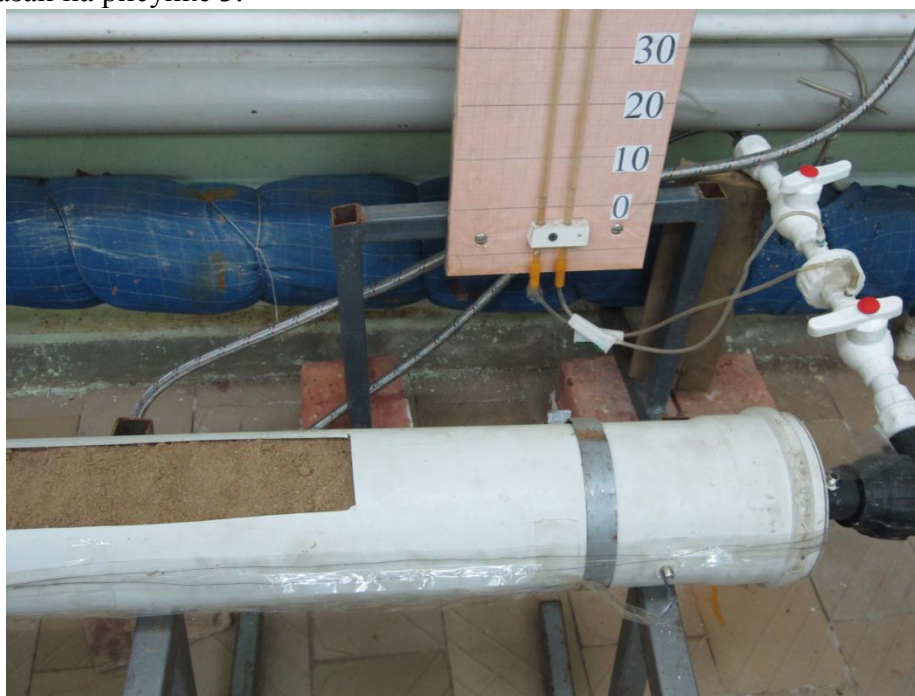


Рисунок 3 – Экспериментальный стенд для процесса теплообмена в системах грунт-вода

По найденным числам подобия построена график зависимости числа Нуссельта от числа Рейнольдса в системах грунт-вода, который представлен на рисунке 4.

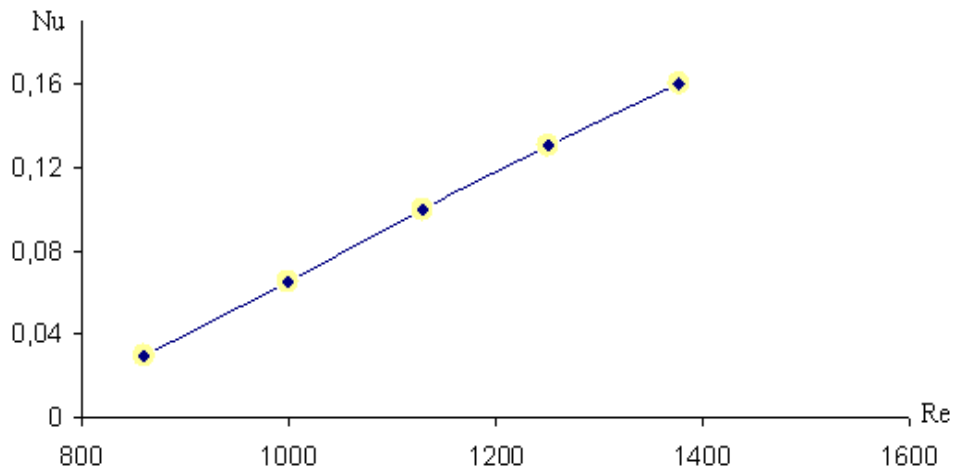


Рисунок 4 - Зависимость числа Нуссельта от числа Рейнольдса

Путем экспериментальных исследований на стенде авторами работы получена универсальная зависимость для средней теплоотдачи полиэтиленовых труб используемых в качестве теплосъемных элементов тепловых насосов.

Заключение

Установлено, что зависимость числа Нуссельта от числа Рейнольдса линейная в логарифмическом масштабе, коэффициент наклона линии, являющийся показателем степени числа Рейнольдса, равен $n=0,8$. Коэффициент пропорциональности равен $c=0,0038$. Сравнение с известными экспериментальными данными других исследователей, показывает качественное совпадение, наклон линии также составляет $0,8$. Числовые значения коэффициентов пропорциональности, связанные с природой используемого материала, разные. Для металлических труб $c=0,025$, а для исследованных полиэтиленовых труб в 3,7 раза меньше, что связано с плохой теплопроводностью теплопередающей стенки.

Список литературы

1. Васильев, Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием тепловой энергии поверхностных слоев Земли. М.: Издательский дом «Граница», 2006, 176 с.
2. Калнинь И.М Лазарев Л.Я., Савицкий А.И. Энергосберегающие, экологически чистые технологии теплоснабжения производственных и жилых помещений //Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», 2006, № 2
3. B.Zh. Bolatbekova, B. A. Akhmediyev, N.K.Tanasheva, N.N. Shuyushbayeva, A.Sh. Kurmangaliev The results of the research of the heat exchange processes of ground heat exchangers // Education and Science without borders Journal, 2016, Vol.7, №. 2(14), P.117-118.
4. Құсайынов Қ, Нургалиева Ж.К, Карабекова Д.Ж, Ахмадиев Б.А// Әр түрлі геологиялық қималы ұңғыларды бұрғылауда электрогидроимпульстік әдісті қолданудың тиімділігі
Вестник Карагандинского университета. – Серия физика. – 2016. - № 2 (82).
5. Бубялис Э., Марцинаускас К., Шкема Р. Возможности и перспективы применения тепловых насосов в производстве низкопотенциальной теплоты // Пром. теплотехника. - 2000.
6. Бридант А. Тепловые насосы в жилых помещениях //АВОК. - 2001.
7. Kussaiynov K., Shuyushbayeva N.N., Shaimerdenova G.M., Bulkaïrova G.A., Ospanova D.A. Electro-hydraulic pulse technology of drilling wells for installation of heat exchange elements of heat pumps. *Life Science journal.* - 2014. – Vol.11. - №.11.- P.469-472.

8. Кусаиынов К., Турдыбеков К.М., Кужуханова Ж.А., Саденова К.К. Электроимпульсная технология создания теплообменников для извлечения теплоты грунта на малых глубинах. *Вестник Карагандинского университета. – Серия физика. – 2012.- №2 (66).* – С. 31-36.

9. Kussaiynov K., Sakipova S.E., Shuyushbayeva N.N., Ahmadiyev B.A., Kuzhuhanova J.A. Electro-pulse technology of production heat exchangers for extracting the heat from the ground at shallow depths. *Eurasian Physical Technical Journal. – 2012. – Vol.9. – №2 (18).* – P. 19-23.

УДК:681.322:533.9.

СКВОЗНОЙ РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМЕННОЙ ДУГИ.

Жайнаков А., *Институт горного дела и горных технологий им. акад. У. Асаналиева*
Усенканов Дж.О., *Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б. Ельцина,*
juma_21@mail.ru

Аннотация. В работе предложен метод сквозного расчета сложной системы включающей в себя газ, электродуговую плазму, жидкий (расплавленный) металл и нерасплавленный твердый металл. Обсуждаются физические условия на границах между фазами и их математическое формулировка. Приводятся результаты расчета.

Ключевые слова. Электродуговая плазма, катод, анод, столб электрической дуги, сварочная ванна, процессы на аноде.

CALCULATION OF END-TO-END CHARACTERISTICS OF PLASMA ARC.

Zhainakov A., *Institute of Mining and Mining Technologies Acad. U. Asanalieva*
Usenkanov D. O., *Kyrgyz-Russian Slavic University B. Yeltsin*

Annotation. In the work method of end-to-end calculation of complex system which includes gas, electric arc plasma, liquid (molten) metal and nerasplavlennyj solid metal. Discusses the physical conditions at the boundaries between the phases and their mathematical formulation. The results of the calculation.

Keywords. ARC plasma cathode, anode, a pillar of electric arc welding, bath, processes at the anode.

Введение.

В случаях, когда требуется определить взаимное влияние физических процессов в электрической дуге и в обрабатываемом изделии возникает необходимость в учете физических процессов происходящих на границе «столб дуги – обрабатываемое изделие». При разработке технологий обработки материалов, понимание физических процессов именно на этой границе становится наиболее важными.

Поэтому, для дальнейшего развития теории электродугового разряда, необходимо исследовать взаимное влияние гидродинамических, тепловых и электромагнитных величин столба дуги и обрабатываемого изделия.

1. Математическая модель.

Электродуговой разряд.

Математическое моделирование физических процессов в электродуговой плазме осуществляется в основном на базе системы магнитогидродинамических (МГД) уравнений [1-2]. При записи системы МГД уравнений учитывается, что главной причиной протекания электрического тока в электродуговом разряде является внешнее электрическое поле. Роль

индуцированного электрического поля незначительна. Нагрев электродуговой плазмы осуществляется в основном за счет джоулева тепла. Электродуговая плазма рассматривается как несжимаемая электропроводящая жидкость, которая в каждой точке пространства \mathbf{r} в любой момент времени t характеризуется определенной скоростью \mathbf{v} , давлением P и температурой T . Записанная с учетом вышесказанного система МГД уравнений является системой уравнений электродуговой плазмы.

Электродинамика дугового разряда описывается уравнениями Максвелла

$$\operatorname{div} \mathbf{D} = 0, \operatorname{div} \mathbf{B} = 0, \operatorname{rot} \mathbf{E} = 0, \operatorname{rot} \mathbf{H} = \mathbf{j} \quad (1-4)$$

$$\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E}, \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} \quad (5-6)$$

закон Ома в дифференциальной форме

$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E} \quad (7)$$

При записи уравнений гидродинамики предполагается, что течение электродуговой плазмы стационарное и ламинарное.

Уравнением неразрывности

$$\operatorname{div} (\rho \mathbf{v}) = 0 \quad (8)$$

Уравнением движения электродуговой плазмы уравнения Навье-Стокса дополненное электростатическими и электромагнитными слагаемыми:

$$\rho (\mathbf{v} \cdot \operatorname{grad}) \mathbf{v} = \mathbf{j} \times \mathbf{B} - \operatorname{grad} \left(P + \frac{2}{3} \mu \operatorname{div} \mathbf{v} \right) + 2 \operatorname{div} (\mu \mathbf{S}') \quad (9)$$

где \mathbf{S}' вязкий тензор напряжений для несжимаемой жидкости [4]:

Диссипируемая энергия существенно меньше кинетической энергии потока, поэтому в дальнейшем его можно не учитывать. При этих предположениях, уравнение энергии запишется в виде:

$$\rho \mathbf{v} \cdot \operatorname{grad} \left(h + \frac{v^2}{2} \right) = \mathbf{j} \cdot \mathbf{E} - \varphi + \operatorname{div} \left(\frac{\lambda}{c_P} \operatorname{grad} h \right). \quad (1.0)$$

Таким образом, для описания процессов в столбе электрической дуги в дальнейшем будут использоваться система уравнений (1–10). Система уравнений дополняется соотношениями, которые описывают состояние среды и зависимость свойств среды от температуры и давления:

$$\begin{aligned} \rho &= \rho(T, P), \quad \sigma = \sigma(T, P), \quad \lambda = \lambda(T, P), \quad \mu = \mu(T, P), \\ c_P &= c_P(T, P), \quad h = h(T, P), \quad \psi = \psi(T, P). \end{aligned} \quad (11)$$

Расплавленный металл.

При электродуговой сварке под воздействием столба электрической дуги в теле изделия происходит плавление металла и образуется объем жидкого металла (сварочная ванна). Жидкий металл по существу представляет собой плотную плазму. Эти особенности строения и определяют методы исследования жидких металлов, опирающиеся на теорию классической однокомпонентной плазмы и теорию простых жидкостей [5].

Таким образом, математическое моделирование процессов в сварочной ванне проводится на основе системы МГД уравнений (1-11). Все допущения принятые для электродуговой плазмы, кроме пункта об излучении, которое для жидкого металла не учитываются, верны и для жидкого металла.

Условия на границе «столб дуги – металл»

Вследствие отсутствия достаточно простой модели прианодных процессов на границе «столб дуги - металл» предполагается, что: обмен тепла между электрической дугой и металлом осуществляется за счет теплопроводности и за счет работы выхода электронов φ_0 ,

т. е. ставятся граничные условия: $\lambda_{cd} \frac{\partial T_{cd}}{\partial z} + j\phi_0 = \lambda_{жм} \frac{\partial T_{жм}}{\partial z}$. Границу плазма - жидкий металл считаем горизонтальной линией раздела двух вязких несмешивающихся жидкостей.

Для аксиальной составляющей скорости на границе выполняется условие непроницаемости $u_{cd} = u_{жм} = 0$. Для радиальной составляющей скорости выполняется условие прилипания $v_n = v_{жм}$,

Равенство касательных напряжений приводит к выполнению равенства $\mu_{cd} \frac{\partial v_{cd}}{\partial z} = \mu_{жм} \frac{\partial v_{жм}}{\partial z}$, здесь μ -коэффициенты динамической вязкости контактирующих сред.

2. Результаты расчета.

Расчетная область включает в себя сопло плазматрона, с внутренним электродом, открытую область между срезом сопла и анодом, и анод, рабочая поверхность которой представляет собой плоскую пластину.

Для выяснения влияния режима работы анода на параметры столба дуги были проведены расчеты при разных граничных условиях на нижней границе анода. Расчет проводился для дуги в среде аргона, при расходе газа 100мг/с, силе электрического тока 100А.

На рис. 1 приведены поля расходов и изотермы в столбе дуги и в расплавленном металле при условии свободного теплообмена с окружающей средой на нижней границе анода, т.е. на нижней границе анода для энтальпии задавалось условие $\frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$

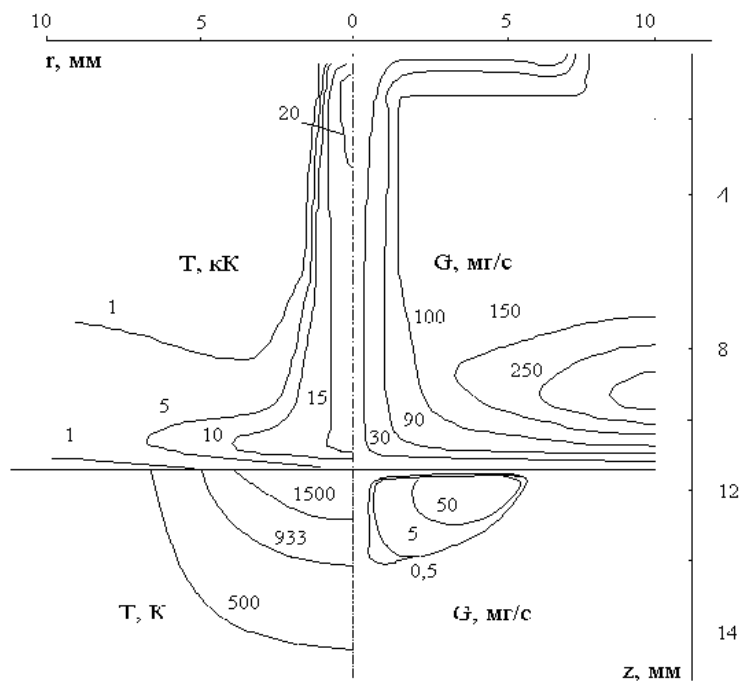


Рис. 1. Поля температур и линии равных расходов в столбе дуги и в расплавленном металле анода.

Поля температур и изотерм при условии незначительного теплообмена с окружающей средой, т.е. когда по всей внешней границе анода задавалось условие $\frac{\partial h}{\partial z} = 0$, приведены на рис. 2.

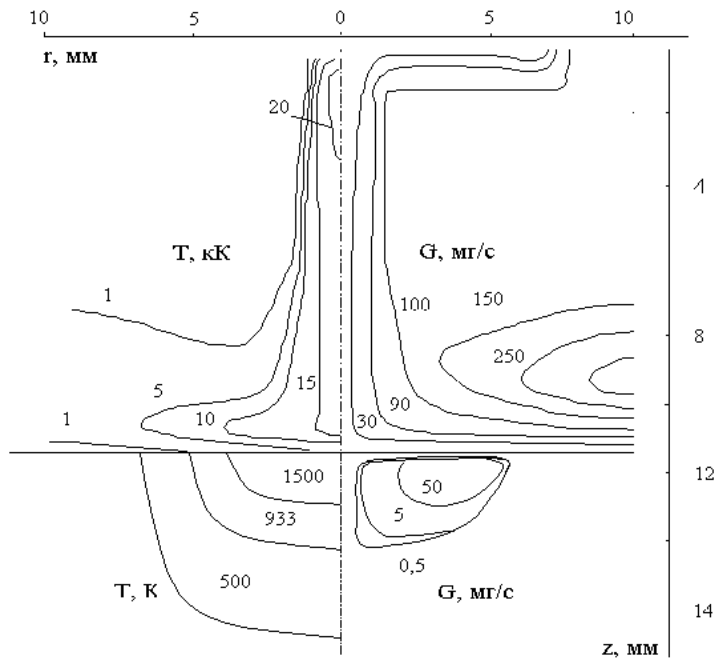


Рис. 2. Поля температур и линии равных расходов в столбе дуги и в расплавленном металле анода.

Как видно из этих рисунков, в области столба дуги, поля температур и газодинамического тока практически не отличаются для обоих случаев, отличие наблюдается только в области расплавленного металла. В случае незначительного обмена тепла с окружающей средой, в отличие от случая свободного обмена тепла, несколько увеличены размеры сварочной ванны и наблюдается больший прогрев металла анода.

Отводимое, в первом случае, из анода теплопроводностью тепло, используется в этом случае на нагрев тела анода.

На рис.3 приведены поля температур и линии равных расходов плазмы и жидкого металла анода при граничных условиях, которые соответствуют условиями вынужденного охлаждения анода. В этом случае на нижней границе анода, в сечении $z = L$, задавалось граничное условие $h = h_{\text{од}}$, где $h_{\text{од}}$ - температура охлаждающей анод жидкости.

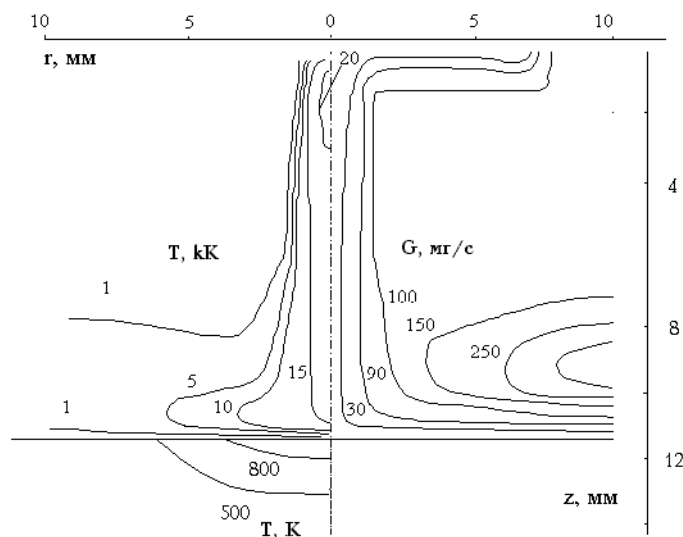


Рис. 3. Поля температур и линии равных расходов.

Сечение выбиралось таким образом, чтобы толщина анода $L_a = 2\text{ мм}$.

Как видно из рисунка, в этом случае изотермы столба дуги в области анода более поджаты к оси и в теле анода нет расплавленного металла. Вследствие более холодной температуры анода, возрастают градиенты температуры у поверхности анода в аксиальном направлении и увеличиваются в центральной части потока тепла в анод за счет теплопроводности (рис.4). На периферийной области, из-за уменьшения радиальных размеров дуги, наоборот, потоки тепла уменьшаются.

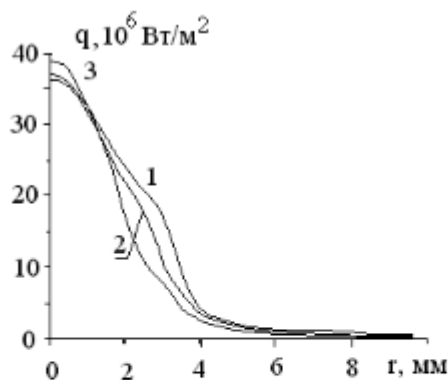


Рис.5 Потоки тепла в анод. 1 – свободный теплообмен, 2 – незначительный теплообмен, 3 – вынужденное охлаждение.

Список литературы.

1. Математическое моделирование электрической дуги. / Под ред. В.С. Энгельшта. Фрунзе: Илим, 1983, с.364.
2. Жуков М.Ф., Коротеев А.С., Урюков Б.А. Прикладная динамика термической плазмы. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1975, с.298.
3. Теория термической электродуговой плазмы / Под ред. М.Ф.Жукова, А.С.Коротеева. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987, с.311.
4. Низкотемпературная плазма. Новосибирск: Наука, 1990, с. 365.
5. Теория термической электродуговой плазмы. Ч.1 /Под ред. М.В.Жукова. - Новосибирск: Наука, Сиб.отделение, 1987, с.287 .
6. Урюков Б.А., Хайтман С.М. Начальный участок электродугового плазматрона //Изв. СО АН СССР. Сер. Техн.наук, 1974, №2, вып.2, с.94-120.
7. Жайнаков А., Лелевкин В.М., Энгельшт В.С. Нагрев и течение проводящего потока газа. // Изв. АН СССР, МЖГ, 1975, № 5.- с.190-193.
8. Назаренко И.П., Паневин И.Г. Расчет характеристик стабилизированных дуг с учетом переноса излучения и отрыва температур // Моделирование и методы расчета физико-химических процессов в низкотемпературной плазме. М.: Наука, 1974, с.86-106.
9. Применение магнитной гидродинамики в металлургии и литейном производстве. Киев: Наукова думка, 1981, с.
10. Повх И.Л. Магнитная гидродинамика в металлургии. М.: Наука, 1974.
11. D. Rosenthal, Welding Journal. 1941. vol. 20. pp. 220-234.
12. O.T.F. Roberts, Proc. R. Soc. London, 1923, A 104, pp 640-654.

13. Zacharia, T., S.A. David, J.M. Vitek and T. Debroy, *Welding Journal*. 68, 499-s to 509-s (1989).
14. Sundell, R.E., H.D. Solomon and S.M. Correa, "Advances in Welding Science and Technology," ed. S.A. David, pp. 53-57, ASM International, Materials Park, OH (1986).
15. Operer, G.M., T.W. Eagar and J. Szekely, *Welding Journal*. 62, 307-s to 312-s (1983).
16. Kou S. and Y.H. Wang. *Welding Journal*. 65, 63-s to 70-s (1986).
17. Kou S. and D.K. Sun. *Metall. Trans. A* 16A, 203-213 (1985).
18. S. Kou and D.K. Sun. *Fluid Flow and Weld Penetration in Stationary Arc Welds*. Metallurgical transactions A. Vol 16A., 1985 pp. 203-213.
19. Jainakov A., Usenkanov J.O., Valeeva A.A Mathematical modeling of fluid flow in welding pool at high currents // *Journal of high temperature chemical processes*. Paris, France, № 3, Vol 11, 1992, p.38-40.

УДК 81.438

ФОРМУЛА ДЛЯ ПРОГИБА ПЛОСКОЙ ФЕРМЫ С УСИЛЕННЫМИ РАСКОСАМИ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЧИСЛОМ ПАНЕЛЕЙ

Ткачук Г.Н. geoyukos@yandex.ru, НИУ МЭИ, Москва

Аннотация. Прогиб середины пролета симметричной статически определимой фермы рассчитывается по формуле Максвелла-Мора. Усилия в стержнях находятся методом вырезания узлов в аналитическом виде. При обобщении серии задач с различным последовательно увеличивающимся числом панелей используется метод индукции. Для последовательностей коэффициентов в искомой формуле составляются и решаются рекуррентные уравнения. Все преобразования выполнены в системе компьютерной математики Maple.

Ключевые слова: ферма, прогиб, индукция, Maple

FORMULA FOR THE FLAKING OF A FLAT FARM WITH ENHANCED EQUIPMENT WITH AN ARBITRARY NUMBER OF PANELS

Tkachuk G.N. geoyukos@yandex.ru, Moscow

Abstract. The deflection of the middle span of a symmetric statically definable truss is calculated using the Maxwell-Mohr formula. The forces in the rods are found by cutting the nodes in an analytical form. When generalizing a series of problems with various successively increasing number of panels, the induction method is used. For sequences of coefficients in the desired formula, recurrent equations are compiled and solved. All transformations are performed in the Maple computer mathematics system.

Keywords: truss, deflection, induction, Maple

Стержневые системы на прогиб и прочность, как правило, рассчитываются в специализированных программах, основанных на численных методах, например, методе конечных элементов. Такие программы позволяют рассчитывать весьма сложные конструкции, в том числе и многократно статически неопределимые. Аналитических расчетов

значительно меньше, особенно тех, которые дают решение в компактном формульном виде, с учетом произвольного числа панелей, если речь идет о регулярных структурах.

Рассмотрим ферму с усиленными восходящими раскосами (рис. 1) равномерно нагруженную по узлам верхнего пояса. В каждой панели введены две дополнительные вертикальные стойки и два раскоса. В ферме с n панелями в половине пролета содержится $N=24n+4$ стержня, включая три стержня, моделирующие опоры. Расчет усилий произведем методом вырезания узлов по программе [1].

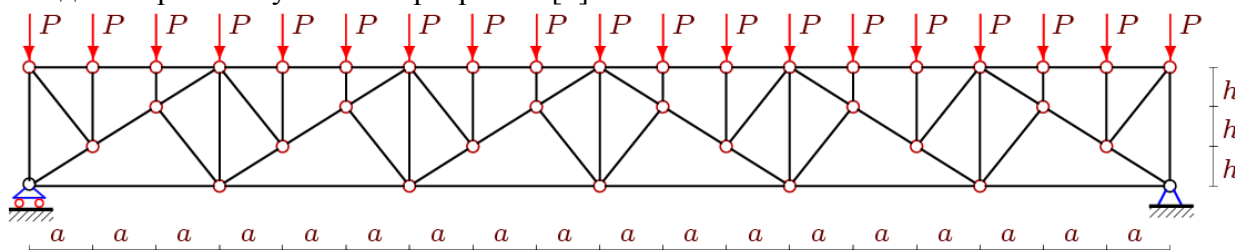


Рис. 1. Ферма под действием равномерной нагрузки, $n=3$

Ранее эта программа использовалась в расчетах ряда арочных [2-13] и пространственных [14-23] ферм. Решетчатые статически определимые фермы в аналитической форме рассчитывались в [24-29]. По этой программе было также получено решение плоской фермы башенного типа [30]. Формулы для шпренгельных ферм методом индукции получены в работах [31-34]. Кинематически изменяемые при определенном числе панелей фермы рассмотрены в [35-37].

Шарниры и стержни нумеруются (рис. 2). В программу вводятся координаты узлов. Приведем соответствующий фрагмент программы, написанной на языке системы Maple:

```
> for i to 2*n+1 do x[i]:=3*a*(i-1): y[i]:=0: od:
> for i to n do
> x[i+2*n+1]:=3*i*a-2*a: y[i+2*n+1]:=h:
> x[i+3*n+1]:=3*i*a+3*a*n-a: y[i+3*n+1]:=h:
> x[i+4*n+1]:=3*i*a-a: y[i+4*n+1]:=2*h:
> x[i+5*n+1]:=3*i*a+3*a*n-2*a: y[i+5*n+1]:=2*h:
> od:
> for i to 6*n+1 do
x[i+6*n+1]:=i*a-a: y[i+6*n+1]:=3*h: od:
```

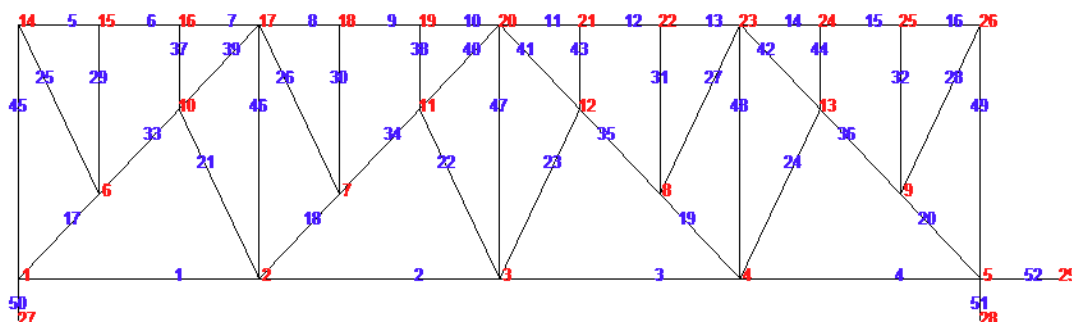


Рис. 2. Нумерация стержней и узлов, $n=2$

Получено следующее выражение для прогиба фермы:

$$EP\Delta = (Aa^3 + Bc^3 + Ch^3) / (2h^2),$$

где $c = \sqrt{a^2 + h^2}$.

Коэффициенты в этом выражении найдены методом индукции. С помощью оператора `rgf_findrecur` из специализированного пакета `genfunc` получены линейные однородные уравнения пятого и третьего порядков:

$$A_n = 5A_{n-1} - 10A_{n-2} + 10A_{n-3} - 5A_{n-4} + A_{n-5}$$

$$B_n = 3B_{n-1} - 3B_{n-2} + B_{n-3}$$

$$C_n = 3C_{n-1} - 3C_{n-2} + C_{n-3}$$

Решение этих уравнений дает оператор `rsolve`:

$$A = (15n^4 + 7n^2) / 2, \quad B = 9n^2, \quad C = 9n^2 - 12n + 11.$$

Таким образом найдена простая аналитическая зависимость прогиба от числа панелей и размеров фермы. Эту зависимость можно использовать как оценочную.

На рисунке 3 приведены зависимости безразмерного прогиба $\Delta' = \Delta EF / (P_s L)$, $P_s = P(6n - 1)$ при длине пролета $L=100$ м. Длина панели a зависит от пролета: $a=L/(6n)$. В начале графика прогиб резко падает (соответствующая длина панели нереально велика), затем почти незаметно растет, приближаясь к наклонной асимптоте, тангенс угла которой можно найти с помощью предела $\lim_{n \rightarrow \infty} \Delta' / n = 3h / (2L)$.

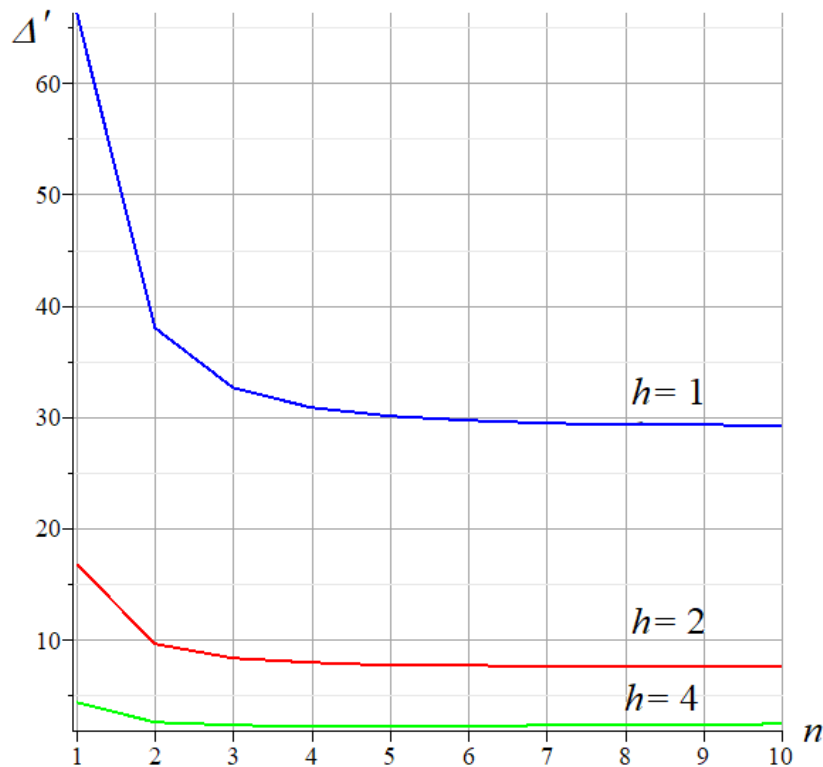


Рис. 3. Зависимость прогиба от числа панелей, высота h в метрах

Экстремальная (минимум) точка находится около значений $n=3...7$. Точное решение задачи о минимуме прогиба в системе Maple получить не удастся.

Аналитические обзоры некоторых простых решений для плоских ферм, полученные аналогичным методом в системе символьной математики Maple [38, 39] с помощью метода индукции, содержатся в работах [40,41].

Литература

1. Кирсанов М. Н. Maple и MapleT. Решения задач механики. СПб.: Изд-во Лань, 2012. 512 с.

2. Тиньков Д.В. Расчет прогиба плоской арочной фермы с крестообразной решеткой // Постулат. 2017. № 12 (26). С. 74.
3. Кунов И.М. О жесткости арочной фермы треугольного очертания в зависимости от перераспределения площадей стержней и числа панелей // Научный альманах. 2016. №6-2 (19). С. 253-256.
4. Кирсанов М.Н., Степанов А.С. О зависимости деформаций плоской арочной фермы от числа панелей // Строительная механика и расчет сооружений. 2017. № 5 (274). С. 9-14.
5. Кирсанов М.Н. Сравнительный анализ жесткости двух схем арочной фермы // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 9 (36). С. 44-55.
6. Кирсанов М.Н. Индуктивный анализ деформации арочной фермы // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. Т. 14. № 1. С. 64-70.
7. Кирсанов М.Н. Формулы для расчета прогиба арочной фермы // Строительная механика и конструкции. 2018. Т. 1. № 16. С. 7-11.
8. Кирсанов М.Н. Аналитическое исследование деформаций плоской фермы арочного типа // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 3 (31). С. 42-48.
9. Кирсанов М.Н. Аналитическая оценка прогиба и усилий в критических стержнях арочной фермы // Транспортное строительство. 2017. № 9. С. 8-10.
10. Кирсанов М.Н. Формулы для расчета деформаций арочной фермы с произвольным числом панелей // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 4 (67). С. 86-94.
11. Компанец К. А Расчет смещения подвижной опоры плоской арочной раскосной фермы при нагрузке в середине пролета // Молодежь и наука. 2017. №4. С.108.
12. Савиных А. С. Анализ прогиба арочной раскосой фермы, нагруженной по верхнему поясу // Строительство и архитектура. 2017. Том 5. Выпуск 3 (6). С. 12-17.
13. Осадченко Н.В. Аналитические решения задач о прогибе плоских ферм арочного типа // Строительная механика и конструкции. 2018. Т.1. №16. С.12-33.
14. Кирсанов М.Н. Учет строительного подъема в аналитическом расчете пространственной балочной фермы // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2014. Т. 4. № 2 (20). С. 36-39.
15. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет и оптимизация пространственной балочной фермы // Вестник Московского энергетического института. 2012. № 5. С. 5-8.
16. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет прогиба пространственного прямоугольного покрытия // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 5 (116). С. 579-586.
17. Кирсанов М.Н. Особенности аналитического расчета пространственных стержневых систем // Строительная механика и расчет сооружений. 2011. № 5 (238). С. 11-15.
18. Кирсанов М.Н. Оценка прогиба и устойчивости пространственной балочной фермы // Строительная механика и расчет сооружений. 2016. № 5 (268). С. 19-22.
19. Кирсанов М.Н. Статический расчет и анализ пространственной стержневой системы // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 6 (24). С. 28-34.
20. Кирсанов М.Н. Напряженное состояние и деформации прямоугольного пространственного стержневого покрытия // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 1 (41). С. 93-100.
21. Кирсанов М.Н. Расчет пространственной стержневой системы, допускающей мгновенную изменяемость // Строительная механика и расчет сооружений. 2012. № 3 (242). С. 48-51.
22. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет пространственной стержневой системы // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2012. № 1. С. 49-53.

23. Леонов П.Г., Кирсанов М.Н. Аналитический расчет и анализ пространственной стержневой конструкции в системе Maple // В сборнике: Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО-2014 Труды международной научно-методической конференции. 2014. С. 239-242.
24. Kirsanov M., Komerzan E., Sviridenko O. Analytical calculation of the deflection of an externally statically indeterminate lattice truss// MATEC Web of Conferences, vol. 265, 0527 (2019) <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926505027>
25. Kirsanov M.N. A precise solution of the task of a bend in a lattice girder with a random number of panels // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2018. № 1 (37). С. 92-99.
26. Кирсанов М.Н. Зависимость прогиба плоской решетчатой фермы от числа панелей // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 10. С. 24-27.
27. Кирсанов М.Н., Хроматов В.Е. Моделирование деформаций плоской фермы треугольного очертания // Строительная механика и расчет сооружений. 2017. № 6 (275). С. 24-28.
28. Кирсанов М.Н., Москвин В.Г. Деформации плоской фермы с усиленной решеткой // Строительная механика и расчет сооружений. 2018. № 4 (279). С. 10-14.
29. Кирсанов М.Н. Индуктивный вывод формул для деформаций плоской решетчатой фермы // Строительство и реконструкция. 2017. № 2 (70). С. 17-22.
30. Тиньков Д.В. Индуктивный вывод формулы для горизонтального перемещения башенной конструкции// Международный научный семинар "Нелинейные модели в механике, статистике, теории поля и космологии" -GRACOS-17. Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2017. С. 249-254.
31. Rakhmatulina A.R., Smirnova A.A. Analytical calculation and analysis of planar springel truss // Строительная механика и конструкции. 2018. № 2 (17). С. 72-79.
32. Кирсанов М.Н. Аналитический метод расчета прогиба плоской фермы со сложной решеткой шпренгельного типа // Транспортное строительство. 2017. № 5. С. 11-13.
33. Кирсанов М.Н. Формулы для расчета прогиба и усилий в шпренгельной ферме с произвольным числом панелей // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. Т. 14. № 2. С. 90-95.
34. Гавриленко А.Б., Кирсанов М.Н. Аналитическая оценка жесткости шпренгельной фермы // Строительство и реконструкция. 2018. 2(76). С. 11-17.
35. Кирсанов М.Н. Вывод формулы для прогиба решетчатой фермы, имеющей случаи кинематической изменяемости // Строительная механика и конструкции. 2017. Т. 1. № 14. С. 27-30.
36. Кирсанов М.Н. Формула для прогиба и анализ кинематической изменяемости решетчатой фермы // Строительная механика и конструкции. 2017. Т. 2. № 15. С. 5-10.
37. Кирсанов М.Н. Анализ прогиба фермы с декоративной решеткой // Строительство: наука и образование. 2019. Т. 9. Вып. 1. Ст. 1. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.1.1
38. Голоскоков Д. П. Практический курс математической физики в системе Maple. СПб.: Изд-во ПаркКом, 2010. 644 с.
39. Матросов А. В. Maple 6. Решение задач высшей математики и механики. СПб: БХВ-Петербург, 2001. 528 с.
40. Осадченко Н.В. Расчёт прогиба плоской неразрезной статически определимой фермы с двумя пролётами // Постулат. 2017. № 12. С. 28.
41. Тиньков Д.В. Сравнительный анализ аналитических решений задачи о прогибе ферменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2015. №5(57). С. 66–73. doi: 10.5862/МСЕ.57.6

**РОБАСТНОСТЬ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ:
АЛГЕБРАИЧЕСКИЙ МЕТОД**

**ИНТЕРВАЛДЫК ДИНАМИКАЛЫК СИСТЕМАЛАРДЫН РОБАСТТУУЛУГУ:
АЛГЕБРАЛЫК МЕТОДУ**

Оморов Роман Оморович, д.т.н., проф., член-корр. НАН КР, г.н.с. Института физики им. акад. Ж. Жеенбаева НАН КР, 720071, г.Бишкек, пр. Чуй, 265а, e-mail: romano_ip@list.ru

Аннотация: Рассматривается алгебраический метод исследований робастной устойчивости непрерывных и дискретных интервальных динамических систем. Как известно, основоположником алгебраического направления исследований робастности интервальных систем является российский советский ученый В.Л. Харитонов. В работах В.Л. Харитонova 1978 года решены вопросы об устойчивости семейства полиномов непрерывного времени с интервальными коэффициентами. Им было установлено, что для устойчивости интервального полинома необходимо и достаточно устойчивость лишь четырех угловых полиномов семейства, которые теперь носят название полиномов Харитонova. В настоящее время получены много новых результатов в теории робастной устойчивости, это прежде всего реберная теорема и дискретные аналоги и варианты теорем Харитонova. Советскими и российскими учеными - Я.З. Цыпкиным, Б.Т. Поляком, Ю.И. Неймарком разработаны частотные критерии робастной устойчивости типа Михайлова, Найквиста, D –разбиения. В данной работе представлены оригинальные результаты, полученные автором для непрерывных и дискретных линейных интервальных динамических систем, названные *Алгебраическим методом робастной устойчивости*. Приведены основные результаты рассматриваемого метода для интервальных систем как в непрерывном, так и в дискретном времени. Сформулированы соответствующие теоремы, доказанные в работах автора, указанных в списке литературы. Для дискретных систем получен дискретный аналог теоремы Харитонova. Достоверность результатов метода апробирована на известных контрпримерах к известной теореме Биаласа и других исследователей проблем робастной устойчивости интервальных систем.

Ключевые слова: интервальная динамическая система, робастная устойчивость, интервальный характеристический полином, угловые полиномы Харитонova, интервальная матрица, сепаратные угловые коэффициенты, многогранник матриц, дискретный аналог теорем Харитонova, точка и интервал перемежаемости, контрпримеры к теореме Биаласа.

**ROBUSTNESS OF THE INTERVAL DINAMIC SYSTEMS:
ALGEBRAIC METHOD**

Omorov Roman, Doctor of Engineering, Chief Researcher the Instiute of Physics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, 720071, Kyrgyzstan, Bishkek, Chui av., 265a, e-mail: romano_ip@list.ru

Abstract: The algebraic method of researches of robust stability of continuous and discrete interval dynamic systems is considered. It is known that a founder of the algebraic direction of researches of robustness of interval systems is the Russian Soviet scientist V.L. Kharitonov. In V.L. Kharitonov's works of 1978 issues of stability of family of polynoms of continuous time with interval coefficients are resolved. To them it was established that it is necessary and sufficiently for stability

of an interval polynomial also enough stability of only four angular polynomials of family which carry the name of polynomials of Kharitonov now. Now many new results in the theory of robust stability are received, it is first of all the costal theorem and discrete analogs and versions of theorems of Kharitonov. The Soviet and Russian scientists - Ya.Z. Tsytkin, B.T. Polyak, Yu.I. Neymark developed frequency criteria of robust stability like Mikhaylov, Nyquist, by D – splittings. In this work the original results received by the author for continuous and discrete linear interval dynamic systems, called the *Algebraic method of robust stability* are presented. The main results of the considered method for interval systems both in continuous, and are given in discrete time. The corresponding theorems proved in the works of the author specified in the list of references are formulated. For discrete systems the discrete analog of the theorem of Kharitonov is received. The reliability of results of a method is approved on the known counterexamples to the known theorem of Bialas and other researchers of problems of robust stability of interval systems.

Keywords: the interval dynamic system, robust stability, interval characteristic polynomial, angular polynomials of Kharitonov, interval matrix, separate slopes, polyhedron of matrixes, discrete analog of theorems of Kharitonov, point and interval of variables, counterexamples to Bialas's theorem.

Введение. Работа В.Л. Харитонова [9] вызвала огромный интерес к проблеме исследований робастности интервальных динамических систем [1-8, 11, 13, 15, 16]. В современной теории интервальных динамических систем существуют два альтернативных направления [1, 2, 6-8]:

- алгебраическое или Харитоновское направление;
- частотное или направление Цыпкина – Поляка.

В настоящей работе рассматривается *алгебраический метод* исследования робастности как непрерывных, так и дискретных интервальных динамических систем, основы которой заложены в работах [3, 4, 15, 16].

Постановка задачи. Рассматриваются линейные динамические системы порядка n , непрерывная

$$\dot{x} = Ax, x(t_0) = x_0, \tag{1}$$

и, дискретная

$$x(m+1) = Ax(m), m = 1, 2, 3, \dots, \tag{2}$$

где $x = x(t) \in R^n$, $x(m)$ - вектора состояния, $A \in R^{n \times n}$ - интервальная матрица с элементами $a_{ij}, i, j = \overline{1, n}$, представляющие интервальные величины $a_{ij} \in [\underline{a}_{ij}, \overline{a}_{ij}]$ с угловыми значениями $\underline{a}_{ij}, \overline{a}_{ij}, \underline{a}_{ij} \leq \overline{a}_{ij}$.

Требуется определить условия робастной устойчивости систем (1) и (2).

I. Непрерывные системы

Основные результаты. В основополагающей для рассматриваемого метода работах [3, 15] получены результаты в виде строго доказанных теоремы 1 и леммы к ней о робастной устойчивости систем (1) по условиям гурвицевести четырех угловых полиномов Харитонова, составленным по последовательным сепаратным угловым коэффициентам $b_i, (\underline{b}_i, \overline{b}_i, i = \overline{1, n})$ характеристических полиномов системы (1):

$$f(\lambda) = \lambda^n + b_1 \lambda^{n-1} + \dots + b_n = 0. \tag{3}$$

Приведем эти теорему 1 и лемму.

Теорема 1. Для того чтобы положение равновесия $x=0$ системы (1) было асимптотически устойчиво при всех $A \in D$ или, чтобы интервальная матрица A была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы были гурвицевы все четыре угловые полиномы Харитонова, составленные по последовательным сепаратным угловым коэффициентам $b_i, (\underline{b}_i, \bar{b}_i, i = \overline{1, n})$ характеристических полиномов (3) системы (1).

Данная теорема доказана на основе следующей леммы.

Лемма. Сепаратные угловые коэффициенты $b_i, (\underline{b}_i, \bar{b}_i, i = \overline{1, n})$ образуются как соответствующие коэффициенты полиномов (3), либо при угловых значениях элементов $a_{ij}, i, j = \overline{1, n}$, матрицы A , либо при нулевых значениях некоторых элементов (если интервал принадлежности включает нуль).

Как нетрудно видеть из леммы, для нахождения коэффициентов $b_i, (\underline{b}_i, \bar{b}_i, i = \overline{1, n})$, в общем случае необходимо применение оптимизационных методов нелинейного программирования.

К теореме 1, доказательство которой приведено в приложениях работ [3, 15], необходимо сделать следующее уточняющее замечание.

Замечание. Из основного аргумента доказательства теоремы 1, связанного с наличием четырех угловых полиномов Харитонова следует, что при отсутствии полного множества (набора) из четырех угловых полиномов условия теоремы 1 необходимы, но могут быть недостаточны для устойчивости системы (1).

Случай соответствующий приведенному замечанию может возникнуть тогда, когда сепаратные угловые коэффициенты полиномов (3) взаимосвязаны и в итоге сужают набор угловых коэффициентов до количества менее четырех.

Справедливость доказанной теоремы 1 подтверждается аннулированием известных контрпримеров к теореме Биаласа [13].

Так, теорема 1 апробирована на различных контрпримерах теоремы Биаласа, в частности из работы [11], где рассматривается матрица

$$A = \Omega_r = \begin{bmatrix} -0.5 - r & -12.06 & -0.06 \\ -0.25 & 0 & 1 \\ 0.25 & -4 & -1 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где $r \in [0, 1]$, для которого подтверждена справедливость теоремы 1.

Но в случае матрицы $A = \Omega_r$ из [11] можно наглядно рассмотреть справедливость приведенного выше замечания к теореме 1.

Действительно, в данном случае последовательные сепаратные угловые коэффициенты образуют неполное множество угловых коэффициентов, поскольку

$$\begin{aligned} b_1 &= -\sum_{i=1}^3 a_{ij} = 1.5 + r = b_2 = \sum_{i,j=1}^3 a_{ii} a_{jj} - \sum_{i,j=1}^3 a_{ij} a_{ji}, \\ b_3 &= \sum_{i,j,k=1}^3 a_{ij} a_{jk} a_{ki} - \sum_{i,j,k=1}^3 a_{ij} a_{jk} a_{ki} - a_{11} a_{22} a_{33} = 4r + 2.06, \end{aligned} \quad (5)$$

отсюда сепаратные угловые коэффициенты:

$$\underline{b}_1 = 1.5; \bar{b}_1 = 2.5; \underline{b}_2 = 1.5, \bar{b}_2 = 2.5; \underline{b}_3 = 2.06, \bar{b}_3 = 6.06.$$

Соответственно, угловых полиномов Харитонова в данном случае будет только два

$$\begin{aligned} f_1(\lambda) &= \lambda^3 + 1.5\lambda^2 + 1.5\lambda + 2.06 = f_2(\lambda), \\ f_3(\lambda) &= \lambda^3 + 2.5\lambda^2 + 2.5\lambda + 4.06 = f_4(\lambda), \end{aligned} \quad (6)$$

т.е. полного набора 4-х угловых полиномов, указанных в работах [3, 15] не будет.

Поэтому, по угловым полиномам (6) система (1) будет всюду при $r \in [0,1]$ устойчива, хотя известно, что при $r \in [0.5 - \sqrt{0.06}, 0.5 + \sqrt{0.06}]$ эта система неустойчива.

Теорема 1 и лемма позволяют решить задачу о реберной гипотезе для многогранников матриц [1].

Известно [1], что многогранником матриц называется множество

$$P = \left\{ P_s = \sum_{i=1}^m s_i P_i : s_i \geq 0, i = \overline{1, m}, \sum_{i=1}^m s_i = 1 \right\}, \quad (7)$$

где $P_i, i = \overline{1, m}$ - постоянные матрицы.

В работе [1] сформулирована гипотеза об условиях устойчивости многогранника P (7) в следующем виде:

Гипотеза. Многогранник P устойчив тогда и только тогда, когда ребра P устойчивы, т.е. матрица

$$sP_i + (1-s)P_j, \quad (8)$$

устойчива при любых $i, j = \overline{1, m}, s \in [0,1]$.

Но в работе [12] на контрпримерах показано, что данная гипотеза неверна для строго гурвицева случая.

Противоречия в реберной гипотезе разрешены на основе следующей реберной теоремы 2, доказанной в работах [3, 15].

Теорема 2. Для устойчивости многогранника матриц P необходимо и достаточно, чтобы выпуклые ребра P были устойчивы, т.е. матрица

$$s_1 P_i + s_2 P_j, \quad (9)$$

устойчива при любых $i, j = \overline{1, m}, s_1 \in [-1,0], s_2 \in [0,1]$.

В данном случае многогранник матриц P представлен в виде:

$$P = \left\{ P_s = P_{s_1} + P_{s_2} : P_{s_1} = \sum_{i=1}^m s_{1i} P_i, P_{s_2} = \sum_{i=1}^m s_{2i} P_i : s_{1i} + s_{2i} = s_i \geq 0, i = \overline{1, m}, \sum_{i=1}^m s_i = 1 \right\}. \quad (10)$$

Справедливость теоремы 2 также подтверждается аннулированием всех известных контрпримеров из работы [12].

II. Дискретные системы

Как известно, публикация работы [9] дала импульс для поиска многими исследователями дискретных аналогов теорем Харитоновой [1, 4, 5, 7, 9, 15]. Так в работе [1] указано, что «дискретный вариант харитоновского условия четырех многочленов отсутствует». Но здесь же отмечается, что в настоящее время получены [14] дискретные аналоги слабой и сильной теорем Харитоновой. Но эти аналоги теорем Харитоновой имеют определенные ограничения, накладываемые на интервальные области коэффициентов [1]. Эти ограничения были сняты в работах [4, 5, 16], где получены аналоги теорем Харитоновой с использованием теоремы Шура [10]. Также в [4, 5, 16] сформулированы теоремы, являющиеся дискретными аналогами результатов работы [9] по интервальным матрицам и многогранникам матриц.

Далее, рассматривается обобщение результатов, полученных в работе [4, 16] с учетом выводов приведенных выше для непрерывных систем.

Основные результаты. Для дискретных систем, используя z -преобразование, получаем интервальный характеристический полином

$$f(z) = \det(zI - A) = \sum_{i=0}^n b_i z^{n-i}, \quad b_i \in [\underline{b}_i, \overline{b}_i], \quad \underline{b}_i \leq \overline{b}_i. \quad (11)$$

Для определения условий устойчивости воспользуемся теоремой Шура [10], т.е. условиями вида

$$|b_0| > |b_n|, \quad (12)$$

для последовательности полиномов, определяемых рекуррентными соотношениями

$$f_i(z) = \left[b_0 f(z) - b_n f\left(\frac{1}{z}\right) z^n \right] / z, \dots, f_{i+1}(z) = \left[b_{0,i} f_i(z) - b_{n,i} f_i\left(\frac{1}{z}\right) z^{n-1} \right] / z, \quad (13)$$

где $b_{0,i}, b_{n,i}$ - соответственно старший и младший коэффициенты i -го ($i = 1, \overline{n-2}$) полинома $f_i(z)$.

Определение. Точками перемежаемости для коэффициентов $b_i, i = \overline{0, n}$ будем называть - точки на действительной оси, в которых происходят переходы корней полинома (11), через единичную окружность на плоскости корней, а *интервалами перемежаемости* - соответственно интервалы, в которых корни находятся либо внутри, либо вне единичного круга (рис.1).

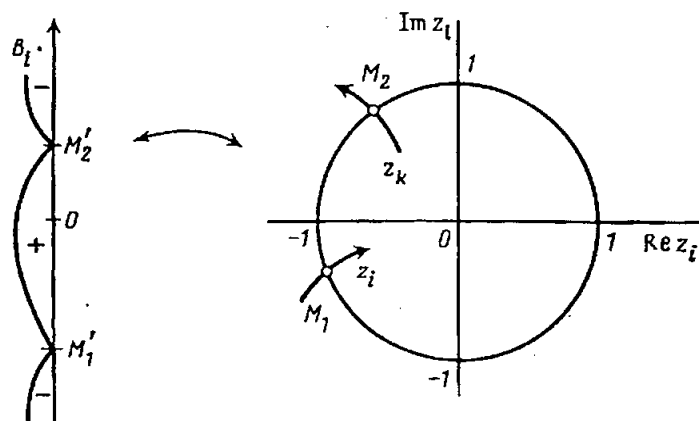


Рис. 1. Точки (M_1', M_2') и интервалы перемежаемости $(-\infty, M_1')^-$, $(M_1', M_2')^+$, $(M_2', +\infty)^-$ - для коэффициента b_i

В работах [4, 16] сформулированы основные результаты по определению условий робастной устойчивости дискретных интервальных систем в виде соответствующих теорем 1-6. При этом следует отметить, что, как указано выше на с.3, для случая непрерывных систем [3, 15], справедливость *теоремы 5* имеет ограничение обусловленное *Замечанием* к теореме 1 работ [3, 15], т.е. *теорема 5* верна при полном наборе из 4-х различных полиномов Харитонова.

Справедливость результатов [4, 5, 16] относительно аналога сильной теоремы Харитонова продемонстрированы на известных контрпримерах из [1] и др.

Таким образом, алгоритм определения робастной устойчивости дискретных интервальных динамических систем будет следующим.

1. Пользуясь формулами леммы к теореме 1 [3, 15], оптимизацией по элементам

$a_{ij} \in [\underline{a}_{ij}, \overline{a}_{ij}], i, j = \overline{1, n}$, интервальной матрицы A , находятся сепаратные угловые

коэффициенты $b_i \in [\underline{b}_i, \overline{b}_i], i = \overline{0, n}$, интервального характеристического полинома (11).

2. Определяются четыре полинома Харитонова, соответствующие интервальному полиному (11)

$$f_1(z) : \{\underline{b}_0, \underline{b}_1, \underline{b}_2, \underline{b}_3, \underline{b}_4, \dots\}; f_2(z) : \{\underline{b}_0, \bar{b}_1, \bar{b}_2, \underline{b}_3, \underline{b}_4, \dots\};$$

$$f_3(z) : \{\bar{b}_0, \underline{b}_1, \underline{b}_2, \bar{b}_3, \underline{b}_4, \dots\}; f_4(z) : \{\bar{b}_0, \bar{b}_1, \underline{b}_2, \underline{b}_3, \bar{b}_4, \dots\};$$

3. Составляются n неравенств вида (П.2), указанных в Приложении работы [4].

4. Относительно каждого коэффициента $b_i, i = \overline{0, n}$, считая остальные коэффициенты фиксированными, последовательно находятся точки перемежаемости для всех четырех полиномов Харитонова и по всем n неравенствам (см. п.3), начиная с меньших порядков.

5. Если все точки перемежаемости по всем коэффициентам $b_i, i = \overline{0, n}$, не принадлежат заданным интервалам, то исходный полином (система) устойчив, в противном случае – неустойчив.

В **заключении** к данной работе рассмотрим некоторые сравнительные характеристики изложенных здесь результатов и известных результатов, полученных в работах широко известных авторов алгебраического направления проблемы робастной устойчивости [1, 2, 7, 8, 11-14].

В работах [1, 7] представлены обзоры и постановки задач робастной устойчивости, которые были вызваны известной работой В.Л.Харитонова [9].

В работе Б.Т.Поляка, П.С.Щербакова [8] предложено понятие сверхустойчивости линейных систем управления. При этом сверхустойчивые системы обладают свойствами выпуклости, допускающими простые решения многих классических задач теории управления, в частности, задачи робастной стабилизации при матричной неопределенности. Но существенным ограничением таких систем является практическая узость их класса, определяемого условиями наличия доминирующих диагональных элементов матрицы системы с отрицательными величинами. В данной работе рассматриваются матрицы общего вида.

В работе В.М.Кунцевича [2] получены интересные результаты по робастной устойчивости для линейных дискретных систем. При этом матрица системы задается в классе сопровождающих характеристический полином системы, т.е. в Фробениусовой форме, что также сужает класс рассматриваемых реальных систем.

В работах В.Р.Вармиш и др. [11,12] предложены контрпримеры к теореме Биаласа [13], которые аннулированы в работах [3, 15].

В работах М.Мansour и др. [14] получены дискретные аналоги слабой и сильной теорем Харитонова [9], которые имеют ограничения, накладываемые на интервальные области коэффициентов или применяется [1, 4, 5, 16] непрямая процедура проектирования корней полиномов на отрезок [-1, 1].

Список литературы

1. Джюри Э.И. Робастность дискретных систем //Автоматика и телемеханика. 1990. №5. - С.4-28.
2. Кунцевич В.М. Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации. – Киев: Наук. думка, 2006. – 264 с.
3. Оморов Р.О. Робастность интервальных динамических систем. I.Робастность непрерывных линейных интервальных динамических систем//Теория и системы управления. 1995. №1. - С.22-27.
4. Оморов Р.О. Робастность интервальных динамических систем. II.Робастность дискретных линейных интервальных динамических систем//Теория и системы управления. 1995. №3. - С.3-7.
5. Оморов Р.О. О дискретном аналоге теоремы Харитонова //Наука и новые технологии, 2002, №3. - С. 5-10.

6. Оморов Р.О. Робастная устойчивость интервальных динамических систем. – Бишкек: Илим, 2018. – 104 с.
7. Поляк Б.Т., Цыпкин Я.З. Робастная устойчивость линейных систем// Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. Т.32. - М.: ВИНТИ, 1991. – С. 3-31.
8. Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Сверхустойчивые линейные системы управления. I. Анализ // Автоматика и телемеханика. 2002. № 8. - С. 37-53.
9. Харитонов В.Л. Об асимптотической устойчивости положения равновесия семейства систем линейных дифференциальных уравнений // Дифференц. уравнения. 1978. Т.14. № 11. - С. 2086-2088.
10. Цыпкин Я.З. Теория импульсных систем. – М.: Физматгиз, 1958. – 724 с.
11. Barmish B.R., Hollot C.V. Counter-example to a recent result on the stability by S. Bialas // Int. J. Control. 1984. V.39. №5. – P. 1103-1104.
12. Barmish B.R., Fu M., Saleh S.// Stability of a polytope of matrices:. Counterexamples // IEEE Trans. Automatic. Control. 1988. V.AC-33. №6. – P. 569-572.
13. Bialas S. A necessary and sufficient condition for stability of internal matrices// Int. J. Control 1983. V.37.№4.- P. 717-722.
14. Kraus F.J., Anderson B.D.O., Jury E.I., Mansour M. On the robustness of low order Shur polynomials // IEEE Trans. Circ. Systems. 1988. – V. CAS-35, N5.
15. Omorov R.O. Robustness of Interval Dynamic Systems. I. Robustness in Continuous Linear Interval Dynamic Systems // Journal of Computer and Systems Sciences International. 1996. T. 34. No 3. – P. 69-74.
16. Omorov R.O. Robustness of Interval Dynamic Systems. II. Robustness of Discrete Linear Interval Dynamical Systems // Journal of Computer and Systems Sciences International. 1996. T. 34. No 4. – P. 1-5.

УДК 532.546

АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБТЕКАНИЯ ДВУМЕРНЫХ ОТРЫВНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ПАКЕТЕ OPENFOAM

Жайнаков А. Ж.,¹Институт горного дела и горных технологий им. У. И. Асаналиева Кыргызского государственного технического университета им. И. Разакова, Бишкек, Кыргызстан, jainakov-41@mail.ru
Калмурзаева А. Т.,²Кызыл-Кийский педагогический институт Баткенского государственного университета г. Кызыл-Кия, Кыргызстан, anira.kalmurzaeva.80@mail.ru ,
Турганбаева А.Б.,³Ошский гуманитарно-педагогический институт, г. Ош, Кыргызстан, mir_ayka@mail.ru

Аннотация. В статье представлены численные результаты моделирования обтекания двумерного холма турбулентным потоком жидкости. Рассмотрены различные модели турбулентности и изучено влияние входных параметров на характеристики потока вокруг холма. Одним из важных аспектов, который был проверен, является способность решателя воспроизводить рециркуляцию. Проведено сравнение численных профилей скорости в различные сечения с соответствующими данными из экспериментов и получено удовлетворительное согласие. Кроме того, выполнена проверка зависимости численных результатов от плотности расчетной сетки.

THE ALGORITHM OF MODELLING OF TWO DIMENSIONAL RECIRCULATING FLOWS USING OPENFOAM

Zhainakov A. Zh., U. I. Asanaliev Institute of Mining and Mining Technologies of the I. Razakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyzstan jainakov-41@mail.ru

Kalmurzaeva A.T., Kyzyl-Kya Pedagogical Institute of Batken of State University, Kyzyl-Kya, Kyrgyzstan, anipa.kalmurzaeva.80@mail.ru

Turganbaeva A. T., Osh Humanitarian Pedagogic Institute Osh, Kyrgyzstan, mir_ayka@mail.ru

Annotation. The article presents the numerical results of modeling a turbulent flow of water around a two-dimensional hill. Various models of turbulence are considered and the influence of input parameters on the flow characteristics around the hill is studied. One important aspect that has been tested is the ability of the solver to reproduce recirculation zone. Comparison of the numerical velocity profiles at various different cross sections with the corresponding data from the experiments was carried out and satisfactory agreement was obtained. In addition, the verification of the dependence of the numerical results on the density of the computational grid was performed.

Введение. В данной работе рассмотрена одна из надежных моделей турбулентности, которая будет использоваться для моделирования обтекания простых поверхностей рельефа в атмосферном пограничном слое с низкими вычислительными ресурсами. Эта модель турбулентности способна воспроизводить сложные особенности потока, которые нельзя выделить с помощью традиционных моделей RANS. Чтобы определить оптимальную модель турбулентности, была апробированы несколько вариантов традиционной $k-\varepsilon$ - модели.

Целью работы было примененные выбранной модели турбулентности для численного моделирования обтекания холма двухмерной полиномиальной формы, установленного на плоской пластине с образованием области рециркуляции в подветренной стороне холма. Численное моделирование реализованная в открытом программном обеспечении OpenFOAM [1] с использованием решателя simpleFoam. Кроме того, при моделировании особое внимание уделено к построению вычислительной сетки с оптимальными характеристиками. Численное моделирование воспроизводило экспериментальную установку тестового примера C18 из Европейского исследовательского сообщества «Поток, турбулентность» [2, case 18].

Постановка задачи. Геометрия задачи приведена на рис. 1. Этот тестовый пример относится к двухмерной модели холма, установленной на дне канала на плоской пластине с областью рециркуляции. Поток воздуха поступает в канал слева, а выходит справа. В экспериментальной работе [3] измерены скорость и кинетическая энергия турбулентности с использованием метода лазерной доплеровской анемометрии в полностью развитом турбулентном потоке. Высота канала составляла $H = 170$ мм, а максимальная высота и длина холма составляли $h_{\max} = 28$ мм и $2R = 108$ мм соответственно (см. рис. 1). Рабочей жидкостью является вода с кинематической вязкостью $\nu = 1 \times 10^{-6}$ м²/с. Число Рейнольдса, рассчитанное через среднюю скорость $u_0 = 2,147$ м/с и h_{\max} было равно 60 116.

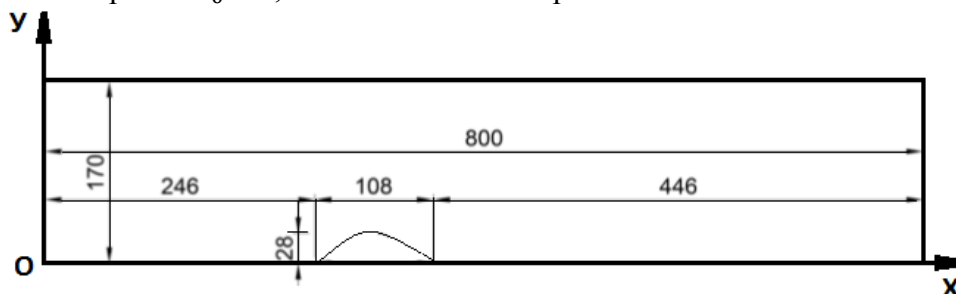


Рис. 1. Геометрия одиночного холма и оси координат.

Математическая модель. В качестве исходных уравнений для описания стационарных турбулентных течений использовалась система осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, которая для несжимаемого течения при отсутствии массовых сил имеет вид [4, с. 293]:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \bar{u}_i) = 0; \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \bar{u}_i \bar{u}_j + \overline{\rho u'_i u'_j}) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial \bar{\tau}_{ij}}{\partial x_j} \quad (1)$$

где \bar{u}_i – компоненты средней скорости, ρ – плотность, \bar{p} – среднее давление, $\bar{\tau}_{ij} = \mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right)$ – тензор вязких напряжений, μ – молекулярная вязкость, а $\overline{\rho u'_i u'_j}$ – напряжения Рейнольдса.

Численная модель. Граничные условия. Метод решения численных уравнений.

Для дискретизации расчетной области (рис. 1) и систем нелинейных уравнений (1) применяется метод контрольных объемов [5, с. 24]. Расчетную область разбивают на некоторое число непересекающихся гексаэдрических контрольных объемов таким образом, что каждая узловая точка содержится в одном контрольном объеме. Дифференциальное уравнение интегрируют по каждому контрольному объему. Для вычисления интегралов используют кусочные профили, которые описывают изменение искомой величины между узловыми точками. В качестве начальных условий во внутренних узлах расчетной сетки для скорости и давления заданы величины $u=0$ м/с $p=0$ Па. Как известно, для стационарного течения нет необходимости задания начальных условий. Однако, в пакете OpenFOAM, определение начальных полей скорости и давление является обязательным [1]. Предполагается, что турбулентность на входе является изотропной, а флуктуации скорости составляют 5% от средней скорости. На входе в канал кинетическая энергия турбулентности определяется по интенсивности турбулентности потока, а скорость диссипации кинетической энергии турбулентности вычисляется по соотношению:

$$\varepsilon = C_\mu^{3/4} k^{3/2} / L$$

где L – характерный линейный входной размер канала, который равен 5 % входной ширины канала.

На выходе из камеры продольные градиенты всех искомым переменных, кроме давления, полагаются равными нулю. Гидродинамические граничные условия на твердых стенках канала для турбулентных величин ставились при помощи аппарата пристеночных функций, позволяющих снести граничные условия непосредственно со стенок в первый от стенки сеточный узел [6, с. 276].

Численное решение систем нелинейных уравнений проведено с помощью приложения simpleFoam пакета OpenFOAM, которое предназначено для стационарных турбулентных течений и использует известный алгоритм сопряжения скорости и давления SIMPLE[5, с. 84].

Для повышения устойчивости итерационного метода решения взаимосвязанных и нелинейных алгебраических уравнений, использовались следующие коэффициенты нижней релаксации 0,7 для $U, k, \varepsilon, \omega$ и 0,3 для p . Относительная ошибка сходимости итераций для всех рассматриваемых переменных была равной $\varepsilon = 10^{-4}$.

Результаты численных расчетов и их обсуждения.

Параметры применяемых моделей турбулентности приведены в таблице 1.

Таблица. 1. Коэффициенты модели турбулентности.

к-ε-модель		C_μ	$C_{1\varepsilon}$	$C_{2\varepsilon}$	σ_k	σ_ε
1	Стандарт	0,09	1,44	1,9	1,0	1,3
2	Realizable	0,09	1,44	1,9	1,0	1,2
3	RNG	0,033	1,176	1,92	1,0	1,3
4	Монин-Обухов	0,033	1,176	1,92	1,0	1,3
5	Атмосферный пограничный слой	0,0256	1,13	1,9	0,74	1,3

В расчетах использованы 4 разных сеток (см. рис. 2).

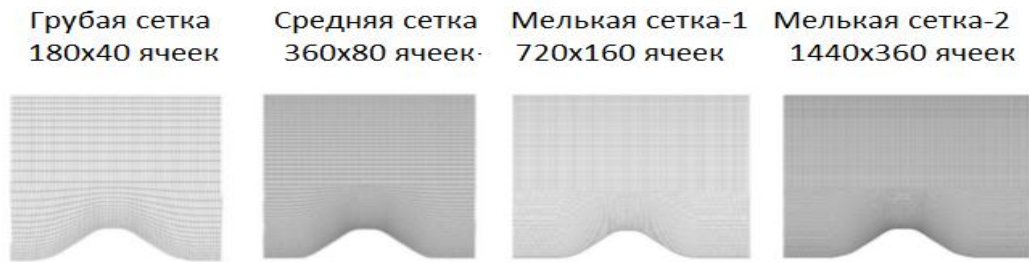


Рис. 2. Расчетные сетки с разными числами ячеек.

На рис. 3 приведено распределение поля вектора скорости для стандартной k-ε-модели турбулентности. Видно, что перед холмом происходит торможение потока, по мере приближения к вершине холма скорость возрастает, а за холмом имеется рециркуляционная зона.

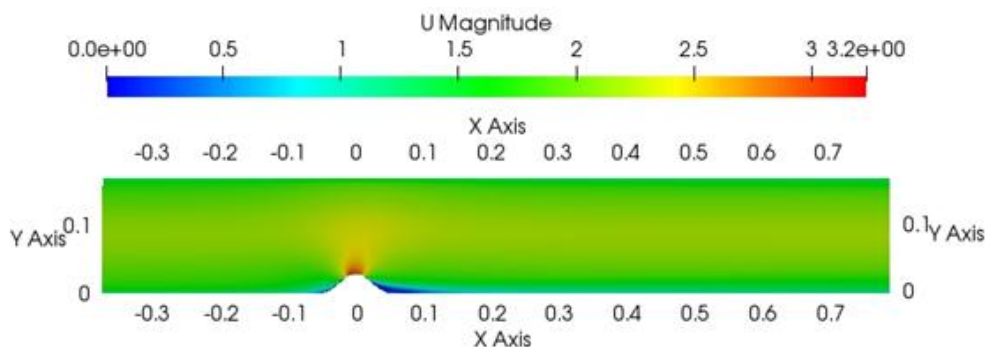


Рис. 3. Поле вектора скорости.

На следующих рисунках приведено сравнение численных значений продольной скорости (рис.4) и кинетической энергии турбулентности (рис. 5) в сечении $x = 90\text{мм}$.

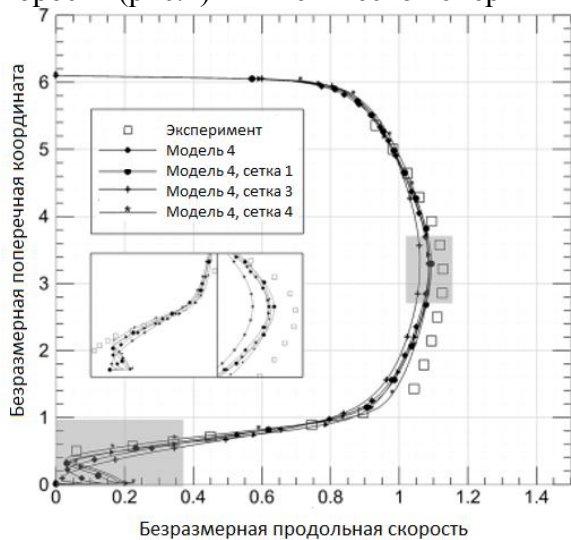


Рис. 4. Профили продольной скорости

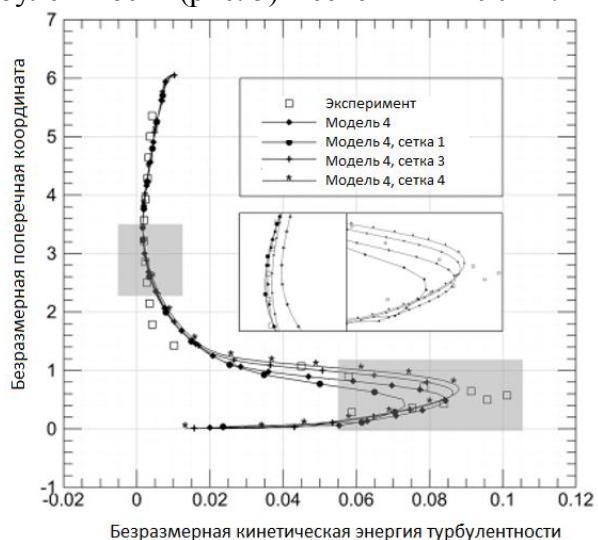


Рис. 5. Профили энергии турбулентности.

Продольная скорость представлена в единицах u_0 , кинетическая энергия турбулентности разделена на величину u_0^2 , а поперечная координата разделена на величину h_{max} . Из рисунков 4-5 видно, что наилучшее совпадение с экспериментальными данными соответствует для расчетной сетки 4 с общим числом $1440 \times 360 = 518400$ ячеек.

Заключение.

В работе было протестировано 5 различных моделей турбулентности на основе модели $k-\epsilon$, с использованием различных сеток. Сравнение распределений скорости и турбулентной кинетической энергии показало, что модель турбулентности $k-\epsilon$ Мони́на-Обухова приводит к численным результатам, которые наилучшим образом согласуются с экспериментальными измерениями. Было проверено несколько сеток, чтобы установить зависимость решения от сетки. Более грубые и более мелкие расчетные сетки были проверены с помощью модели турбулентности $k-\epsilon$ Мони́на-Обухова. Цель работы состояла в том, чтобы увидеть, какая сетка приводит к численным результатам, которые хорошо согласуются с экспериментом, в то время как численное моделирование остается экономически эффективным с точки зрения вычислительных ресурсов. Было установлено, что оптимальная сетка - это та, которая уточняется дважды по сравнению со стандартной.

Литература:

1. OpenFOAM user guide. Version 6. <https://cfd.direct/openfoam/user-guide/>.
2. <http://cfd.mace.manchester.ac.uk/ercoftac/>.
3. G. P. Almeida, D. F. G. Durao and M. V. Heitor, "Wake flows behind two dimensional model hills", Exp. Thermal and Fluid Science, vol. 7(1), 87-101, 1992.
4. Ferziger J.H., Peric M. Computational Methods for Fluid Dynamics // Springer Verlag, 2002, 423 p.
5. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с англ. –М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152с.
6. Versteeg H. K., Malalasekera W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics // Edinburg: Pearson Education Limited, 2007, 517p.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ
МЕТОДОМ КРУПНЫХ ВИХРЕЙ**

А.Ж.Жайнаков, Институт горного дела и горных технологий им. У. И. Асаналиева Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан, jainakov-41@mail.ru

А. Б. Курбаналиев, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, kurbanaliev@rambler.ru

С. С. Акназарова, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, saknazarova@list.ru

А. Т. Калмурзаева, Кызыл-Кийский педагогический институт Баткенского государственного университета, г. Кызыл-Кия, Кыргызстан, anira.kalmurzaeva.80@mail.ru

Аннотация. В области вычислительной гидродинамики моделирование турбулентных течений жидкости и газа по-прежнему является наиболее актуальной задачей. В данной работе представлены численные результаты моделирования некоторых турбулентных течений методом крупных вихрей. Результаты моделирования включают нестационарный анализ сложных потоков, такие как вихревая динамика турбулентных струй, подверженных входным возмущениям.

Ключевые слова: Численное моделирование, вычислительная гидродинамика, модели турбулентности, Метод крупных вихрей.

LES MODELLING OF TURBULENT FLOWS

A. Zh. Zhainakov, Asanaliev Institute of Mining and Mining Technologies of the Razzakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyzstan, jainakov-41@mail.ru

A. I. Kurbanaliev, Osh state university, Osh, Kyrgyzstan, kurbanaliev@rambler.ru

S. S. Aknazarova, Osh state university, Osh, Kyrgyzstan, saknazarova@list.ru

A. T. Kalmurzaeva, Kyzyl-Kya Pedagogical Institute of Batken of State University, Kyzyl-Kya, Kyrgyzstan, anipa.kalmurzaeva.80@mail.ru

Annotation. In the field of computational hydrodynamics, the modeling of turbulent flows of liquid and gas is still the most urgent problem. This paper presents the numerical results of modeling some turbulent flows using the large eddy simulation method. The simulation results include non-stationary analysis of complex flows, such as vortex dynamics of turbulent jets, with input disturbances.

Keywords: Numerical simulation, computational fluid dynamics, turbulence models, Large eddy method.

Введение. Вклад вычислительной гидродинамики в развитии различных областей науки и техники представляется особенно многообещающим в XXI веке в качестве основы для развития технологий, социальной безопасности жизни и сохранения окружающей среды. При этом появляется острая необходимость в разработке программного обеспечения следующего поколения для высокопроизводительных вычислительных систем. Для продолжения исследований и разработок в области динамики жидкостей необходима новая инновационная технология, которая может хорошо адаптироваться к строгим требованиям и мировым стандартам, предъявляемым в последнее время к проблемам окружающей среды и энергетики. С этой целью была исследована оптимизация конструкции для множества сложных условий, чтобы помочь в разработке ключевой технологии, основанной на изучении трехмерных нестационарных особенностей в потоках жидкости. Этот метод будет использоваться не только для фундаментальных исследований, но и для практического применения. Последние инновационные компьютерные технологии позволили добиться значительных успехов в области компьютерной инженерии, которая обеспечивает более реалистичное численное моделирование и визуализацию и может быть применена к трехмерному нестационарному анализу турбулентных потоков жидкости детальным и простым способом [3].

В данной работе представлены численные результаты моделирования методом крупных вихрей турбулентного течения в прямоугольном канале с постоянным поперечным сечением. Целью работы было сравнение возможностей различных вариантов метода моделирования крупных вихрей: k-модели с одним уравнением [5, с. 104], модель Смагоринского [5, с. 102] и модель Спаларта-Аллмараса. Результаты моделирования включают нестационарный анализ сложных потоков, такие как вихревая динамика турбулентных струй, подверженных входным возмущениям. В целях проверки достоверности численных результатов проведено сравнение с данными прямого численного моделирования работы [2], где выполнено численное решение полных нестационарных уравнений Навье–Стокса и уравнения неразрывности с учетом всех характерных особенностей рассматриваемого течения без необходимости применения дополнительного моделирования. Для численных расчётов использовался открытый пакет OpenFOAM 6 [4].

Математическая модель. Нестационарное турбулентное течение несжимаемой жидкости с постоянной вязкостью при отсутствии массовых сил, описывается следующими осредненных по пространству уравнениями Навье–Стокса [5, с. 100]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\bar{\mathbf{u}}) = 0$$

$$\frac{\partial(\rho \bar{\mathbf{u}})}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \bar{\mathbf{u}} \bar{\mathbf{u}}) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x} + \mu \operatorname{div}(\operatorname{grad}(\bar{\mathbf{u}})) - (\operatorname{div}(\rho \bar{\mathbf{u}} \bar{\mathbf{u}}) - \operatorname{div}(\rho \bar{\mathbf{u}} \bar{\mathbf{u}}))$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho\bar{v})}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho\bar{v}\bar{\mathbf{u}}) &= -\frac{\partial\bar{p}}{\partial y} + \mu\operatorname{div}(\operatorname{grad}(\bar{v})) - (\operatorname{div}(\rho\bar{v}\bar{\mathbf{u}}) - \operatorname{div}(\rho\bar{u}\bar{v})) \\ \frac{\partial(\rho\bar{w})}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho\bar{w}\bar{\mathbf{u}}) &= -\frac{\partial\bar{p}}{\partial z} + \mu\operatorname{div}(\operatorname{grad}(\bar{w})) - (\operatorname{div}(\rho\bar{w}\bar{\mathbf{u}}) - \operatorname{div}(\rho\bar{w}\bar{\mathbf{u}})) \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь компоненты отфильтрованной скорости обозначены через \bar{u} , \bar{v} , \bar{w} , а \bar{p} – отфильтрованное давление, μ – динамическая вязкость жидкости, Влияние турбулентных пульсаций на характеристики среднего течения производится на основе LES модели турбулентности [5, с. 66].

Численная модель. Метод контрольного объема [6, с. 24] применяется для дискретизации всей расчетной области, которая разбивается на конечное число непересекающихся между собой контрольных объемов гексаэдрической формы. При этом в каждом одном контрольном объеме содержится толка одна узловая точка. Затем система дифференциальных уравнений интегрируется по каждому контрольному объему. Для вычисления интегралов используют линейно-кусочные профили, описывающие изменение искомой величины между узловыми точками. Кинетическая энергия турбулентности и скорость её диссипации имеют некоторые малые значения, которые обеспечивают хорошую сходимость численного решения на первых шагах интегрирования.

Начальные и граничные условия. Так как при моделировании методом крупных вихрей решается нестационарная система уравнений Навье-Стокса, то необходимо задание подходящих начальных и граничных условий [5, с. 106]. Для стационарных течений начальное состояние потока определяет только продолжительность времени, необходимого для достижения стационарного состояния, и обычно достаточно указать начальное поле течения, которое обычно предполагает сохранение массы с правильным уровнем турбулентности. Если развитие зависящего от времени потока зависит от его начального состояния, необходимо указать начальные условия более точно, используя данные из других источников, например, из результатов прямого численного моделирования и с эксперимента.

Граничные условия на твердых стенках канала для турбулентных величин ставились при помощи аппарата пристеночных функций, позволяющих снести граничные условия непосредственно со стенок в первый от стенки сеточный узел [1, с. 276].

Задание граничных условий на входе в расчетную область очень сложно, в силу того факта, что входные свойства потока влияют на поля течения вниз по потоку. Поэтому неправильное определения входных граничных условий часто приводит к ухудшению качества полученных численных результатов. В данной работе использован простейший метод - указаны экспериментально измеренные распределения поле средней скорости с наложенными случайными возмущениями Гаусса с правильной интенсивностью турбулентности. Более подробно о других методах задания входных граничных условий можно получить из [5, с. 106]. На выходе из канала продольные градиенты всех искомых переменных, кроме давления полагаются равными нулю.

Численное решение систем нелинейных уравнений проведено с помощью приложения pisoFoam пакета OpenFOAM, которое предназначено для нестационарных турбулентных течений и использует известный алгоритм сопряжения скорости и давления PISO [5, с. 193, 1, с. 176, с. 195]. Относительная ошибка сходимости итераций для всех рассматриваемых переменных была равной $\varepsilon = 10^{-5}$.

Постановка задачи. Рассмотрим полностью развитое несжимаемое турбулентное течение в квадратном канале (см. рис. 1). Прямоугольный канал имеет длину $L = 4\text{м}$, ширину $D = 2\text{м}$ и высоту $D = 2\text{м}$.

При моделировании методом крупных вихрей, крупные вихри рассчитываются, а мельчайшие вихри подсеточного масштаба моделируются. Основной предпосылкой такого подхода является то, что наибольшие вихри несут максимум реинольдсовых напряжений и должны быть рассчитаны. Мелкие же вихри содержат невысокие значения реинольдсовых напряжений, кроме того, мелкомасштабная турбулентность близка к изотропной и имеет в большей степени подающиеся моделированию близкие к универсальным характеристикам.

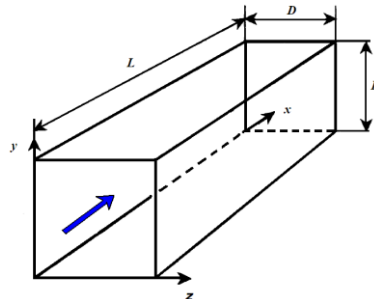


Рис. 1. Геометрия рассматриваемой задачи.

Обсуждение численных результатов. Сравнение результатов моделирования для средней линии канала с результатами прямого численного моделирования работы [2] приведено на рис. 2. Сравнение произведено для средней скорости, напряжения вязкого сдвига и Рейнольдса. При этом эти величины были нормированы следующим образом. Скорость разделена на величину $U_0 = \frac{1}{\delta} \int_0^{\delta} \langle U \rangle dy$, где $\langle U \rangle$ – осредненная по времени скорость, $\delta = D/2$.

Вязкие напряжения отнесены на величину $\rho v \frac{d \langle U \rangle}{dy}$, где v – представляет собой флуктуацию скорости в направлении оси y . Напряжения Рейнольдса представлены в единицах $\rho \langle uv \rangle$, где u – флуктуация скорости в направлении оси x . Таким образом, полные напряжения сдвига равны сумме вязких напряжений и напряжений Рейнольдса.

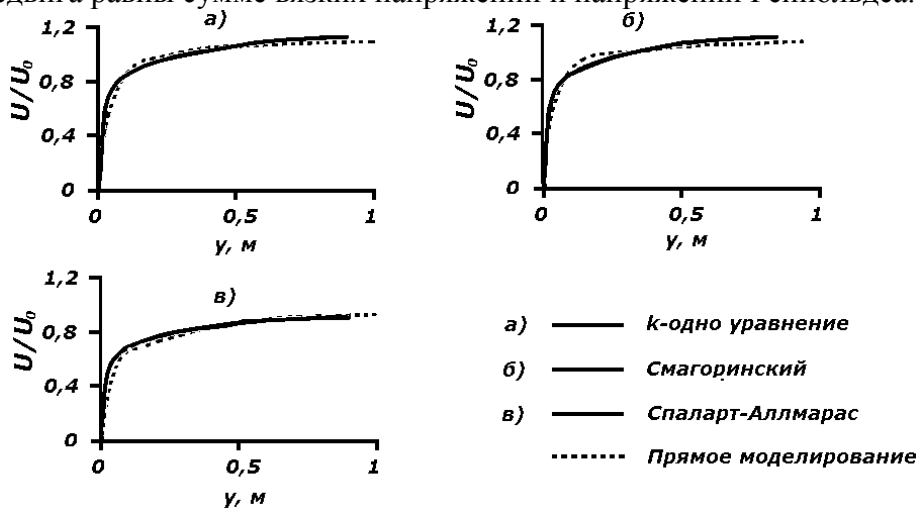


Рис. 2 Сравнение профилей средней скорости.

Из рис. 2 видно, что, хотя все три модели турбулентности дают одинаковые результаты по профилям средней скорости, более хорошее совпадение дает модель Спарлата–Аллмараса. Остальные две модели во внутреннем слое при $y < 0,1$ м дают меньшие, во внешнем слое, при $y > 0,2$ м вплоть до $y = 0,5$ м, завышенные значения скорости. После этого момента обе модели дают заниженные значения скорости.

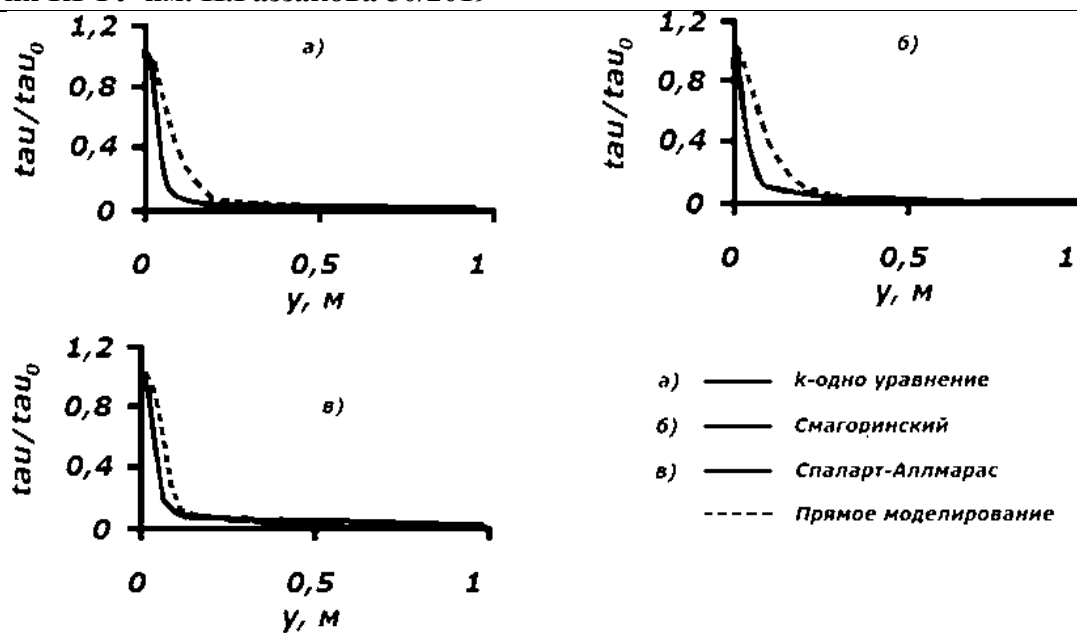


Рис. 3. Сравнение вязких напряжений.

Как видно из рис. 3, все три модели одинаково повторяют характер изменения вязких напряжений, хотя численные значения вязких напряжений несколько завышены.

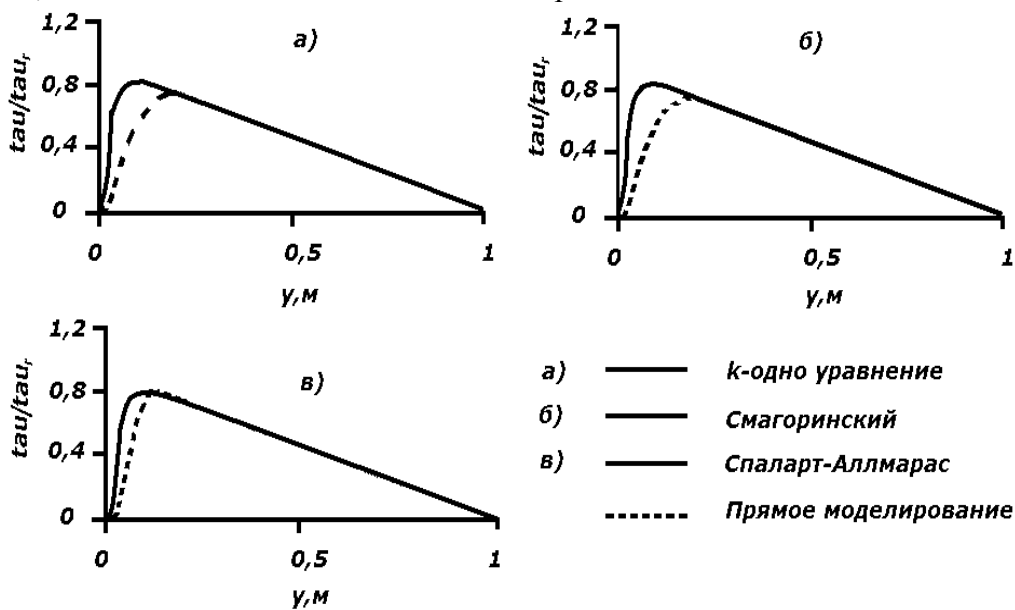


Рис.4. Сравнение напряжений Рейнольдса.

В случае использования моделирования методом крупных вихрей, наибольшие вихри рассчитываются, а мелкие вихри, размеры которых меньше линейных размеров расчетной сетки моделируются. Это основано на том факте, что большим вихрям соответствуют наибольшие значения напряжений Рейнольдса и поэтому они рассчитываются. А вихрям малых размеров соответствуют малые значения напряжений Рейнольдса, турбулентность такого малого масштаба обычно является изотропной и их можно легко моделировать.

Выводы. Здесь представлены численные результаты моделирования некоторых турбулентных течений методом крупных вихрей. Результаты моделирования включают нестационарный анализ сложных потоков, такие как вихревая динамика турбулентных струй, подверженных входным возмущениям. По результатам численных расчетов с использованием различных вариантов метода моделирования крупных вихрей, можно сказать, что модель

Спаларта–Аллмараса дает приемлемые результаты для моделирования рассматриваемого класса течений.

Список литературы

1. Ferziger J.H., Peric M. Computational Methods for Fluid Dynamics // Springer Verlag, 2002. 423 p.
2. Kim J., Moin P., Moser R. Turbulence statistics in fully developed channel flow at low Reynolds number. //Journal of Fluid Mechanics. –1987. –Vol.177. – P.133–166.
3. Kobayashi T. Large Eddy simulation for engineering applications. Fluid Dynamics Research 38 (2006) 84–107.
4. OpenFOAM user guide. Version 6. <https://cfd.direct/openfoam/user-guide/>.
5. Versteeg H. K., Malalasekera W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics // Edinburg: Pearson Education Limited, 2007.517p.
6. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с. англ. –М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152с