

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 1811-1858

№ 3 (2019)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВОО постановке на учет, переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 17022-Ж

выдано

Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Тематическая направленностьпубликация материалов в области электроэнергетики, электротехнологии,
автоматизации, автоматизированных и информационных систем,
электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Нефтисов А. В., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Шапкенов Б. К., *к.техн.н., профессор***Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Алиферов А. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
 Боровиков Ю. С., *д.т.н., профессор (Россия)*
 Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
 Горюнов В. Н., *д.т.н., профессор (Россия)*
 Говорун В. Ф., *д.т.н., профессор*
 Бороденко В. А., *д.т.н., профессор*
 Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
 Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
 Марковский В. П., *к.т.н., доцент*
 Хацевский В. Ф., *д.т.н., профессор*
 Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

МАЗМҰНЫ

Абдикулова З. К., Шырынбекова Б. Ж., Жапаров Е. О. Электромагниттік индукция құбылысын іс жүзінде қолдану	14
Айбульдинов Е. К., Колпек А. К., Рамазанова Н. А., Мырзин В. А. Инновациялық құрылыс материалдарын өндіру үшін энергетикалық өнеркәсіптік қалдықтарын пайдалану	23
Айсаяев С. Ұ., Шарипов Е. А. Мұнай өндірісіндегі құбырлардың сенімділігін анықтау	34
Айтмағамбетов А. З., Кулакаева А. Е., Кожаметова Б. А., Жаксылық А. Ғарыштық радиомониторинг үшін радиосәулелену көздерінің орналасуын анықтау алгоритмдер	41
Аканова А. С., Оспанова Н. Н. Жасанды нейрожелі арқылы өсімдіктерді тану	51
Ақуов А. М., Келаманов Б. С., Самуратов Е. К., Жумағалиев Е. У., Қуантаева М. Т. CaO-MgO-SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -Cr ₂ O ₃ жүйесіндегі фазалық тепе-теңдіктер	60
Альчинбаева О. З., Алымов Н. Виртуальды ортада сигнал күшейткішінің моделін құрып оқыту	72
Амиров А. Ж., Сейпишева Э. К., Хасен Д. С. 3D модельдеуді зерттеу және дамыту	86
Арынгазин К. Ш., Карпов В. И., Акишев К. М. Техногенді қалдықтарды пайдалана отырып, құрылыс бұйымдарын өндірудің технологиялық жүйесінің құрылымдық-функционалдық моделін әзірлеу	95
Ахмедов К. М., Олейник А. И., Ткенов Ш. А. Жұмсақ шатырды күшейту деформациясын сандық зерттеу	107
Бекеева С. А., Еселханова Г. А., Кантарбаева А. Д., Князов Е. Ж. Кәсіби қауіпсіздікті және кепілдік тәуекелдері барлығына қатысуға арналған өнеркәсіптік ақаулықтарды зерттеу нәтижесі	115
Булатбаева Ю. Ф., Булатбаев Ф. Н., Лисицын Д. В., Нурмағамбетов Е. Б., Юсупов Т. С., Шакилдек Е. Е. Трансформаторлардағы негізгі жүктеме қосылыстарының асимметриясынан белсенді қуат шығындарының мәндерін анықтау	123
Булатбаев Ф. Н., Каюмов Д. И., Булатбаева Ю. Ф. Көше жарықтандыруға арналған автоматты бақылау жүйелерін дамыту	136
Грищенко В. Ф., Төлөндіұлы С., Нұрланқызы А. Төмен орбиталық ғарыш аппараттарының борттық электронды аппаратураларының жады модульдерінің істен шығу қарқындылығын есептеу	149

Денчик А. И., Мусина Ж. К., Ткачук А. А. Өндірістің конструкторлық-технологиялық дайындығының негізгі белгілерін факторлық талдау	161
Дюсенов К. М., Садыкова С. Б., Картаджанов Н. Р., Шапкенов Б. К. Автономды жылыту жүйелері үшін кавитациялық технологияларды пайдаланудың тиімділігінің кейбір мәселелері	173
Есхожин Д. З., Ахметов Е. С., Есхожин К. Д. Ұрыштың айнымалы жылдамдықпен қозғалысында бастырғыш барабан динамикасының кейбір сұрақтары	182
Жандарбекова А. М., Машекенова А. Х., Хамза С. Қ. Жұмыс режимінің тиімділігін талдау бағдарлам объектілерін	195
Жолдангарова Г. И., Байкенова Н. Б., Анарбаев А. Е. Дамыған елдердегі кәсіпорындардың қаржылық тұрақтылығын басқарудағы шетелдік тәжірибе	202
Зарипов Р. Ю., Тоқтағанов Т. Т., Сембаев Н. С., Имангазинова Д. Б. Мал шаруашылығы қалдықтарынан отын брикеттерін алу	217
Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П., Шаймерденов А. Т., Русланов Р. Р., Тұрлыбек Е. Б. Статикалық сүзгіш орнын толтыратын құрылымдарымен кернеу сапа сын жақсарту	228
Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П., Шаймерденов А. Т., Маденов Н. М., Сумин Е. В. Белсенді сүзгі компоненттері бар құрылғылар	241
Калантаевская Н. И., Латыпов С. И., Кошекеев К. Т. Электрондың жоспарлығының дәлділігінің негізгі нәтижесін ұйымдастыру әдісі	250
Калантаевская Н. И., Латыпов С. И., Кошекеев К. Т. Машина оқыту әдістемесінің көмегімен күнтізбелік кестеде мәліметтерді қалыпқа келтіру әдісін қолдану тиімділігін зерттеу	257
Кантарбаева А. Д., Бекеева С. А., Князов Е. Ж. Кәсіпорынның өнеркәсібінің кәсіпорындағы кәсіби қауіптіктерді бағалау	265
Кулькеева М. М. Қазақстан Республикасындағы жылу және гидроқшаулағыш материалдар нарығын талдау	274
Мерғалимова А. К., Умирзаков Р. А., Онгар Б., Талипов О. М. Қазандықтарда алау жануын тұрақтандыру және жағу үшін сығылған және сұйытылған табиғи газды пайдаланудың үнемділігін салыстырмалы талдау	287
Оразбаев Б. Б., Шангитова Ж. Е., Кенжебаева Т. С., Оразбаева К. Н., Махатова В. Е. Клаус реакторында күкіртті алу процесін басқару бойынша шешім қабылдау есебі және оны айқын емес ортада шешу тәсілі	295

Ордабаев Е. Қ., Калтаев А. Г., Ахметов С. И., Есаулков В. С. Көлік энергетикалық қондырғыларын экологиялық көрсеткіштерді нормалау және бақылау пайдалануда	306
Рожков А. В., Балабаев О. Т., Адилова Н. Д., Абишев К. К. «АрселорМиттал Теміртау» АҚ вагон ағындарын оңтайландырудың математикалық моделі	313
Рожков А. В., Балабаев О. Т., Абишев К. К., Маринченко О. С. Көмір разрезінің гравитациялық көмір шығарудың геометриялық параметрлерін анықтау	321
Самуратов Е. К., Келаманов Б. С., Акуев А. М., Жумағалиев Е. У., Кабылканов С. К. Велиховское Северное кен орнындағы темір кенінің агломерациясын зерттеу	328
Серіков Т. Ф., Мирзакулова Ш. А., Юсупова Г. М., Авелбекова С. Ш., Сабитова А. Ж. ССА әдісімен уақытша қатарды талдау	339
Серіков Т. Ф., Касымханова А. К., Мускенова А. Б. Криптожүйе	346
Серіков Т. Ф., Құдайберген А. М. Вижнер және Цезарь криптографиясына негізделген криптография түрі	351
Серіков Т. Ф., Құрманбай Н. М. ASCII коды негізіндегі криптографиялаудың жаңа үлгісі	357
Султанова Б. К., Дюсембаева А. Н. Оқу пәнінің жұмыс бағдарламасын құру процесін зерттеу және формалдау	364
Урумбаев Д. С., Говорун В. Ф. Электролиттің криолит-глинозем балқымасының қызып кетуін бағалау бойынша электролит құрамын басқару	371
Хамзина Б. Е., Жолдангарова Г. И., Байкенова Н. Б., Анарбаев А. Е. Кәсіпорынның қаржылық тұрақтылығын басқарудың ақпараттық моделінің жұмыс істеу тиімділігін арттыру	381
Хацевский В. Ф., Хацевский К. В., Гоненко Т. В. Жылумен жабдықтаудың жеке жүйелеріне арналған индукциялық электржылытқыштың математикалық моделі	393
Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Нефтисов А. В., Марковский В. П., Жумадинова А. К., Тюлюгенова Л. Б., Ирсымов Р. М., Кожанова О. Т. IGBT түрлендіргіштерін тарту электр жетектеріне қолдану	403
Юров В. М., Балтабеков А. С., Гученко С. А., Лауринас В. Ч. Күшті ағынды шоқтың әсерінен кейінгі жоғары энтропиялы қаптамалардың қасиеттері	413

Зигангирова Е. В., Кибартене Ю. В., Кибартас В. В., Кислов А. П., Мельников В. Ю., Мухамедов Б. А., Умурзакова А. Д.
 ЖЭК-компоненттермен және технологиялармен энергия тиімді жүйелердің жұмыс істеуін ұйымдастыру427

Таткеева Г. Г., Портнов В. С., Асаинов Г. Ж., Жакипов Н. Б., Маусымбаева А. Д.
 Отынның нормативтен тыс тұтынуын және қазандықтардың CO₂ жоғары шығарынды талдау, Қарағанды облысының жылумен қамтамасыз ететін орталықтандырылған объектілері438

Авторларға арналған ережелер446

Жарияланым этикасы452

СОДЕРЖАНИЕ

Абдикулова З. К., Шырынбекова Б. Ж., Жапаров Е. О.
 Практическое применение явления электромагнитной индукции14

Айбульдинов Е. К., Колпек А. К., Рамазанова Н. А., Мырзин В. А.
 Использование отходов энергетической промышленности для производства инновационных строительных материалов23

Айсаев С. Ұ., Шарипов Е. А.
 Определение надежности трубопроводов нефтедобычи34

Айтмагамбетов А. З., Кулакаева А. Е., Кожаметова Б. А., Жаксылык А.
 Алгоритмы определения местоположения источников радиоизлучения для спутникового радиомониторинга41

Аканова А. С., Оспанова Н. Н.
 Распознавания растений с помощью искусственных нейросетей51

Акуев А. М., Келаманов Б. С., Самуратов Е. К., Жумагалиев Е. У., Куантаева М. Т.
 Фазовые равновесия в системе CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃60

Альчинбаева О. З., Алымов Н.
 Изучение модели усилителя сигнала в виртуальной среде72

Амиров А. Ж., Сейпишева Э. К., Хасен Д. С.
 Исследование и разработка 3D моделирования86

Арынгазин К. Ш., Карпов В. И., Акишев К. М.
 Разработка структурно-функциональной модели технологической системы производства строительных изделий с использованием техногенных отходов95

Ахмедов К. М., Олейник А. И., Ткенов Ш. А.
 Численное исследование деформаций усиления мягкой кровли107

Бекеева С. А., Еселханова Г. А., Кантарбаева А. Д., Князов Е. Ж.
 Актуальность исследования производственного травматизма при вахтовом методе труда как критерий профессионального риска115

Булатбаева Ю. Ф., Булатбаев Ф. Н., Лисицын Д. В., Нурмагамбетов Е. Б., Юсупов Т. С., Шакилдек Е. Е.
 Определение значений потерь активной мощности в трансформаторах от несимметрии для основных схем соединения нагрузки123

Булатбаев Ф. Н., Каюмов Д. И., Булатбаева Ю. Ф.
 Разработка автоматизированной системы управления уличным освещением136

Грищенко В. Ф., Төлөндіұлы С., Нурланқызы А.
 Расчет интенсивности отказов модулей памяти бортовых электронных аппаратур низкоорбитальных космических аппаратов149

Денчик А. И., Мусина Ж. К., Ткачук А. А. Факторный анализ основных признаков конструкторско-технологической подготовки производства	161
Дюсенов К. М., Садыкова С. Б., Картджанов Н. Р., Шапкенов Б. К. Некоторые вопросы эффективности использования кавитационных технологий для автономных систем отопления	173
Есхожин Д. З., Ахметов Е. С., Есхожин К. Д. Некоторые вопросы динамики молотильного барабана с переменной скоростью бича	182
Жандарбекова А. М., Машекенова А. Х., Хамза С. Қ. Анализ эффективности режима работы светофорных объектов	195
Жолдангарова Г. И., Байкенова Н. Б., Анарбаев А. Е. Зарубежный опыт управления финансовой устойчивостью предприятий в развитых странах	202
Зарипов Р. Ю., Токтаганов Т. Т., Сембаев Н. С., Имангазинова Д. Б. Получение топливных брикетов из отходов животноводства	217
Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П., Шаймерденов А. Т., Русланов Р. Р., Тұрлыбек Е. Б. Улучшение качества напряжения статическими фильтрокомпенсирующими устройствами	228
Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П., Шаймерденов А. Т., Маденов Н. М., Сумин Е. В. Активные фильтрокомпенсирующие устройства	241
Калантаевская Н. И., Латыпов С. И., Кошекоев К. Т. Исследование влияния способа организации обучающей выборки на точность прогнозирования электрической нагрузки	250
Калантаевская Н. И., Латыпов С. И., Кошекоев К. Т. Исследование эффективности применения нормализации данных при построении графиков нагрузок на сутки вперед с помощью техник машинного обучения	257
Кантарбаева А. Д., Бекеева С. А., Князов Е. Ж. Оценка профессионального риска работников обрабатывающей промышленности	265
Кулькеева М. М. Анализ рынка тепло и гидроизоляционных материалов в Республике Казахстан	274
Мергалимова А. К., Умирзаков Р. А., Онгар Б., Талипов О. М. Сравнительный анализ экономичности использования сжатого и сжиженного природного газа для растопки и стабилизации горения факела в котлах	287
Оразбаев Б. Б., Шангитова Ж. Е., Кенжебаева Т. С., Оразбаева К. Н., Махатова В. Е. Задача принятия решений по управлению процессом получения серы в реакторе Клауса и метод ее решения в нечеткой среде	295

Ордабаев Е. К., Калтаев А. Г., Ахметов С. И., Есаулков В. С. Нормирование и контроль экологических показателей транспортных энергетических установок в эксплуатации	306
Рожков А. В., Балабаев О. Т., Адилова Н. Д., Абишев К. К. Математическая модель оптимизации вагонопотоков на АО «АрселорМиттал Темиртау»	313
Рожков А. В., Балабаев О. Т., Абишев К. К., Маринченко О. С. Определение геометрических параметров гравитационного углеспуска угольного разреза	321
Самуратов Е. К., Келаманов Б. С., Акуев А. М., Жумагалиев Е. У., Кабылканов С. К. Исследование агломерации железной руды месторождения Велиховское Северное	328
Серіков Т. Ф., Мирзакулова Ш. А., Юсупова Г. М., Авелбекова С. Ш., Сабитова А. Ж. Анализ временного ряда методом ССА	339
Серіков Т. Ф., Касымханова А. К., Мускенова А. Б. Криптосистема	346
Серіков Т. Ф., Құдайберген А. М. Вид криптографии, основанный на криптографии Виженера и Цезаря	351
Серіков Т. Ф., Құрманбай Н. М. Новая модель криптографии на основе кода ASCII	357
Султанова Б. К., Дюсембаева А. Н. Исследование и формализация процесса создания рабочей программы учебной дисциплины	364
Урумбаев Д. С., Говорун В. Ф. Управление составом электролита по оценке перегрева криолит-глиноземного расплава электролита	371
Хамзина Б. Е., Жолдангарова Г. И., Байкенова Н. Б., Анарбаев А. Е. Повышение эффективности функционирования информационной модели управления финансовой устойчивости предприятия	381
Хацевский В. Ф., Хацевский К. В., Гоненко Т. В. Математическая модель индукционного электронагревателя для индивидуальных систем теплоснабжения	393
Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Нефтысов А. В., Марковский В. П., Жумадирова А. К., Тюлюгенова Л. Б., Ирсымов Р. М., Кожанова О. Т. Применение IGBT преобразователей для тяговых приводов	403
Юров В. М., Балтабеков А. С., Гученко С. А., Лауринас В. Ч. Свойства высокоэнтропийных покрытий после влияния сильноточного пучка	413
Зиганзирова Е. В., Кибартене Ю. В., Кибартас В. В., Кислов А. П., Мельников В. Ю., Мухамедов Б. А., Умурзакова А. Д. Организация функционирования энергоэффективных систем с ВИЭ-компонентами и технологиями	427

Таткеева Г. Г., Портнов В. С., Асаинов Г. Ж., Жакипов Н. Б., Маусымбаева А. Д. Анализ сверхнормативного потребления топлива и высокого выброса CO ₂ котельными, теплоснабжающими децентрализованные объекты Карагандинской области	438
Правила для авторов	446
Публикационная этика	452

CONTENT

Abdikulova Z. K., Shirinbekova B. G., Zhaparov E. O. The practical application of the electromagnetic induction phenomenon	14
Aibuldinov Ye. K., Kolpek A. K., Ramazanova N. A., Mymrin V. A. Use of energy industry waste for the production of innovative construction materials	23
Isaev S. U., Sharipov E. A. Determining the reliability of pipelines of oil production	34
Aitmagambetov A. Z., Kulakayeva A. Ye., Kozhahmetova B. A., Zhaksylyk A. The algorithms determine the location of emitters for satellite radiomonitoring	41
Akanova A. S., Ospanova N. N. Recognition of plants using artificial neural networks	51
Akuov A. M., Kelamanov B. S., Samuratov Ye. K., Zhumagaliyev Ye. U., Kuantaeva M. T. CaO-MgO-SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -Cr ₂ O ₃ system phase equilibria	60
Alchinbayeva O. Z., Alymov N. Study of the signal amplifier model in a virtual environment	72
Amirov A. Zh., Seipisheva E. K., Khassen D. S. Research and development 3D modeling	86
Aringazin K. S., Karpov V. I., Akishev K. M. Development of a structural-functional model of the technological system of construction products manufacturing using industrial wastes	95
Ahmedov K. M., Oleinik A. I., Tkenov Sh. A. Numerical study of deformation strengthening of a soft roof	107
Bekeeva S. A., Eselkhanova G. A., Kantarbaeva A. D., Knyazov E. Zh. Actuality of research of industrial injuries at shift method of labor as a criterion of professional risk	115
Bulatbayeva Y. F., Bulatbayev F. N., Lisicin D. V., Nurmagambetov E. B., Yusupov T. S., Shakildek E. E. Determination of the value of active power loss in transformers from asymmetry for the main load connection circuits	123
Bulatbayev F. N., Kayumov D. I., Bulatbayeva Y. F. Development of automated control systems for street lighting	136
Gryshchenko V. F., Tolendiuly S., Nurlankyzy A. Calculation of the failure rate of the memory modules of the onboard electronic equipment of low-orbit spacecraft	149
Denchik A. I., Mussina Zh. K., Tkachuk A. A. Factor analysis of the basic signs of design and technological preparation of production	161

Dyussenov K. M., Sadykova S. B., Kartjanov N. R., Shapkenov B. K. Some questions of the efficiency of using cavitation technologies for autonomous heating systems	173
Eskhozhin D. Z., Akhmetov E. S., Eskhozhin K. D. Some questions of the dynamics of the threshing drum with variable speed	182
Zhandarbekova A. M., Mashekenova A. Kh., Hamza S. K. Analysis of the effectiveness of traffic lights operation	195
Zholdangarova G. I., Baikenova N. B., Anarbayev A. E. Foreign experience in managing financial sustainability of enterprises in developed countries	202
Zaripov R., Toktaganov T. T., Sembaev N. S., Imangazinova D. B. Preparation of briquettes from animal waste	217
Kaidar M. B., Kaidar A. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Kislov A. P., Shaimerdenov A. T., Ruslanov R. R., Turlybek E. B. Improvement of voltage quality by static filter compensating devices	228
Kaidar M. B., Kaidar A. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Kislov A. P., Shaimerdenov A. T., Madenov N. M., Sumin E. V. Active filter composition devices	241
Kalantaevskaya N. I., Latypov S. I., Koshekov K. T. Research of the impact of a method of organizing a learning sample on the accuracy of forecasting electric load	250
Kalantaevskaya N. I., Latypov S. I., Koshekov K. T. Research of efficiency of application of the method of normalization of data when building schedules days forward by means of machine training technique	257
Kantarbaeva A. D., Bekeyeva S. A., Knyazov E. Zh. Essment of professional risks at the enterprise of the processing industry	265
Kulkeyeva M. M. Market analysis of heat and waterproofing materials in the Republic of Kazakhstan	274
Mergalimova A. K., Umirzakov R. A., Ongar B., Talipov O. M. Comparative analysis of efficiency of compressed and liquefied natural gas for kindling and stabilization of a torch burning in the boilers	287
Orazbayev B. B., Shangitova Zh. Y., Kenzhebayeva T. S., Orazbayeva K. N., Makhatova V. E. The problem of decision making on the management of the process of sulfur recovery in the Claus reactor and the method of its solution in a fuzzle medium	295
Ordabayev E., Kaltaev A., Akhmetov S., Yessaulkov V. The regulation and control of environmental indicators of transport power plants in operation	306
Rozhkov A. V., Balabaev O. T., Adilova N. D., Abishev K. K. Mathematical model of optimization of car traffic at JSC «ArcelorMittal Temirtau»	313

Rozhkov A. V., Balabaev O. T., Abishev K. K., Marinchenko O. S. Determination of gravity coal shoot geometrics for a coal mine	321
Samuratov Ye., Kelamanov B., Akuov A., Zhumagaliyev Ye., Kabyllkanov S. Research of agglomeration of iron ores from the Velikhovskoe Severnoe	328
Serikov T. G., Mirzakulova Sh. A., Yusupova G. M., Avelbekova S. Sh., Sabitova A. Zh. Time series analysis method SSA	339
Serikov T. G., Kasymkhanova A. K., Muschanova A. B. Cryptosystem	346
Serikov T. G., Qudaibergen A. M. A type of cryptography based on the cryptography of Vigenere and Caesar ..	351
Serikov T. G., Qurmanbai N. M. New cryptography model based on ASCII code	357
Sultanova B. K., Dyussebayeva A. N. The study and formalization of the process of creating the working program of the discipline	364
Urumbayev D. S., Govorun V. F. Control of the electrolyte composition on the assessment of overheating cryolite-alumina melt of the electrolyte	371
Khamzina B. E., Zholdangarova G. I., Baykenova N. B., Anarbaev A. E. Improving the effectiveness of the functioning of the information model of management of the financial stability of the enterprise	381
Khatsevskiy V. F., Khatsevskiy K. V., Gonenko T. V. Mathematical model of induction electric heater for individual heat supply systems	393
Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Kislov A. P., Neftisov A. V., Markovcky V. P., Zhumadirova A. K., Tyulyugonova L. B., Irsymov R. M., Kozhanova O. T. Application of IGBT converters for traction drives	403
Yurov V. M., Baltabekov A. S., Guchenko S. A., Laurinas V. Ch. Properties of high entropical coatings after the effect of a high-current beam	413
Zigangirova Ye. V., Kibartene Yu. V., Kibartas V. V., Kislov A. P., Melnikov V. Yu., Mukhamedov B. A., Umurzakova A. D. Organization of functioning of energy efficient systems with renewable energy components and technologies	427
Tatkeeva G. G., Portnov V. S., Assainov G. Zh., Zhakipov N. B., Mausymbaeva A. D. Analysis of excess fuel consumption and high CO ₂ emissions by boilers, supplying heating to decentralized facilities of Karaganda region	438
Rules for authors	446
Publication ethics	452

З. К. Абдикулова¹, Б. Ж. Шырынбекова², Е. О. Жапаров³

¹к.т.н., доцент, Факультет инженерии, Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан;

²ст. преподаватель, Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан;

³магистрант, Факультет инженерии, Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан

e-mail: ¹Azagipa@mail.ru; ²beysenkul66_66@mail.ru;

³omar28042015@gmail.com

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ**

В статье рассматриваются использование законов электромагнитной индукции, практическое применение явления электромагнитной индукции.

Приведены физические основы электромагнитных явлений, рассмотрены электрические и магнитные параметры материальных сред и их влияние на характеристики электромагнитного поля.

Рассчитана ЭДС индукции, изменение потока магнитного поля. ЭДС индукции возникает при пересечении контуром линий магнитного поля.

Источником индукционного тока является электрическое поле, которое является вихревым и порождается оно изменяющимся во времени магнитным полем. При изменении магнитного поля во времени или при движении тел в неоднородном магнитном поле возникают вихревые индукционные токи или токи Фуко.

С использованием токов Фуко работает пушка Гаусса. Стволом в ней является катушка, а снарядом – проводящий продолговатый предмет. При резком включении тока в катушке в снаряде возникают вихревые токи и он выталкивается из катушки.

На использовании законов электромагнитной индукции основано действие многих двигателей и генераторов тока. Явление электромагнитной индукции используется для преобразования механической энергии в энергию электрического тока, применяется в электрогенераторах и трансформаторах.

Исследованы режимы работы электрогенераторов и трансформаторов, рассчитан коэффициент трансформации.

Ключевые слова: электромагнитная индукция, магнитное поле, электродвижущая сила, механическая энергия, электрогенератор, трансформатор.

ВВЕДЕНИЕ

Решающая роль в современном научно-техническом прогрессе принадлежит электрификации. Под электрификацией понимается широкое внедрение электрической энергии в народное хозяйство и быт, и сегодня нет такой области техники, где в том или ином виде не использовалась бы электрическая энергия, в будущем ее применение будет еще более расширяться.

В электротехнике для практических целей широко используются электрические и магнитные явления. Можно выделить основные области, в которых используют электрические и магнитные явления: преобразование энергии природы (энергетическая), превращение вещества природы (технологическая), получение и передача сигналов или информации (информационная) [1].

В основе действия любого магнита лежит одно и то же явление. Оно заключается во взаимодействии магнитных полей, которые окружают сам магнит. Магнитное поле – это особый вид материи, которая возникает вокруг движущихся заряженных частиц. Электрон представляет собой отрицательную электрически заряженную частицу. Поскольку электрон всегда находится в движении, то и вокруг него всегда существует магнитное поле. Атомы, находясь в неодинаковом расположении компенсируют магнитные поля друг друга. Но некоторые вещества, как ферромагнетики всё же способны при воздействии на них интенсивного магнитного импульса развернуть свою внутреннюю структуру таким образом, что магнитные поля имеющихся в нём частиц поворачиваются в одну и ту же сторону. Это способствует суммированию всех магнитных полей и появлению внешнего усиленного магнитного поля. Таким образом появляется постоянный магнит [2].

Электромагниты – это электротехнические устройства, которые при пропускании через них тока способны проявлять магнитные свойства. В основе устройства любого электромагнита лежит простая электрическая катушка, которая намотана на стальной сердечник. Как известно, при подаче на катушку напряжения в ней возникает электрический ток – поток упорядоченно движущихся электронов. А любая движущаяся электрически заряженная частица способна вокруг себя иметь магнитное поле. Значит, при прохождении электрического тока по катушке вокруг неё возникает магнитное поле. Для усиления магнитного поля катушки электромагнита внутри неё устанавливается стальной сердечник [3, 4]. При появлении магнитного

поля в катушке оно способствует изменению внутренней структуры стали, поворачивая внутренние частицы в одном направлении, подобно процессу с постоянным магнитом при его намагничивании. В итоге магнитные поля самой катушки суммируются с магнитными полями стального сердечника, что усиливает действие электромагнита примерно в тысячу раз. При отключении питания от электромагнита катушка перестаёт магнитить, в результате чего в стальном сердечнике (в силу своих свойств) структура частиц снова меняется на первоначальную, что ведёт к полному его размагничиванию. Силу магнитного поля электромагнита можно легко регулировать путём изменения силы тока, который протекает по катушке электромагнита.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На использовании законов электромагнитной индукции основано действие многих двигателей и генераторов тока [5].

Явление электромагнитной индукции используется, прежде всего, для преобразования механической энергии в энергию электрического тока.

Основным источником образования магнитного поля является движение электрических заряженных частиц. Когда эти заряженные частицы находятся в движении, вокруг них возникает магнитное поле. Чем больше скорость заряженных частиц, тем сильнее будет действие магнитного поля вокруг них.

Как известно, у магнита есть полюса (северный и южный). Это некие взаимные силовые противоположности. Причём, важно понять, что полюса – это не законченные точки, а скорее ориентир в векторном направлении. Полюса зависят от направления движения электрических заряженных частиц. Это направление можно узнать по правилу правого винта [6].

Действие магнитного поля может проявляться только лишь относительно самого себя (магнитное поле не влияет на электрическое поле). Проще говоря, есть одна движущаяся электрическая заряженная частица, вокруг которой существует магнитное поле, и есть другая подобная частица, со своим полем, вот они и будут между собой взаимодействовать. Разнообразие явлений действия магнитного поля обусловлено, прежде всего, повсеместной распространённостью движущихся заряженных частиц. Провода с текущим в них электрическим током являются источником магнитного поля.

Действие магнитного поля свойственно ферромагнетикам. При интенсивном воздействии на них внешнее магнитного поля внутри них происходит «разворачивание» внутренней структуры вещества с последующим её сохранением, что приводит к появлению магнитных полюсов [7, 8]. У не ферромагнетиков после подобного воздействия внешнего магнитного поля «запоминания изменения структуры» не происходит, всё возвращается на прежние места.

Простейшим генератором переменного тока является проволочная рамка, вращающаяся равномерно с угловой скоростью $\omega = \text{const}$ в однородном магнитном поле с индукцией B (рисунок 1).

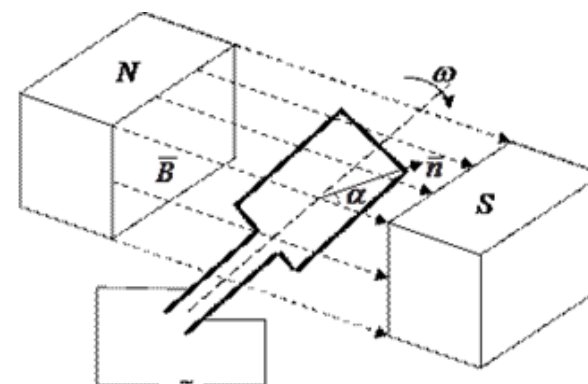


Рисунок 1 – Схема проволочной рамки, вращающейся в однородном магнитном поле

Поток магнитной индукции, пронизывающий рамку площадью S , равен:
$$\Phi = BS \cos \alpha$$

При равномерном вращении рамки угол поворота $\alpha = \omega t = 2\pi \nu t$, где, ν – частота вращения. Тогда: $\Phi = BS \cos \omega t$

По закону электромагнитной индукции ЭДС, наводимая в рамке при ее вращении [9, 10]:

$$\mathcal{E} = - \Phi' = \omega BS \sin \omega t = \mathcal{E}_{\max} \sin \omega t$$

Если к зажимам рамки с помощью щеточно-контактного аппарата подключить нагрузку – потребителя электроэнергии, то через нее потечет переменный ток.

Для промышленного производства электроэнергии на электрических станциях используются синхронные генераторы. Неподвижная часть синхронного генератора называется статором, а вращающаяся ротором (рисунок 2).

Ротор генератора имеет обмотку постоянного тока (обмотку возбуждения) и является мощным электромагнитом. Постоянный ток, подаваемый на обмотку возбуждения через щеточно-контактный аппарат, намагничивает ротор и при этом образуется электромагнит с северным и южным полюсами [11, 12].

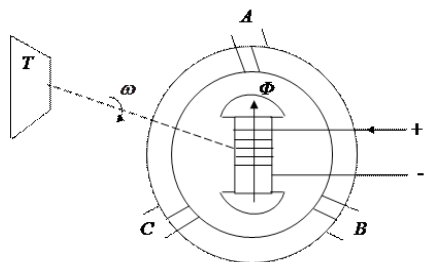


Рисунок 2 – Схема синхронного генератора

На статоре генератора расположены три обмотки переменного тока, которые смещены одна относительно другой на 120° и соединены между собой по определенной схеме включения.

При вращении возбужденного ротора с помощью паровой или гидравлической турбины его полюсы проходят под обмотками статора и в них индуцируется изменяющаяся по гармоническому закону электродвижущая сила. Далее генератор по определенной схеме электрической сети соединяется с узлами потребления электроэнергии.

Явление электромагнитной индукции широко применяется и в трансформаторах [13].

Электрические аппараты, в которых напряжение увеличивается или уменьшается в заданное количество раз называются трансформаторами. Работа трансформатора также основана на законе электромагнитной индукции (рисунок 3).

При прохождении переменного тока по первичной обмотке вокруг нее возникает переменное магнитное поле с индукцией **B**, поток которого также переменный $\Phi_{\text{м}}$. Сердечник трансформатора служит для направления магнитного потока.

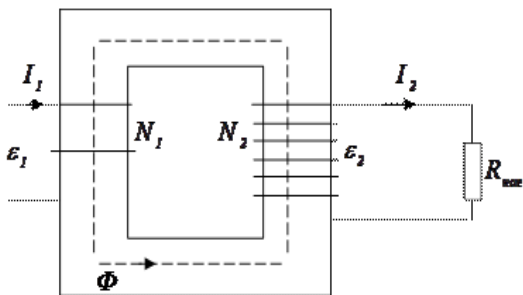


Рисунок 3 – Схема трансформатора

Переменный магнитный поток, замыкающийся по сердечнику индуцирует в каждой из обмоток переменную ЭДС:

$$\varepsilon_1 = -N_1 \Phi' = N_1 \Phi_m \omega \sin \omega t = N_1 \varepsilon_m \sin \omega t$$

$$\varepsilon_2 = -N_2 \Phi' = N_2 \Phi_m \omega \sin \omega t = N_2 \varepsilon_m \sin \omega t$$

Тогда,
$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

У мощных трансформаторов сопротивления катушек очень малы, поэтому напряжения на зажимах первичной и вторичной обмоток приблизительно равны ЭДС [14]:

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2} = k$$

где, k – коэффициент трансформации. При k < 1 (U1 < U2, N1 < N2) трансформатор является повышающим, при k > 1 (U2 < U1, N2 < N1) трансформатор является понижающим.

При подключении ко вторичной обмотке трансформатора нагрузки в ней потечет ток I2. При увеличении потребления электроэнергии по закону сохранения энергии должна увеличиться энергия, отдаваемая генераторами станции, т.е.: $U_1 I_1 \approx U_2 I_2$,

откуда,
$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1} = k$$

Это означает, что повышая с помощью трансформатора напряжение в k раз, удается во столько же раз уменьшить силу тока в цепи.

ВЫВОДЫ

В этой статье мы рассмотрели электрические и магнитные параметры материальных сред и их влияние на характеристики электромагнитного поля.

Действие магнитного поля представляет собой не что иное как взаимное притягивание и отталкивания различных тел. К примеру, практически все электрические двигатели основаны на принципе взаимного магнитного отталкивания статора и ротора. В некоторых электродвигателях статором может быть постоянный магнит, а в некоторых – электрическая катушка. Роторы в основном делаются катушечные. При протекании электрического тока по катушкам электрического двигателя появляется магнитное поле определенной интенсивности, которое отталкивается от магнитного поля

другой катушки или постоянного магнита. Итогом взаимного отталкивания магнитных полей будет вращение.

Явление электромагнитной индукции широко применяется и в трансформаторах. Если передавать электроэнергию от генераторов станций к потребителям по линиям электропередачи непосредственно на генераторном напряжении, которое относительно невелико, то в сети будут происходить большие потери энергии и напряжения.

Следовательно, для экономичной транспортировки электроэнергии необходимо уменьшить силу тока. Но так как передаваемая мощность при этом остается неизменной, напряжение должно увеличиться во столько же раз, во сколько раз уменьшается сила тока. У потребителя электроэнергии, в свою очередь, напряжение необходимо понизить до требуемого уровня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Дмитриева, В. Ф.** Физика. – М. : Академия, 2007. – 464 с.
- 2 **Иродов, И. Е.** Электромагнетизм. Основные законы. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 319 с.
- 3 **Немцов, М. В.** Электротехника. – Ростов н/Д : Феникс, 2005. – 576 с.
- 4 **Кузовкин, В. А., Филатов, В. В.** Электротехника и электроника. – М. : Юрайт, 2012. – 432 с.
- 5 **Алешкевич, В. А.** Электромагнетизм. – М. : Физматлит, 2014. – 404 с.
- 6 **Кирпанев, А. В., Лавров, В. Я.** Электромагнитное поле. Теория идентификации и ее применение. – Москва, Вузовская книга, 2012. – 278 с.
- 7 **Кузнецов, М. И.** Основы электротехники. – Москва, Вузовская книга, 2012. – 328 с.
- 8 **Фарнасов, Г. А.** Электротехника, электроника, электрооборудование. – М. : НИТУ МИСиС, 2012. – 423 с.
- 9 **Аполлонский, С. М.** Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. – СПб. : Лань, 2012. – 592 с.
- 10 **Головинский, П. А., Астапенко, В. А., Михайлов, Е. М.** Элементарные процессы в электромагнитном поле. – М. : Ленанд, 2018. – 400 с.
- 11 **Морозов, А. Н., Мартинсон, Л. К., Смирнов, Е. В.** Электромагнитное поле. – М. : МГТУ, 2013. – 422 с.
- 12 **Bayrak, M.** Temel elektrik ve magnetizma. – CRC Press, 2013.
- 13 **Прохоров, С. Г.** Электрические машины. – Казань : изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2002. – 140 с.
- 14 **Рожков, Н.** Электрооборудование электрических станций и подстанций. – М. : Роды Софт, 2015. – 242 с.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

З. К. Абдикулова¹, Б. Ж. Шырынбекова², Е. О. Жапаров³

Электромагниттік индукция құбылысын іс жүзінде қолдану

^{1,2,3}Инженерия факультеті,

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университеті,

Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

Z. K. Abdikulova¹, B. G. Shirinbekova², E. O. Zhaparov³

The practical application of the electromagnetic induction phenomenon

^{1,2,3}Faculty of Engineering,

K. A. Yasawi International Kazakh-Turkish University,

Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақалада электромагниттік индукция заңдарын, электромагниттік индукция құбылысын іс жүзінде қолдану қарастырылады.

Электромагниттік құбылыстардың физикалық негіздері келтірілген, материалдық ортаның электрлік және магниттік параметрлері және олардың электромагнитті өрістің сипаттамаларына әсері қарастырылған. Индукцияның ЭҚК, магнит өрісі ағынының өзгеруі есептелінді. Индукцияның ЭҚК магнит өрісі сызықтарын контурмен қиылысқан кезде пайда болады. Индукциялық токтың көзі құйынды электр өрісі болып табылады және ол уақыт бойынша өзгертін магнит өрісімен туындайды. Магнит өрісі уақыт бойынша өзгергенде, біртекті емес магнит өрісінде денелер қозғалғанда құйынды индукциялық токтар немесе Фуко токтары пайда болады.

Гаусс пушкасы Фуко токтарын пайдалану арқылы жұмыс жасайды. Онда оқпан ретінде катушка, ал снаряд ретінде ұзын зат қолданылады. Катушкада ток қосылған кезде снарядта құйынды токтар пайда болады және ол катушадан итеріліп шығарылады.

Электромагниттік индукция заңдарын қолдануға көптеген қозғалтқыштар мен ток генераторларының жұмыс істеу принциптері негізделген.

Электромагниттік индукция құбылысы механикалық энергияны электр энергиясына түрлендіру үшін қолданылады, электр генераторлар мен трансформаторларда қолданылады.

Электр генераторлар мен трансформаторлардың жұмыс режимдері зерттелді, трансформациялану коэффициенті есептелінді.

The article discusses the use of the laws of electromagnetic induction, the practical application of the phenomenon of electromagnetic induction.

The physical basis of electromagnetic phenomena, electrical and magnetic parameters of material media and their influence on the electromagnetic field characteristics. The EMF of induction, change of a magnetic field flow is calculated. EMF induction occurs at the intersection of the contour lines of the magnetic field. The source of the induction current is the electric field, which is a vortex and is generated by a magnetic field changing in time. When the magnetic field changes in time or when the bodies move in a non-uniform magnetic field, eddy induction currents or Foucault currents arise.

The Gauss cannon runs using Foucault currents. The barrel of it is a coil, and the projectile-conducting oblong object. When the current is sharply turned on in the coil, eddy currents arise in the projectile and it is pushed out of the coil.

The use of the laws of electromagnetic induction is based on the action of many motors and current generators. The phenomenon of electromagnetic induction is used to convert mechanical energy into electric current energy, used in electric generators and transformers.

The modes of operation of electric generators and transformers are investigated, the transformation coefficient is calculated.

ГРНТИ 61.01.91, 61.29.99, 67.15.63, 67.15.33

**Е. К. Айбульдинов¹, А. К. Колпек²,
Н. А. Рамазанова³, В. А. Мырзин⁴**

¹доктор (PhD) химии, Технологический факультет, Казахский университет технологии и бизнеса, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²к.х.н., Технологический факультет, Казахский университет технологии и бизнеса, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³магистрант, Технологический факультет, Казахский университет технологий и бизнеса, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁴д.г.-м.н., профессор, Федеральный технологический университет, г. Куритиба, CEP80230-901, Бразилия

e-mail: 'elaman_@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИННОВАЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В связи с увеличением объемов промышленного и гражданского строительства в стране растет необходимость в эффективных строительных материалах. Одним из основных направлений развития промышленности строительных материалов является расширение ассортимента, повышение качества выпускаемой продукции и создание безотходных производств. Решение этой задачи предполагает не только изыскание новых источников сырьевых материалов и энергии, но и их рациональное использование. Причем особое внимание должно уделяться использованию уже существующих продуктов промышленности. Существенно расширить сырьевую базу производства строительных материалов и изделий позволяет широкое вовлечение в производственный процесс образующиеся энергетические промышленные отходы. Кроме того, использование отходов различных отраслей народного хозяйства для получения строительных материалов способствует решению проблемы загрязнения окружающей среды, а так же, что немаловажно, позволяет высвободить огромные площади полезной земли, занятые этими отходами.

Ключевые слова: отход, шлак, грунт, строительные материалы, золошлак.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие сети автомобильных дорог в Республике Казахстан является одной из важнейших проблем наступающего XXI века. Высокая стоимость автомобильных дорог, делает крайне актуальным поиск путей снижения затрат на их возведение за счет использования местных строительных материалов, отработки и внедрения новых технологий производства работ. Анализ состояния дорожного строительства показывает, что в настоящее время недостаточно полно исследованы возможности снижения стоимости строительства дорог за счет использования в качестве оснований местных грунтов, укрепленных шлакощелочным и вяжущими.

В нашей стране одной из важнейших задач является утилизация золошлаковых отходов Карагандинского металлургического комбината АО «Арселор Миттал Темиртау» (КМК), шламов Павлодарского алюминиевого завода (ПАЗ), отходов производства извести (ОПИ).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Изменение минерального состава четырёх-компонентной системы материала грунт – конвертерный шлак КМК – красный шлам боксита Павлодарского алюминиевого завода – известь показало наличие в исходной сухой смеси двух пиков боксита $Al_2O_3 \cdot nH_2O$.

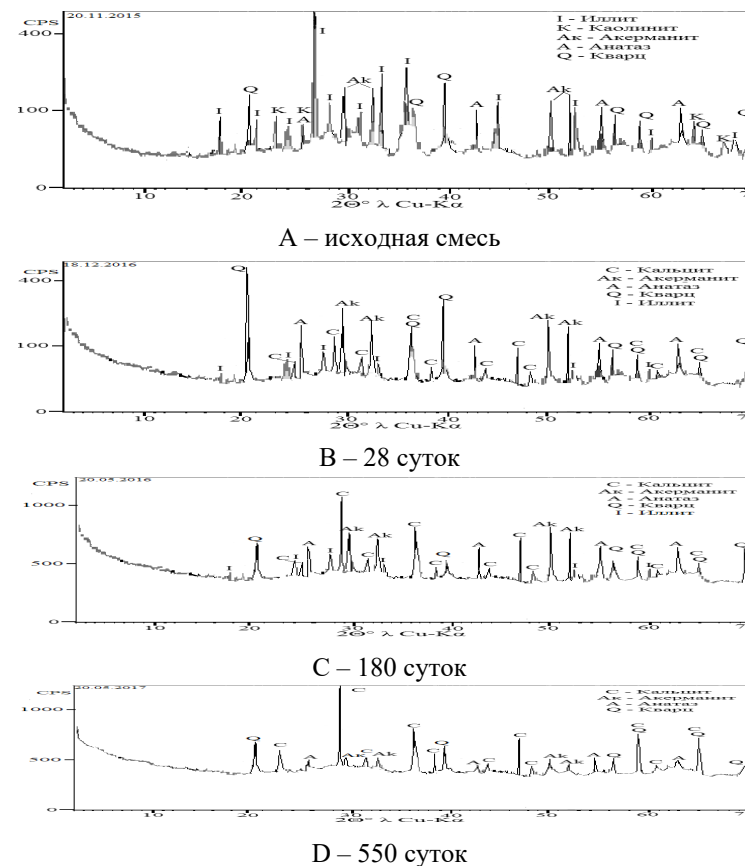


Рисунок 1 – Диффрактограмма образца грунт-шлак-известь, состав 8: А – исходной сухой смеси, В – на 28-ой, С – на 180-ый и D – на 550-ый день гидратации

Две окиси железа магнетит Fe_3O_4 и гематит Fe_2O_3 , установленные в минеральном составе шлама переработки боксита, не проявляются на диффрактограмме сухой смеси (Рисунок 1-А) вследствие 35 % содержания боксита в составе 9 и очень низкой интенсивности их пиков на диффрактограмме самого боксита. Самыми высокими кристаллическими пиками Рисунка 30 являюся пики глинистого минерала иллита $KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$ и акерманита $Ca_4Si_3O_{10}$.

При сравнении двух диффрактограмм исходной сухой смеси четырёхкомпонентной системы с той же смесью после 28 дней гидратации

(Рисунок 1 – А и В) установлено исчезновение двух пиков боксита $Al_2O_3 \cdot nH_2O$, всех пиков каолинита $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ и почти полное исчезновение иллита $KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$, который в исходной сухой смеси был основным минералом (Рисунок 1 – А). В четырёх-компонентной системе, как и в случае трёх-компонентной самыми высокими пиками являются пики кварца вследствие растворения в щелочной среде его поверхностного разрушенного слоя и выхода в отражающее положение ядра монокристаллических структур кварца, диффразирующих рентгеновское излучение с гораздо большей интенсивностью.

Основным отличием процесса структурообразования двух сравниваемых трёх- и четырёхкомпонентной систем является влияние высокощелочного ($pH=12.8$) и высокодисперсного шлама боксита, количество которого в композициях составляет 20, 30 и 40 %. Повышение исходной щёлочности смеси ускоряет процесс щелочного возбуждения остеклованных частиц шлама и химически нейтральных частиц грунта, а высокая дисперсность шлама содействует повышению плотности структуры и прочности образцов. Поэтому смеси 7, 8 и 9 имеют максимальную прочность при одноосном сжатии.

На 180-дневной диффрактограмме Рисунка 1-С рентгеновский фон вырос до уровня около 350–400 имп/сек, тогда как на 28-дневной диффрактограмме Рисунка 1-В он был на уровне около 50 имп/сек. Одновременно выросло содержание кальцита, пики которого стали самыми сильными на диффрактограмме Рисунка 1-С. Очевидно, структуры кварца тоже сильно разрушились в сильно возросшей щёлочности материалов.

Изменение карбонатности образцов лёгкого суглинка, укрепленного активированным шлаком КМК (методом кальциметра)

Величина адсорбции CO_2 из атмосферы имеет прямую зависимость от количества вводимого CaO и времени после начала гидратации. Состав 1 с минимальным количеством шлама (25 %), высоко щелочного шлама (20 %) и извести (4 %) при максимальном количестве грунта (51 %), адсорбирующего ионы Ca и Mg, в течение первых 28 суток поглощает 5,19 % CO_2 . Состав 9 с максимальным количеством шлама (35 %), шлама (30 %) и извести (8 %) и с минимальным количеством грунта адсорбирует 7,53 %, т.е. только на 1,44 % CO_2 больше, чем состав 1. В пересчёте на формулу $CaCO_3$ это равно 3,27 %. Упрочнение материалов за этот же срок на 10,82 МПа едва ли можно объяснить только этим количеством прироста карбонатов. Можно предположить синтез ещё и других новых формирований, таких как аморфные соединения группы CSH ($CaO \cdot SiO \cdot H_2O$) меняющегося соотношения элементов. На рентгеновских диффрактограммах они проявляются только в виде рентгеновского фона, но, уплотняясь в порах, могут значительно повысить прочность образцов.

Таблица 1 – Изменение карбонатности образцов лёгкого суглинка, укрепленного смесью активированного шлама КМК и бокситового шлама ПАЗ

№ с-в	Состав материалов (вес. %)				Содержание CO_2 (вес. %) в процессе упрочнения (дни)									
	Грунт	Шлак КМК	Шлак бокс	Известь	Исх	3	7	14	28	60	90	180	365	550
1	51	25	20	4	2,93	3,14	4,70	6,38	8,12	8,64	9,30	10,08	10,26	10,44
2	49			6	3,07	3,58	4,83	6,45	8,81	9,03	9,64	10,31	10,46	10,67
3	47			8	3,15	3,95	4,65	7,84	9,36	9,48	9,77	9,94	10,73	10,98
4	36	30	30	4	3,05	3,37	3,86	5,52	8,69	8,70	8,91	9,33	9,67	9,93
5	34			6	3,20	3,67	4,97	6,50	9,68	9,93	10,23	10,72	10,95	11,07
6	32			8	3,38	4,69	5,40	8,21	10,30	10,64	10,86	11,42	11,68	11,84
7	21	35	40	4	3,03	3,58	4,73	6,05	9,75	9,97	10,32	11,05	11,36	11,75
8	19			6	3,22	3,84	5,10	7,20	10,47	10,85	11,05	12,23	12,53	12,79
9	17			8	3,41	5,22	6,87	8,49	10,94	11,09	11,68	13,17	13,39	13,75

Изменение pH материалов образцов лёгкого суглинка, укрепленного активированным шлаком КМК и шламом ПАЗ при их гидратации

Определение величин pH материалов в процессе их гидратации (Таблица 2) показывает их небольшое увеличение в 3, 7 и в нескольких случаях в 14 дней, а затем плавное снижение. Это начальное повышение может быть объяснено двумя причинами: 1. замедленной гидратацией введённой извести; 2. Выщелачиванием щелочных ионов Ca и Mg из помолотого шлама в поровое пространство. Последующее снижение величины pH может означать процесс перехода высоко щелочной извести CaO в нейтральные карбонаты Ca, Mg и Fe вследствие отмеченного выше усвоения CO_2 атмосферы и карбонизации материалов. В 60-суточном возрасте это снижение величины pH происходит почти во всех составах, а в 90-суточном и полугодовом снижении идёт крупными скачками. К этому же времени приурочен и усиленный рост поглощения CO_2 с нейтрализацией щелочных ионов Ca и Mg.

Таблица 2 – Изменение pH материалов из четырёх компонентов при их гидратации

№ с-в	Состав материалов, вес. %				Изменение pH в процессе упрочнения (дни)									
	Грунт	Шлак	Шлам	Изв.	Исх	3	7	14	28	60	90	180	365	550
1	51	25	20	4	13,0	13,1	13,2	13,1	12,8	13,0	12,7	12,3	12,1	11,8
2	41	30	25		13,2	13,3	13,3	13,4	13,3	13,3	13,0	12,6	12,4	12,1
3	31	35	30		13,2	13,3	13,3	13,4	13,3	13,3	13,1	12,8	12,6	12,3
4	49	25	20	6	13,3	13,4	13,4	13,3	13,2	13,4	13,2	12,9	12,8	12,5
5	39	30	25		13,3	13,3	13,4	13,3	13,2	13,3	13,1	12,8	12,7	12,5
6	29	35	30		13,4	13,5	13,6	13,5	13,4	13,4	13,2	13,0	12,8	12,7

7	47	25	20	8	13,5	13,6	13,4	13,4	13,5	13,3	13,1	12,9	12,7	
8	37	30	25		13,5	13,6	13,5	13,4	13,3	13,5	13,1	13,0	12,8	12,8
9	27	35	30		13,6	13,6	13,6	13,5	13,5	13,3	13,1	13,0	12,9	12,8

Изменение микроструктуры образцов четырёх-компонентной системы

Накопление преимущественно аморфных новообразований в поровом пространстве хорошо видно при исследовании 28 и 180-суточных образцов четырёх компонентной системы в сканирующем электронном микроскопе (Рисунок 2). Отчётливо видно, что все поверхности твердых частиц состава 9 покрыты натёчными облакообразными формированиями (Рисунок 2). Большинство из них связаны между собой и являются как бы общей поверхностью (Рисунок 2) с порами разных размеров и конфигураций.

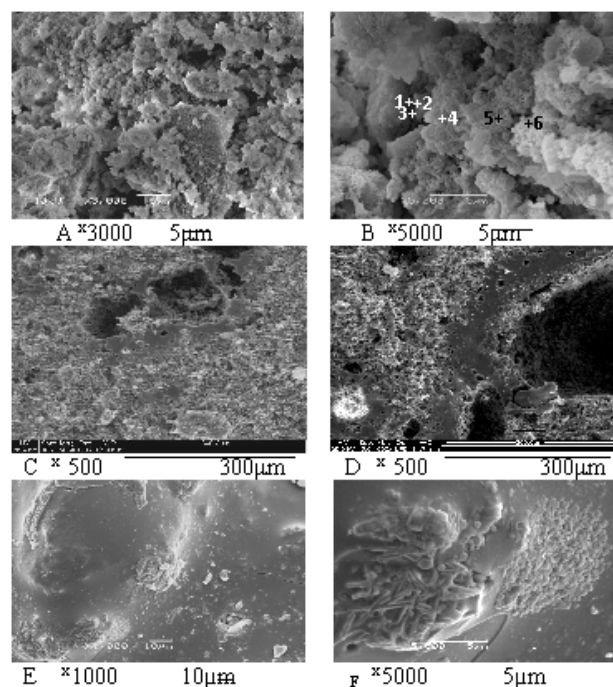


Рисунок 2 – Микро структура образцов состава 9 четырёх-компонентной системы: А и В – на 28 день, С и D – на 180 день и Е и F на 550 день гидратации (методом СЭМ)

Микро-химический состав новообразований (методами ЭДС и ЛАММА)

Таблица 3 – Химический элементный состав точек новообразований (Рисунок 2-В), состава 9 системы грунт-шлак-шлам боксита-известь на 28 дней (методом ЭДС)

№ с-в	Состав химических элементов, wt. %										
	Na	Al	Si	Ca	Cr	Fe	Cu	Zn	As	Sn	Pb
1	1,08	24,21	2,25	3,26	50,16	14,02	0,70	0,30	0,52	0,48	0,42
2	4,23	3,50	0,13	0,66	71,23	14,41	0,05	0,07	1,14	1,30	0,12
3	2,11	4,12	4,24	1,54	53,44	11,27	0,23	2,44	1,14	1,37	0,05
4	2,84	17,57	17,57	11,33	3,29	6,83	1,54	0,42	0,79	0,91	0,70
5	3,60	2,56	13,79	55,53	10,13	0,52	0,21	2,34	0,25	0,24	1,23
6	5,34	6,79	13,52	26,45	0,43	0,34	0,73	0,40	0,53	5,63	7,75

Исследование химического состава этих новообразований методом ЭДС (Рисунок 2-В и Таблица 3) показала очень высокий уровень гетерогенности их химических составов как в ближайших точках 1, 2 и 3, так и на значительном удалении друг от друга (точки 4, 5 и 6). Исследование химического состава этих новообразований методом ЭДС (Рисунок 2-В и Таблица 3) показала очень высокий уровень гетерогенности их химических составов как в ближайших точках 1, 2 и 3, так и на значительном удалении друг от друга (точки 4, 5 и 6).

Исследования тех же образцов методом лазерной микро-масс спектроскопии (ЛАММА, Рисунок 3) в возрасте 180 и 550 суток подтвердила, что изотопный состав даже в ближайших точках имеет очень большое различие как по весу изотопов, так и по их процентному соотношению (по высоте пиков).

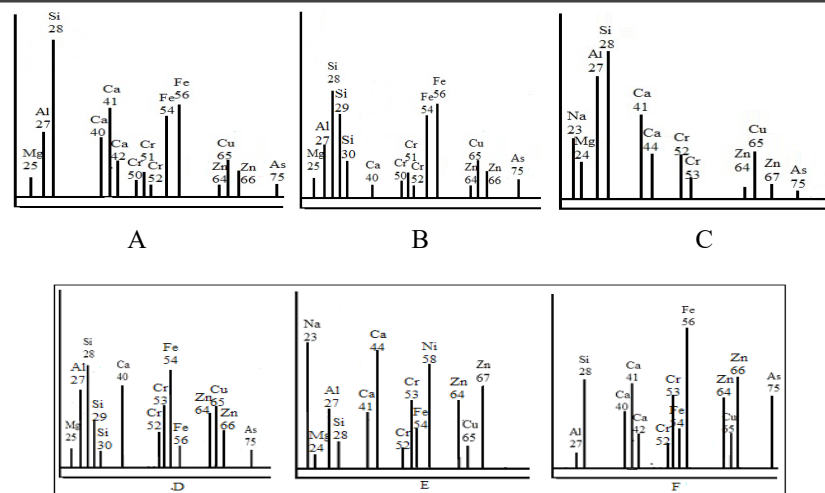


Рисунок 3 – Изотопный состав различных точек новообразований состава 9 четырёх-компонентной системы (методом ЛАММА) в возрасте образцов: А, В and С – 180 суток, D, E and F – 550 суток

Подобная гетерогенность, отмечалась и у всех исходных компонентов, а после их химического взаимодействия в высоко щелочной среде состава 9 эта гетерогенность могла только усилиться, что и подтверждают результаты этих исследований после 550 суток гидратации (Рисунок 3 – D, E и F) исходных смесей.

Такая гетерогенность химического состава новообразований объясняется двумя основными причинами:

1 невозможностью достижения полной гомогенности на микроуровне в процессе смешивания исходных компонентов;

2 увеличением этой исходной гетерогенности вследствие различия реакций взаимодействия гетерогенных на микроуровне исходных компонентов и скорости протекания этих реакций.

Использованные методики исследования по изучению прочности образцов, контролю коэффициента линейного расширения, определению прочности при сжатии водонасыщенных образцов, морозостойкости, карбонатности, pH величины опробированы в статьях [1–9] авторов статьи.

ВЫВОДЫ

Научно обоснована возможность и целесообразность получения из местных материалов оснований дорог с применением шлакощелочных

вяжущих. Определена прочность шлакогрунта с различными добавками щелочных компонентов. Представлен комплекс экспериментальных данных, позволяющий целенаправленно использовать композиций при строительстве оснований дорог.

К 180 суткам гидратации прочность материалов увеличивается до 5,18–17,39 МПа, к 550 суткам она доходит до 7,20–21,44 МПа и, судя по динамике, будет расти и дальше, но более замедленными темпами. Прочность образцов после 24 часов полного водонасыщения колеблется в пределах 2,74–15,83 МПа, что в 2,5 раза превышает максимальный уровень требований СН 25-74 к основаниям автодорог первого класса. Коэффициент морозо-стойкости после 25 циклов замораживания-оттаивания находится в пределах 0,72–0,90, что также значительно превышает требования СН 25-74.

Введение в шлако-грунтовую смесь от 20 до 40 % щелочного красного шлама переработки боксита Павлодарского алюминиевого завода вызывает повышение прочности материалов на 180 суток – от 8,63 до 21,08 МПа и к 550 суткам достигает 11,36–22,72 МПа. На основании ранее проведённых исследований и динамики нарастания упрочнения аналогичных композиций можно ожидать дальнейший рост показателя прочности исследуемых материалов. Водонасыщенные образцы имеют прочность 4,38–16,98 МПа, а коэффициент морозостойкости находится в пределах 0,75–0,92.

Настоящими исследованиями установлено, что все вышеперечисленные свойства активированного шлака КМК, материалов из трёх компонентов (грунт-шлак-известь) и из четырёх компонентов (грунт-шлак-шлам боксита-известь) объясняются формированием преимущественно аморфных структур новообразований непостоянного химического состава группы $CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ (CSH) и аморфного калицита с небольшими включениями кристаллического калицита $CaCO_3$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Mymrin, V., Alekseev, K., Catai, R., Nagalli, A., Aibuldin, Y. K. and Bekturganov, N. S. Hazardous bauxite processing waste as principle source of environmentally friendly construction materials // J. Mineral Processing – 2015.

2 Mymrin, V. A., Alekseev, K. P., Zelinskaya, E. V., Tolmacheva, N. A., Catai, R. E. Industrial sewage slurry utilization for red ceramics production, Construction and Building Materials. – 2014. – Vol. 66. – P. 368–374.

3 Mymrin V. A., Kirill P. Alekseev, Rodrigo E. Catai, Juliana L. Rose, Ronaldo L. Izzo, André Nagalli, Cesar A. Romano. Construction material from construction and demolition debris and lime Production wastes Construction & Building Materials. – 2015. – Vol. 79. – P. 207–213.

4 **Mymrin, V. A., Ponte, H. A., Ponte, M.J.J.J.** Structure formation of slag-soil construction materials // *Materials and Structures*. – 2005. – Vol. 38. – P. 107–113.

5 **Mymrin, V. A., Ponte, H. A., Lopes, O. F., Vazquez, A.** Environment friendly method of high alkaline Bauxite's Red Mud and Ferrous Slag utilization as example of green chemistry // *Green Chemistry*. – 2003. – Vol.5. – P. 357–360.

6 **Mymrin, V. A., Ponte, H. A., Yamamoto, C. I.** Synthesis of colloidal new formations during the strengthening of different activated hydrated metallurgical slags // *Colloid and Surfaces A*. – 2003. – Vol. 220. – P. 211–221.

7 **Mymrin, V. A., Vazquez Vaamonde.** Red mud of aluminum production waste as basic component of new construction materials // *Intern J. Waste Management & Research*. – 2001 – Vol. 19. – P. 465–469.

8 **Mymrin, V.** Use of steel industrial waste as binder materials in construction // *J. RevMetal*. – 1998. – Vol. 34. – P. 441–445.

9 **Mymrin, V.** Theoretical bases of clay soils strengthening by ferrous slags for road base construction. D.Sc. thesis, Engineering Geology Faculty, Lomonosov State University (MGU), Moscow (in Russian) – 1987.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

E. K. Айбұлдинов¹, A. K. Колпек², H. A. Рамазанова³, B. A. Мымрин⁴

Инновациялық құрылыс материалдарын өндіру үшін энергетикалық өнеркәсіптік қалдықтарын пайдалану

^{1,2,3}Технология факультеті,

Қазақ технология және бизнес университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁴Федералдық технология университет,
Куритиба қ., CEP80230-901, Бразилия.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

Ye. K. Aibuldinov¹, A. K. Kolpek², N. A. Ramazanova³, V. A. Mymrin⁴

Use of energy industry waste for the production of innovative construction materials

^{1,2,3}Technological Faculty,

Kazakh University of Technology and Business,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁴Federal Technological University,
Curitiba, CEP80230-901, Brazil.

Material received on 12.08.19.

Елімізде өнеркәсіптік және азаматтық құрылыс өсімі арқасында тиімді құрылыс материалдары қажеттілігі артып келеді. Құрылыс материалдары өнеркәсібін дамытудың негізгі бағыттарының бірі – кең ауқымды кеңейту, өнім сапасын жақсарту және қалдықсыз өндірістерді құру. Бұл міндеттің шешілуі шикізат пен энергияның жаңа көздерін табу ғана емес, оларды ұтымды пайдалану. Бұған қоса, қолданыстағы өнеркәсіп өнімдерін пайдалануға ерекше назар аудару керек. Өнеркәсіптік энергия қалдықтарын өндіру процесіне кеңірек қатысу құрылыс материалдары мен бұйымдарын өндіру үшін шикізат базасын едәуір кеңейтеді. Бұдан басқа, ұлттық экономиканың әртүрлі секторларынан құрылыс материалдарын өндіру үшін қалдықтарды пайдалану қоршаған ортаны ластау проблемасын шешуге ықпал етеді, сондай-ақ бұл маңызды, осы қалдықтармен айналысатын пайдалы жерлердің үлкен учаскелерін босатуға мүмкіндік береді.

With the increase in industrial and civil construction in the country, the need for efficient building materials is growing. One of the main directions of development of the building materials industry is the expansion of the range, improving the quality of products and the creation of non-waste production. The solution of this task involves not only finding new sources of raw materials and energy, but also their rational use. Moreover, special attention should be paid to the use of existing industrial products. The widespread involvement of industrial waste in the production process significantly expands the raw material base for the production of building materials and products. In addition, the use of waste from various sectors of the national economy to produce building materials contributes to solving the problem of environmental pollution, and also, which is important, allows you to free up the huge areas of useful land occupied by this waste.

С. Ұ. Айсаев¹, Е. А. Шарипов²

¹к.п.н., доцент, Факультет инжиниринг, Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау, 130000, Республика Казахстан;

²магистрант, Факультет инжиниринг, Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау, 130000, Республика Казахстан

e-mail: ¹satzhan.aissayev@yu.edu.kz; ²esko-aziatski@bk.ru

**МҰНАЙ ӨНДІРІСІНДЕГІ ҚҰБЫРЛАРДЫҢ
СЕНІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ**

Мақалада мұнай өндірісіндегі конструкциялардың маңызды әрі, ең кең қолданылатын түрі мұнай құбырларының сенімділігін анықтау мәселесі қарастырылады. Сенімділікті анықтау жайлы көптеген жобалармен мақалалар бары белгілі. Дегеніменде Маңғыстау облысы Өзенмұнайгаз кен орыны № 224 ұңғымадан № 4 мұнай жинақтау станциясына дейінгі мұнай құбырларының пісіру жіктерінің сенімділігін анықтауды қолға алып отырмыз. Ішкі физикалық күштердің әсерінен пісіру жіктері құбыр бойындағы ең осал тұс болып табылады. Сонымен қатар пісіру жіктерін бақылауда, сенімділік анықтау әдістерінің бір түрі алынып, сол әдіспен жіктердің қанша пайызы жарамды, қанша пайызы қайта жөндеуді талап етілетіндігі жөнінде толықырақ осы мақалада көрсетіледі.

Кілтті сөздер: бұзбай бақылау, радиография, рентген.

КІРІСПЕ

Құрылғының көмегімен конструкциялардағы ақау мәндерін алу конструкция сенімділігін анықтаудың негізгі жолы. Нақты өлшеулерді тексеру кезінде басқада құралдың метрологиялық қасиеттері бағаланады. Сенімділікті анықтау, қызметтің жұмысы физикадағы негізгі ғылыми-техникалық мәселелер мен қажетті заңды және бақылаудағы функцияларды жүргізу, сонымен қатар физикалық шамалар бірліктерін орнату мен оларды эталондар көмегімен, жалпы тексеру схемаларын құрастыру, өлшеу құралдарын тексеру мен сараптау мемлекеттік сынау арқылы жүзеге асырылады.

Мұнай өндірісінің негізгі сатылары: бұрғылау, сору, тасымалдау, өңдеу болып табылады. Осы сатылардың барлығында металл конструкциялардың маңызы өте зор болып табылады. Конструкцияларды тұтастай тасымалдау

көптеген қиыншылық алып келеді. Сондықтанда конструкцияларды бөлшектеп тасымалдау өндірісте шығынның азаюына көмектеседі. Бөлшектеп жеткізілген конструкцияларды құрастыру дәнекердеу жұмыстары арқылы жүргізіледі.

Зерттеу мәселесі:

- сенімділікті анықтау құрылғысын таңдау;
- конструкциялардың зерттелу аймағын бағалау және таңдау;
- қолға алынған мәліметтерді қағаз бетіне түсіріп, конструкцияны бағалау.

Ғылыми жаңалық

Жұмыс барысында конструкциялардағы түрлі ақау түрлерінің пайыздық көрсеткішін зерттеу қарастырылады:

- радиографикалық бұзбай бақылау әдісі арқылы;

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Бұзбай бақылау жасау арқылы мұнай конструкцияларының соның ішінде құбырлардың сенімділігін анықтауға болады. Ал осы сенімділік дегеннің өзі конструкциялардың қаншалықты жұмыс істеу қабілетін көрсетеді. Сенімділік дегеніміз материалдардың: беріктігін, шіруге қарсылығын, түрлі температураға төзімділігін, қаттылығын, деформациялану барысын, қысымға төзімділігін және қанша уақыт жұмыс жасау қабілетін көрсететін физикалық термин болып табылады.

Бұзып бақылаудан бұзбай бақылаудың айырмашылығы өнімнің ары қарай жұмыс істеуіне кедергі келтірмейді және өнім тұтынушыға қолдануға жарамды болады. Бұзбай бақылау барысында материалдардың жұмыс жасай беруіне мүмкіндік бар. Мысалы құбырды алсақ оның ішінен газ, мұнай жоғары қысыммен айдалып жатқандығына қарамай бұзбай бақылаудың кейбір әдістерін жүргізуімізге болады.

Негізгі біздің білуіміз керек нәрсе бұзбайтын бақылау және техникалық диагностика жүйелерінің даму тенденциялары, ақпаратты алу және өндеудің жаңа әдістері, бұйымдар мен материалдарды бұзбай бақылауда қолданылатын техникалық құралдары мен аспаптары, параметрлерге қойылатын талаптарды қалыптастыру түрлері мен тәсілдері болып табылады.

Бұзбай бақылау жасау нысаны болып: металдар, пластикалық материалдар, шынылар, және тағыда басқа материалдар қарастырылады. Материалдардың тұтастай бөлігіндегінің бүлінуі орын алған жағдайда бұзбай бақылау жасау қажеттілігі төмендейді. Ал материалдардың қосылған және бір тұтас біріктірілген жағдайында бұзбай бақылау аясы арта түседі.

Мұнай өндірісінің басты мәселесі тасымалдау қызметі болғандықтан, мұнай өндірісінде бұзбай бақылау жүргізу құбыр жолдарында жүзеге асады. Құбыр жолдарында ақаулар құбырлардың бірігуі кезінде көптеп кездеседі.

Сондықтан біз бұзбай бақылауды құбырлардың пісіру арқылы біріктірілген аймақтарында жүргіземіз.

– Бұзбай бақылау жасамас бұрын бізге алдымен белгілі бір стандарттарға сүйенуіміз керек. Стандарттардың келесідей түрлері бұзбай бақылау әдістеріне қолданылады: МемСт 3242–79; МемСт 18353-79.

Бұзбай бақылау түрлері: магнитті, электрлік, құйынды тоқты, радиотолқынды, жылулық, оптикалық, радиографикалық, акустикалық.

Осы әдістердің ішінен біз радиографикалық бұзбай бақылау жасау әдісін, құбырлардың пісіру арқылы біріктірілген аймақтарында жүргіземіз.

Радиографикалық бұзбай бақылау барысы. Рентген сәулесі үлгіге белгілі бір фокуспен түседі. Фокустың ара қашықтығы үлгінің тегіне, қалыңдығына байланысты алыс – жақын қашықтыққа қойылады. Рентген сәулесі үлгідегі құрылымның қалыңдығына байланысты сәулелененді. Қалыңдығы жоғары бөліктерде рентген сәулесі кедергіге көп ұшырап сәулелену әлсәрейді. Ал үлгінің қалыңдығы аз бөлігінде рентген сәулеленуі мардымсыз кедергіге ұшырап сәулелену күшейеді.

Үлгінің сәулеленетін бетіне қарама-қарсы бетіне рентген касетасы орнатамыз. Касетаның ішінде металл-флуоресцирленген экрандармен қапталған пленкалар орнатамыз. Пленкалар өте сезімтал сондықтан рентген сәулесі әлсіреген тұста ақ түстің үлесі артады да, ал рентген сәулесі күшейген тұста қара түстің үлесі артады.

Рентген сәулелерінің осы қасиеті арқылы біз мұнай өндірісіндегі конструкциялардың ең көп тараған түрі құбыр жолдарында пайдалана аламыз. Құбырлардың дәнекерленген жіктеріндегі: пісірілмеген бөлігін, шлактар, нүктелік, сызықтық ақауларды көруімізге болады.

Мұнай өндірісінің негізгі мәселелердің бірі оны тасымалдау болғандықтан, конструкциялардың ең негізгі түрі құбыр жолдары екені белгілі. Құбырларды тұтастай тасымалдау және оны орнату қиын болғандықтан, оларды бөлшектеп дайындаған қолайлы. Құбырларды бір-біріне біріктіру үшін дәнекерлеу жұмыстары жүргізіледі. Дәнекерленген жіктер 5,0–6,5 МПа қысымға төзімді болуы тиіс.

Конструкцияланған құбырларды құбыр жолдарына іске қосу үшін, конструкциялар біріктірілуі қажет болып табылады. Конструкциялардың бір-біріне біріктіру үшін қажетті пісіру жұмыстары жүргізіледі. Осындай мұнай өндірісіндегі конструкциялардың сенімділігін тексеру үшін жіктерді бұзбай бақылау жасаған жөн. Бұзбай бақылаудың не артықшылығы бар, бұзбай бақылау жасау ақауы жоқ жіктерді қайта өңдеуді қажет етпейді. Тек ақауы бар жіктердің белгілінеген бөліктерін қайта өңдеу керек екенін бірден бізге анықтап береді. Ақауы жоқ жіктерді РЕАЖ (рұқсат етілмеген ақаулар жоқ) – деп белгіленеді.

Кесте 1 – Тәжірибе хаттамасы

Бақылау жасау орыны	Кен орыны «Өзенмұнайгаз», Маңғытау облысы
Объект контроля	Мұнай құбыржолы ҰНҒ№224
Бақылау өту уақыты	02.03.2019 ж.-дан 05.03.2019 ж. дейін
Бақылауға арналған НҚ	ГОСТ 7512-82
НҚ бойынша бағалау	СНиП РК 3.05.09-2002
Бақылау жабдықтары	«Арина-5» рентген аппараты
Бақылау параметрі	Сезімталдық классы – 0,3
Қоршаған орта	Жазық-дала
Бақыланатын үлгінің өлшемі, мм	Ø108x5

Кесте 2 – Бақылау барысында алынған нәтижелер

Жіктер номері	Сенімділік (Жарамды/Жарамсыз)	Анықталған ақаулардың сипаттамасы
1	2	3
1	Жарамды	РЕАЖ
2	Жарамды	РЕАЖ
3	Жарамды	РЕАЖ
4	Жарамды	РЕАЖ
5	Жарамды	РЕАЖ
6	Жарамды	РЕАЖ
7	Жарамды	Вс(5-10)
8	Жарамды	РЕАЖ
9	Жарамды	РЕАЖ
10	Жарамды	РЕАЖ
11	Жарамды	РЕАЖ
12	Жарамды	РЕАЖ
13	Жарамды	РЕАЖ
14	Жарамды	РЕАЖ
15	Жарамды	РЕАЖ
16	Жарамды	РЕАЖ
17	Жарамды	РЕАЖ
18	Жарамды	РЕАЖ
19	Жарамды	РЕАЖ
20	Жарамды	РЕАЖ
21	Жарамды	РЕАЖ
22	Жарамды	РЕАЖ
23	Жарамды	Дб(10–14)
24	Жарамды	РЕАЖ
25	Жарамды	РЕАЖ
26	Жарамды	РЕАЖ

27	Жарамды	РЕАЖ
28	Жарамды	РЕАЖ
29	Жарамды	РЕАЖ
30	Жарамды	РЕАЖ
31	Жарамды	РЕАЖ
32	Жарамды	РЕАЖ
33	Жарамды	РЕАЖ
34	Жарамды	РЕАЖ
35	Жарамды	РЕАЖ
36	Жарамды	РЕАЖ
37	Жарамды	Вс(5–12)
38	Жарамды	РЕАЖ
39	Жарамды	РЕАЖ
40	Жарамды	РЕАЖ
41	Жарамды	РЕАЖ
42	Жарамды	РЕАЖ
43	Жарамды	РЕАЖ
44	Жарамды	РЕАЖ
45	Жарамды	РЕАЖ
46	Жарамды	РЕАЖ
47	Жарамды	РЕАЖ
48	Жарамды	РЕАЖ
49	Жарамды	РЕАЖ
50	Жарамды	РЕАЖ
51	Жарамды	РЕАЖ
52	Жарамды	РЕАЖ
53	Жарамды	Db(3–9)
54	Жарамды	РЕАЖ
55	Жарамды	РЕАЖ
56	Жарамды	РЕАЖ
57	Жарамды	РЕАЖ
58	Жарамды	РЕАЖ
59	Жарамды	РЕАЖ
60	Жарамды	РЕАЖ

Сенімділікті есептеу:

$$E = \frac{A}{B} * 100 \% = \frac{4}{60} * 100 \% = 6,7\% \quad (1)$$

мұндағы:

- А – қолдануға жарамсыз жіктердің саны;
- В – бақылау жасалған барлық жіктердің саны;
- Е – ақаулардың пайыздық көрсеткіші.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл мақалада радиографиялық бұзбай бақылау нәтижесінде Маңғыстау облысындағы Өзенмұнайгаз кен орыны № 224 ұңғымадан № 4 мұнай жинақтау станциясына дейінгі мұнай құбырларының пісіру жіктерінің сенімділігін анықтадық. Бақылау нәтижесінде мұнай құбырларындағы 56 пісіру жіктері түрлі ішкі физикалық күштерге төзімді екендігі, сонымен қатар 4 пісіру жіктері қайта жөндеу талап ететіндігі анықталды. Әрбір конструкцияның сенімділігі жоғары, әрі қанша уақытқа жұмысқа жарамдылығын анықтау, өндірістегі үлкен шығындардың болмауына көмектеседі. Мұнай өндірісінің ең маңызды мәселелерінің бірі мұнай тасымалдау болып табылады. Сондықтанда осы мақалада мұнай конструкциясының ең көп қолданылатын түрі мұнай тасымалдау құбыры қарастырылған. Сонымен қатар аталмыш мұнай құбырларының сенімділігін анықталды. Бақылау нәтижесінде ұңғымадан мұнай жинау станциясына дейінгі құбырдың сенімділігі 93–94 %-ды құрады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Саурбаев, Х. А., Нарманов, Р. А., Жақсылықова, Г. Ж. Мұнай мен газды өндеудің өнеркәсіптік процестері. – Алматы : «Инжу – маржан» полиграфиялық фирмасы, 2011. – 186 б.

2 Сәурбаев, Х. А., Абызбекова, Г. М. Маңызды мұнай өнімдері. Өндірісі, сипаттамасы және қолданылуы. – Алматы : Раритет, 2006. – 19 б.

3 Нұрпейісова, М. Б. Мұнай – газ игеру мәселелері. – Алматы : Жалын, 2007. – 123 б.

4 Жұмағалиев, Т. Н., Қуандықов, Б. М. Мұнай және газ геологиясы терминдерінің орысша-қазақша түсіндірме сөздігі. – Астана : Фолиант, 2000. – 328 б.

5 Нұрсұлтанов, Ғ. М. Мұнай және газды өндіріп, өңдеу. – Алматы : Ғылым, 2000. – 25 б.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

С. Ұ. Айсаев¹, Е. А. Шарипов²

Определение надежности трубопроводов нефтедобычи

^{1,2}Факультет инжиниринг,

Каспийский государственный университет технологий и

инжиниринга имени Ш. Есенова,

г. Актау, 130000, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

*S. U. Isaev¹, E. A. Sharipov²***Determining the reliability of pipelines of oil production**

^{1,2}Faculty of Engineering,
Caspian State University of Technologies and
Engineering named after Sh. Esenov,
Aktau, 130000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 12.08.19.

В статье рассматривается вопрос определения надежности нефтепроводов важного и наиболее широко используемого типа конструкций в нефтедобывающей промышленности. Известно, что существует множество проектов и статей по определению надежности. Тем не менее, мы хотим определить надежность сварных швов нефтепроводов от скважины № 224 до нефтебазы № 4 месторождения Озенмунайгаз Мангистауской области. Под воздействием внутренних физических сил сварные швы являются наиболее уязвимыми по трубопроводу. В то же время, при контроле сварных швов был получен один вид методов определения надежности, в частности, в данной статье указывается, сколько процентов швов пригодно, сколько процентов требуется на реконструкцию.

The article considers the question of determining the reliability of oil pipelines of the most important and widely used type of structures in the oil industry. It is known that there are many projects and articles on the definition of reliability. Nevertheless, we want to determine the reliability of the welded seams of oil pipelines from well No. 224 to the oil depot No. 4 of the Ozenmunaigas field of the Mangystau region. Under the influence of internal physical forces welds are the most vulnerable in the pipeline. At the same time, one type of methods for determining the reliability was obtained during the control of welds, in particular, this article indicates how many percent of the seams are suitable, how many percent are required for reconstruction.

ГРНТИ 49.43.31

**А. З. Айтмагамбетов¹, А. Е. Кулакаева²,
Б. А. Кожаметова³, А. Жаксылык⁴**

¹к.т.н., профессор, кафедра «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»,
Международный университет информационных технологий, г. Алматы,
050013, Республика Казахстан;

²PhD докторант, кафедра «Электроника, телекоммуникации и космические
технологии», Институт информационных и телекоммуникационных
технологий, Казахский национальный исследовательский технический
университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан;

³к.т.н., ассистент-профессор, кафедра «Радиотехника, электроника и
телекоммуникации», Международный университет информационных
технологий, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан;

⁴лектор, кафедра «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»,
Международный университет информационных технологий, г. Алматы,
050013, Республика Казахстан

e-mail: altayzf@mail.ru; aigul_k.pochta@mail.ru; bagdatka_0794@mail.ru

**АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ
ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ
СПУТНИКОВОГО РАДИОМОНИТОРИНГА**

В данной работе рассматриваются алгоритмы для определения широты и долготы источников радиоизлучения для системы радиоконтроля на базе одного низкоорбитального космического аппарата. Для точности определения долготы и широты источников радиоизлучения использовались угол фазового сдвига между соседними элементами приемной активно-фазированной антенной решетки $\Delta\varphi$ и широта малого космического аппарата α . Вычисления проводились для территории Республики Казахстан в зоне области радиомониторинга для трех значений широты: 40° , 48° и 56° . Приведены блок-схемы алгоритмов для определения широты и долготы местонахождения источника радиоизлучения. Также проиллюстрирован принцип определения координат источников радиоизлучений на базе одного низкоорбитального малого космического аппарата.

Ключевые слова: радиоэлектронное средство, малый космический аппарат, источник радиоизлучения, радиомониторинг, определение местоположения.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время среди задач радиомониторинга основное место занимает пеленгация источников радиоизлучений (ИРИ). Данную процедуру можно проводить в любых климатических условиях и в любое время года [1]. Однако пеленгация ИРИ с помощью наземных средств радиоконтроля на больших территориях со сложным рельефом требует больших финансовых затрат и усложняют процедуру пеленгации. Поэтому для данного случая наиболее перспективными являются спутниковые системы радиоконтроля. Такая система обладает такими преимуществами как высокая оперативность, глобальным обзором и отсутствием недоступных для радиомониторинга участков земной поверхности. Так Президент Республики Казахстан в своем послании народу Казахстана «Казахстанский путь – 2050» от 17 января 2014 года отметил, что развитие космических технологий и использование спутниковых систем связи является стратегическим направлением для нашей республики [2].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИРИ НА БАЗЕ ОДНОГО МКА

При проектировании спутниковых систем радиоконтроля существует задача повышения качества обработки принимаемой информации при сокращении вычислительной сложности метода обработки. В отличие от наземных систем радиоконтроля при проектировании спутниковых систем радиоконтроля массогабаритные характеристики аппаратного обеспечения имеют существенные ограничения. Поэтому в данной области актуально наиболее рациональное использование вычислительных ресурсов аппаратной базы. Этим объясняется актуальность разработки новых алгоритмов обработки информации для систем спутникового радиомониторинга.

В работах [3, 4] рассматривается математическая модель и метод определения координат ИРИ на базе одного малого космического аппарата (МКА), которая позволит упростить и удешевить систему радиомониторинга радиоэлектронных средств. Сформулированы требования к высоте орбиты и состав оборудования МКА. Описана методика определения координат источника радиоизлучения при сканировании лучами антенных решеток.

В данной работе предлагается алгоритмы для определения широты и долготы ИРИ в функции погрешности определения широты малого космического аппарата (МКА). Для точности определения широты ИРИ при моделировании можно оценить в функции погрешностей двух независимых переменных: угла фазового сдвига между соседними элементами приемной активно-фазированной антенной решетки (АФАР) $\Delta\varphi$ и широты МКА α . Кроме того, точность может зависеть от величины

значения широты φ . Поэтому целесообразно выполнить вычисления в зоне области радиомониторинга (ОРМ) для трех значений широты: 40° , 48° и 56° (территория Республики Казахстан).

Высота орбиты МКА $h = 800$ км, спутник движется по орбите с линейной скоростью $V = 7,448$ км/с (угловая скорость $\omega = 0,00104$ рад/с).

Рассматриваемый алгоритм можно охарактеризовать как последовательное решение обратной и прямой задач.

Принцип определения координат ИРИ иллюстрирован на рисунке 1 [5].

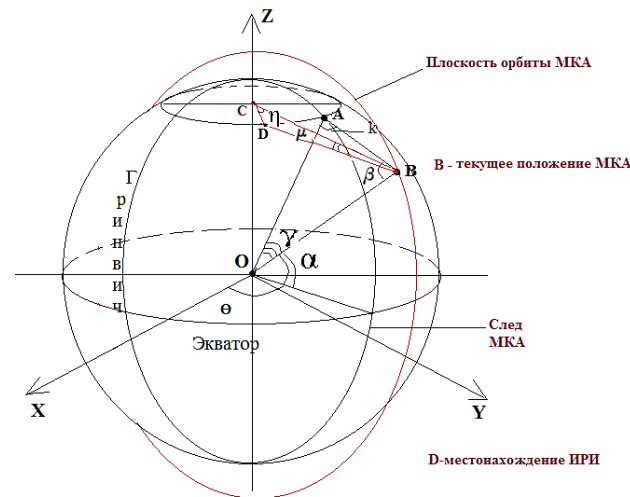


Рисунок 1 – Определение координат ИРИ на базе одного МКА

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШИРОТЫ ИРИ

1 Пусть ИРИ находится на средней широте зоны ОРМ $\varphi = 48^\circ$. Для этой широты рассчитывается расстояние от ИРИ до центра масс Земли:

$$R_3(48^\circ) = a * b / [(b^2 + a^2 \text{tg}^2 \varphi)^{0.5} * \cos \varphi] = 6366299\text{м} \quad (1)$$

2 Принимаем высоту орбиты МКА на этой широте 800000 м, тогда расстояние от МКА до центра масс Земли:

$$R_0 = R_3 + 800000 = 7166299\text{м}$$

3 При ширине диаграммы направленности АФАР $2,5^\circ$ граничное значение угла β (угол между направлениями от МКА на центр масс Земли и на ИРИ),

составляет 61,25°. Это угол равносигнальной зоны при размахе сканирования 12,5° и в данном случае начинает работу алгоритм определения широты ИРИ.

4 R_3 можно также определить, используя рисунок 2, по формуле:

$$R_3 = \frac{R_0 * \sin \beta}{\sin(\beta + \varphi - \alpha)} \quad (2)$$

Приравняв (1) и (2), получим:

$$R_3(48^\circ) = \frac{R_0 * \sin \beta}{\sin(\beta + \varphi - \alpha)} \quad (3)$$

При известных $R_3(48^\circ), R_0, \beta$ и φ из формулы (3) можно определить широту МКА:

$$\alpha = 28,53509^\circ$$

5 Из угла β вычитаем установочное значение 50°, получаем $\Delta\beta = 11,25^\circ$.

6 По формуле:

$$\Delta\beta = \arcsin(0,0034 * \Delta\varphi) \quad (4)$$

Определяем $\Delta\varphi$ (угол фазового сдвига между соседними элементами АФАР):

$$\sin 11,25^\circ = 0,1950 \text{ и } \Delta\varphi \cong 57,3725^\circ$$

7 Далее рассчитанному значению $\Delta\varphi$ вносим поочередно погрешности $\pm (0,2^\circ; 0,1^\circ; 0,05^\circ; 0,02^\circ; 0,01^\circ)$.

8 Для новых значений $\Delta\varphi_1$ рассчитываем по формуле (4) новые значения $\Delta\beta_1$, суммируя с 50°, получаем новые значения углов β_1 и по формуле:

$$a * b / [(b^2 + a^2 * \text{tg}^2 \varphi_1)^{0.5} * \cos \varphi_1] - \frac{R_0 * \sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \varphi_1 - \alpha)} = 0 \quad (5)$$

где a, b – константы; φ_1 – неявно заданная функция; α (широта МКА) = const при $\varphi = 48^\circ$.

Рассчитываем новые значения широты φ_1 , которые будут отличаться от значения $\varphi = 48^\circ$ (погрешность = $\varphi - \varphi_1$).

Вычисляем все погрешности ($48^\circ - \varphi_1$).

9 По описанному алгоритму выполняем расчеты для широты 40° и 56°, но в этом случае исключается пункт 2) и $R_0 = 7166299$ м включается в блок входных данных.

10 Строим графики зависимостей погрешности вычисления широты ИРИ от погрешности определения фазовых сдвигов АФАР, где параметрами являются широты 48°, 40° и 56°.

11 На данных графиках приводим также погрешности вычисления широты ИРИ в линейных размерах, которые можно вычислить по формуле:

$$\Delta l = (\varphi - \varphi_1) * 2\pi R_3 / 360 \quad (6)$$

Блок-схема рассмотренного алгоритма для определения широты ИРИ приведена на рисунке 2.

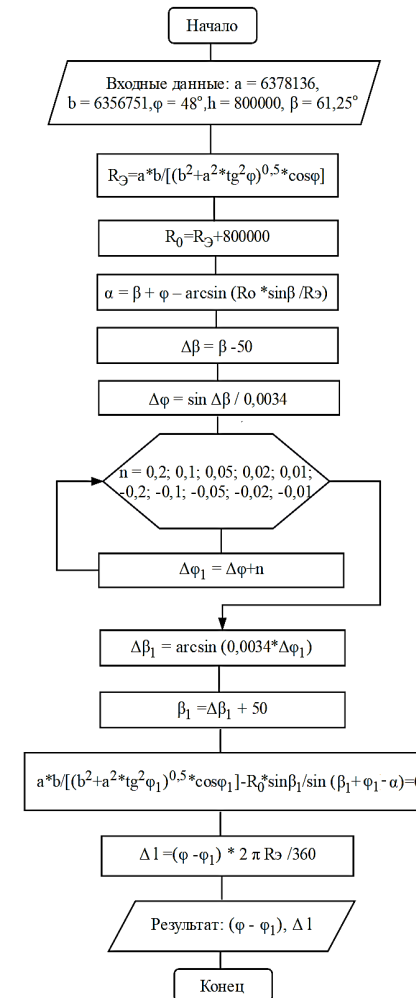


Рисунок 2 – Алгоритм определения широты ИРИ

Оценить точность вычисления широты ИРИ в функции погрешности определения широты МКА можно по алгоритму, приведенному выше. Пункты с 1 по 6 остаются неизменными и определенное значение $\Delta\varphi$ далее остается неизменным.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОТЫ ИРИ

Точность вычисления долготы при моделировании можно оценить также в функции погрешностей двух независимых переменных: угла фазового сдвига приемной АФАР $\Delta\varphi$ и долготы МКА θ . В общем виде алгоритм можно представить в виде последовательного решения обратной и прямой задач.

При решении обратной задачи по известным координатам ИРИ и МКА определяется величина фазового сдвига АФАР. При решении прямой задачи для заданных погрешностей $\Delta\varphi$ вычисляется погрешность долготы ИРИ v .

1 Заданы входные данные:

$$- R_0 = 7166299 \text{ м};$$

$$- R_3 = 6366299 \text{ м};$$

$$- \text{широта ИРИ } \varphi = 48^\circ;$$

$$- \text{долгота ИРИ } v = \theta - \eta = 60 - 5,2 = 54,8^\circ;$$

$$- \text{широта МКА } \alpha = 28,53509^\circ;$$

$$- \text{долгота МКА } \theta = 60^\circ$$

2 Выполняется расчет промежуточных параметров:

$$Z_C = R_3 * \sin\varphi = 4731082 \text{ м} \quad (7)$$

$$X_B = R_0 * \cos\alpha * \cos\theta = 3147886 \text{ м} \quad (8)$$

$$Y_B = R_0 * \cos\alpha * \sin\theta = 5452299 \text{ м} \quad (9)$$

$$Z_B = R_0 * \sin\alpha = 3423319 \text{ м} \quad (10)$$

$$BC = [X_B^2 + Y_B^2 + (Z_B - Z_C)^2]^{0.5} = 6430756 \text{ м} \quad (11)$$

$$CD = R_3 * \cos\varphi = 425988 \text{ м} \quad (12)$$

3 По формуле:

$$\eta = \arcsin\left(\frac{BC}{CD} - \sin\mu\right) - \mu \quad (13)$$

при известном значении η определяется величина $\mu = 10^\circ$

4 По формуле:

$$\mu = \arcsin(0,0034 * \Delta\varphi) \quad (14)$$

определяем $\Delta\varphi = 51,073^\circ$.

5 Этому значению $\Delta\varphi$ вносим поочередно погрешности $\pm (0,2^\circ; 0,1^\circ; 0,05^\circ; 0,02^\circ; 0,01^\circ)$.

6 Для новых значений $\Delta\varphi_1$ рассчитываем по формуле (14) новые значения μ_1 , а по формуле (13) – новые значения η_1 и далее по формуле:

$$v_1 = \theta - \eta_1 \quad (15)$$

новые значения долготы ИРИ, которые будут отличаться от исходного значения $v = 54,8^\circ$ (погрешности $v - v_1$).

7 Что касается погрешностей долготы ИРИ зависимых от погрешностей определения долготы МКА θ , то очевидно, что эти погрешности совпадают.

Блок-схема данного алгоритма для определения долготы ИРИ приведена на рисунке 3.

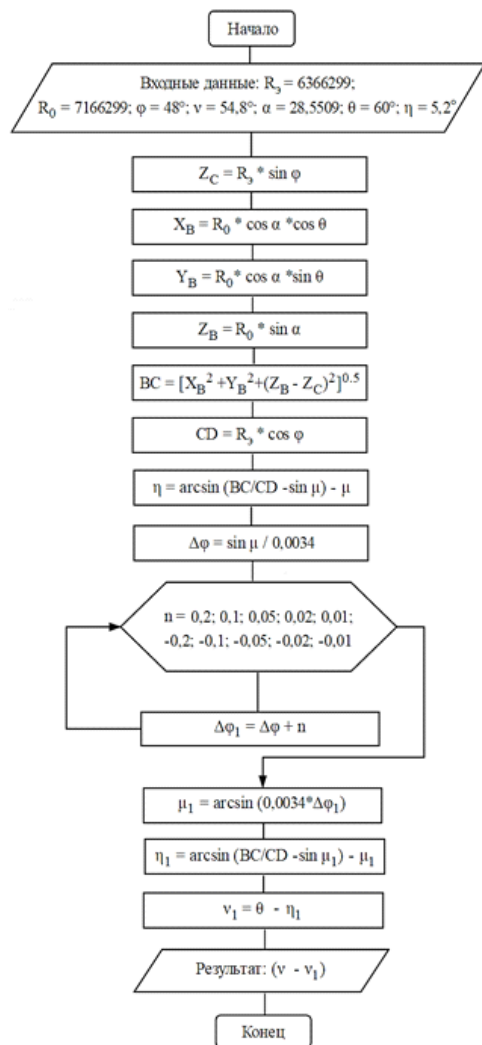


Рисунок 3 – Алгоритм определения долготы ИРИ

ВЫВОДЫ

Разработанные алгоритмы и блок-схемы уточненных алгоритмов для определения широты и долготы ИРИ на базе одного малого космического аппарата позволит повысить эффективность системы спутникового радиомониторинга.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Справочник по радиоконтролю. – Женева, МСЭ. – 2011.
- 2 Послание Президента Республики Казахстан Н. А. Назарбаева народу Казахстана от 17 января 2014 года «Казахстанский путь – 2050».
- 3 **Ворошилин, Е. П., Миронов, М. В., Громов, В. А.** Определение координат источников радиоизлучения разностно-дальномерным методом с использованием группировки низкоорбитальных малых космических аппаратов. Доклады ТУСУРа, № 1 (21), часть 2, июнь 2010, 23–28 с.
- 4 **Айтмагамбетов, А. З., Бутузов, Ю. А., Кулакаева, А. Е., Сатеров, Н. М.** Определение координат источника радиоизлучений с помощью одного малого космического аппарата. Вестник КазНИТУ, № 1 (113), январь 2016, 190–193 с.
- 5 **Айтмагамбетов, А. З., Бутузов, Ю. А., Кулакаева, А. Е., Кожаметова, Б. А., Отеуова, А. Д.** Авторское свидетельство о депонировании интеллектуальной собственности. Принцип определения координат (широты и долготы) источника радиоизлучения. Авторское свидетельство. Регистрационный № 2784 от 18 мая 2016 г.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

А. З. Айтмагамбетов¹, А. Е. Кулакаева², Б. А. Кожаметова³, А. Жаксылык⁴

Ғарыштық радиомониторинг үшін радиосәузелену көздерінің орналасуын анықтау алгоритмдер

^{1,3,4}Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті.

Алматы қ., 050013, Республика Қазақстан;

²Қ. И. Сәтбаев атындағы

Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,

Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

A. Z. Aitmagambetov¹, A. Ye. Kulakayeva², B. A. Kozhahmetova³,
A. Zhaksylyk⁴

The algorithms determine the location of emitters for satellite radiomonitoring

^{1,3,4}International Information Technologies University,
Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan;

²School of Information and Telecommunication Technologies,
K. I. Satbayev Kazakh National Research Technical University,
Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Берілген жұмыста төменгі орбиталық гарыш аппараты негізінде радиобақылау жүйесі үшін радиосәулелендіру көздерінің орналасу ендіктері мен бойлықтарын анықтау алгоритмдері қарастырылады. Радиосәулелену көзінің орналасу ендік және бойлық мәнін нақты анықтау үшін белсенді-фазаланған қабылдағыш антеннаның торлары арасында көрініс элементтерінің фазалық ығысу бұрышы $\Delta\varphi$ және шағын гараитық аппараттың ендік α мәндері қолданылды. Есептеулер Қазақстан Республикасының аумағында радиомониторинг аймағында ендіктің үш мәні үшін жүргізілді: 40° , 48° және 56° . Сонымен қатар радиосәулелену көзінің орналасу ендік және бойлық мәнін анықтау үшін блок-сұлба алгоритмдері келтірілген. Сондай-ақ төмен орбиталы бір кіші гарыш аппаратының негізінде радиосәулелендіру көздерінің координаттарын анықтау принципі көрсетілген.

This paper discusses the algorithms for determining the latitude and longitude of radio emission sources for a radio monitoring system based on a single low-orbit spacecraft. For the accuracy of determining the longitude and latitude of radio emission sources, the phase shift angle between adjacent elements of the receiving-phased antenna array and latitude spacecraft was used. Calculations were carried out for the territory of the Republic of Kazakhstan in the area of radio monitoring for three values of latitude: 40° , 48° and 56° . Given flowcharts of algorithms for determining the latitude and longitude of the location of the radio emission source. The principle of determining the coordinates of radio emission sources on the basis of one low-orbit small spacecraft was also illustrated.

FTAMP 28.23.37

A. C. Аканова¹, Н. Н. Оспанова²

¹информатика магистрі, аға оқытушы, Компьютерлік жүйелер және кәсіптік білім беру факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы;

²п.ғ.к., доцент, Физика-математика және ақпараттық технологиялар факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы
e-mail: ¹akerkegansaj@mail.ru; ²nazira_n@mail.ru

ЖАСАНДЫ НЕЙРОЖЕЛІ АРҚЫЛЫ ӨСІМДІКТЕРДІ ТАҢУ

Аталған мақалада нейрондық желінің болашақта маңызы зор екендігі туралы айтылады. Нейрондық желілер технологиясы үлкен мәліметтермен жұмыс барысында кеңінен қолданылады. Нейрондық желі алғаш зерттеушілер оның интеллектінің барлық қасиеттеріне ие бола алатындығын, яғни оқуға, бейнелерді тануға, жалпылауға және т.б. әрекеттерді орындауға икемді екенін дәлелдеген. Нейрондық желілер бір бірімен біріктірілген және өзара әрекеттесетін қарапайым процессорлардың, яғни жасанды нейрондардың жүйесі.

Нейрондық желілер мидағы биологиялық үрдістерді зерттеу және оларды әртүрлі қолданбалы есептерді шешу үшін жасанды интеллект әдісі ретінде қолдану бағыттарын қарастырады.

Бұл мақалада сондай ақ тереңдетіп нейрожеліні оқыту мәселесі қарастырылып, агротехникалық университетте өсімдіктердің әр алуан түрлерін танып, болжау үшін арнайы әзірленген программаны ұсыну қарастырылған.

Тереңдетіп нейрожеліні оқыту мәселесі белсенді түрде қолға алынып, болашақта биотехнология және өсімдіктермен жұмыс істейтін білім алушылар мен оқытушыларға қолдану үшін ыңғайлы болатын қосымша өндіріске енгізу көзделіп отыр.

Кілтті сөздер: нейрондық желі, тереңдетілген нейрожелі, жасанды интеллект, өсімдіктерді тану, мобильдік қосымша.

КІРІСПЕ

Нейрондық желі ұғымы ХХ ғасырдың ортасында пайда болған. Нейрондық желілер алғаш рет Мак-Каллок және Питтстың жұмыстарында қолданылып,

нәтижелер берген. Олар математикалық алгоритмдер мен мидың қызметі теориясы негізінде нейрондық желінің компьютерлік моделін жасап шығарған. Аталған ғалымдар нейрондарды құрылғы ретінде қарастыруға болатындығы туралы болжам жасаған. Сондай ақ олар бұндай желі интеллектінің барлық қасиеттеріне ие екендігін, яғни оқуға, бейнелерді тануға, жалпылауға және т.б. әрекеттерді орындауға икемді екенін болжай білген.

Нейрондық желілер бір бірімен біріктірілген және өзара әрекеттесетін қарапайым процессорлардың, яғни жасанды нейрондардың жүйесі.

Нейрондық желілер мидағы биологиялық үрдістерді зерттеу және оларды әртүрлі қолданбалы есептерді шешу үшін жасанды интеллект әдісі ретінде қолдану бағыттарын қарастырады.

Бұл ұғым алғаш пайда болған уақытта, ми және жұлынғағы нейрондарды зерттеуге қатысты қолданылған. Адам миы шамамен 86 миллиард нейроннан тұрады. Олардың жиынтығы нейрондық желіні құрайды. Әр нейрон көптеген дендрит пен бір аксоннан тұратын жеке жасуша. Ондағы аксон тармақталып, ақпаратты бірден бірнеше жасушаға жеткізе алады. Нейрондар электр импульстерін жіберіп қана қоймай, химиялық сигналдар жіберетін де қабілетке ие. Бұл мақала аясында тек электр импульстері жөнінде сөз қозғамақпыз. Себебі байланыстың дәл осы түрі мен бағдарламалық кеңістіктегі нейрондық желілер арасында ортақ дүниелер көбірек.

Нейрондық желіні құру бұл құрамына адамның миы да кіретін жасанды нерв жүйесін жасау болып табылады. Нейрондардың өзі ондаған миллиард элементар объектілер, олар біз үшін «ойланады», және осы саладағы зерттеушіге «ойлау» үрдісі қалай болатынын, яғни адамның миы қалай ақпаратты өңдеуді үйренетінін және сәйкес қорытындыларды жасай алуды түсінуі қажет. Нейрондық желілердің бар болу мағынасы оқыту мен бейімделуге бағытталған.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Қазіргі замандағы ең кең қолданыстағы технологиялардың бірі терендетіп нейрожеліні оқыту. Бұл технология үлкен мәліметтермен жұмыс істей алады және терендетіп оқыту өзі бетімен функцияларды құрай алады. Бүгінгі таңда осы технологияны қолданып, бейнелерді танитын көптеген программалар бар.

Қазіргі кезде өсімдіктерді тану объектіні көп мәліметтер мөлшерімен салыстыру арқылы жүзеге асырылады, бұл желілік сервистерді немесе жергілікті сақтау қоймаларын пайдалана отырып жүргізіледі, нейрожелілер басқаша қызмет етеді, ол тиімді оқытылады және көп жадты талап етпейді.

Қарапайым адам үшін өсімдіктерді тану міндеті өте күрделі, өйткені ол жеткілікті білім мен тәжірибенің жоқтығынан. Жасанды интеллект бұл

міндетті білім базасын пайдалана отырып шешуге қабілеті бар және анықтау кезінде жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді. Агротехникалық университетте осындай қосымшалардың қажеттілігі бар, ол өсімдіктердің әр алуан түрлерін болжау үшін, биотехнология және өсімдіктермен жұмыс істейтін білім алушылар мен оқытушыларға өте ыңғайлы.

Интернет ортасында аталмыш функционалы бар көптеген сервистер мен бағдарламалар бар, бірақ оларға әрдайым қамтамасыз етуге интернет желісі қажет, ал біз ұсынатын қосымшада нейрожүйе өте портативті, интернет желісімен қатар жауап беруге көп уақытты қажет етпейді.

Бұл жұмыс машиналық оқыту негізінде орындалған, машиналық оқыту – бұл мәселенің тікелей шешімі емес, бірақ көптеген ұқсас міндеттерге шешім қабылдау үрдісінде оқыту болып табылатын жасанды интеллект әдістерінің класы.

Машиналық оқытудың мақсаты адам қызметінің түрлі салаларында күрделі кәсіби міндеттерді шешуді ішінара немесе толық автоматтандыру болып табылады. Мысалға сөйлеуді тану, қимылдарды тану, қолжазба енгізуін тану, бейнелерді тану салаларында қолданыс тапты.

Машиналық оқыту фреймворктері:

Apache Spark ең танымал Hadoop отбасына қатысты. Бірақ жады ішінде деректерді өңдеу үшін бұл фреймворк (in-memory) Hadoop-дан тыс пайда болды және осы экожүйеден тыс беделі әлі де бар.

Singa машина кластері базасында желілерді жаттықтыру үшін қарапайым бағдарламалық модельді қамтамасыз етеді, сондай-ақ көптеген стандартты жаттығу тапсырмаларын қолдайды, атап айтқанда нейрондық желілер, Больцман шектелген машиналары және рекурренттік нейрондық желілер. Модельдер синхронды (бірін екіншісінен кейін) және асинхронды (бірлесіп), осы мәселе үшін ең жақсы қандай сәйкес келетініне байланысты.

Caffe – терең оқыту фреймворкі. Ол «мәнерлілік, жылдамдық және модульділік есебімен» жасалды. Бірақ, бұл ғана емес, сонымен қатар, басқа да міндеттерді шешу үшін қолданылады, соның ішінде сөйлеуді тану және мультимедиамен жұмыс істеу үшін.

Исмі	Видеосы	Лицензиясы	Ашық	Платформасы	Тілдік тәсілі	Интерфейсі	Алғашқы анықталған алқа	Алғашқы анықталған	Рекуррент желілер	Ио желілері	Параллель желілер
Apache Singa	Apache	Apache 2.0	Иә	Linux, Mac OS X, Windows	C++	Python, C++, Java	Белгісіз	Иә	Иә	Иә	Иә
Caffe	Berkeley Vision and Learning Center	BSD	Иә	Linux, Mac OS X, Windows	C++	Python, MATLAB	Иә	Иә	Иә	Иә	Белгісіз
DeepLearning4j	SkyMind, Adam Gibson тобы	Apache 2.0	Иә	Linux, Mac OS X, Windows, Android(Кроссплатформалық)	Java	Java, Scala, Clojure, Python(Keras)	Есептеулік граф	Иә	Иә	Иә	Иә
Dlib	Дэвид Кинг	Boost	Иә	Кроссплатформалық	C++	Python, C++	Иә	Иә	Жоқ	Иә	Иә
Keras	Франсуа Шолле	MIT	Иә	Linux, Mac OS X, Windows	Python	Python	Иә	Иә	Иә	Иә	Иә
Microsoft Cognit	Microsoft Research	MIT	Иә	Windows, Linux(OS X Docker арқылы)	C++	Python, C++, командалық жол.BrainScript	Иә	Иә	Иә	Иә	Иә
MXNet	Distributed (Deep) Machine Learning Community	Apache 2.0	Иә	Linux, Mac OS X, Windows, AWS, Android, iOS, JavaScript	C++	C++, Python, Julia, Matlab, JavaScript, Go, R, Scala, Perl	Иә	Иә	Иә	Иә	Иә
Neural Designer	Aethlios	Проприетарлық	Жоқ	Linux, Mac OS X, Windows	C++	GUI	Белгісіз	Белгісіз	Жоқ	Жоқ	Белгісіз
OpenNN	Aethlios	GNU LGPL	Иә	Кроссплатформалық	C++	C++	Белгісіз	Белгісіз	Жоқ	Жоқ	Белгісіз
TensorFlow	Google Brain командасы	Apache 2.0	Иә	Linux, Mac OS X, Windows	C++, Python	Python, C/C++, Java, Go	Иә	Иә	Иә	Иә	Иә
Theano	Монреальнуниверситеті	BSD	Иә	Кроссплатформалық	Python	Python	Иә	Lasagne моделдері зоопаркі арқылы	Иә	Иә	Иә
Torch	Ронан Коллофер, Корай Каукузому, Клемент Сарабет	BSD	Иә	Linux, Mac OS X, Windows, Android, iOS	C, Lua	Lua, LuaJIT, C, C++, OpenCL, атақсана утилиттері	Атақсана арқылы	Иә	Иә	Иә	Иә
Mathematica	Wolfram Research	Проприетарлық	Жоқ	Windows, Mac OS X, Linux	C++	командалық жол, Java, C++	Иә	Иә	Иә	Иә	Иә

Сурет 1 – Терең машиналық оқыту бағдарламаларын салыстыру

Жоғарыдағы 1-суретте бірнеше терең машиналық оқыту бағдарламаларына жүргізілген талдау нәтижесі ұсынылған.

Суреттерді танудағы терең оқытудың көптеген фреймворктердің бірі TensorFlow болып табылады.

TensorFlow – бұл адамның қабылдау сапасына жету үшін кескіндерді автоматты түрде табуға және жіктеуге арналған нейрондық желіні құру және оқыту мәселелерін шешу үшін Google әзірлеген компьютерлік оқытуға арналған ашық бағдарламалық жасақтама кітапханасы. Ол зерттеу үшін және Google өнімдерін дамыту үшін қолданылады.

Tensorflow бағдарламасы арнайы тензор объектілерін пайдаланады. Ол кесте түрінде орналасатын сандық мәндердің тобымен анықталатын және арнайы ереже бойынша бір координата жүйесінен екіншісіне өткен кезде түрленетін физикалық шама. Тензор көбінесе сандармен толтырылған көп өлшемді кесте ретінде ұсынылады – тензордың компоненттері.

Tensorflow моделін қолдана отырып өсімдіктерді тануға болады. Ол үшін қолданылатын бағдарламалық жабдықтар:

- 1 Ubuntu жүйесі 14 немесе одан жоғары;
- 2 Cuda Toolkit бағдарламасы;
- 3 Python 3.6, Anaconda (опционалды);

Жасанды нейрондық жүйе бағдарланбайды, оның алгоритмдері оқыту кезінде пайда болады. Оқыту мәліметтеріне белгілі талаптар қойылады:

- суреттердің орташа сапасы;

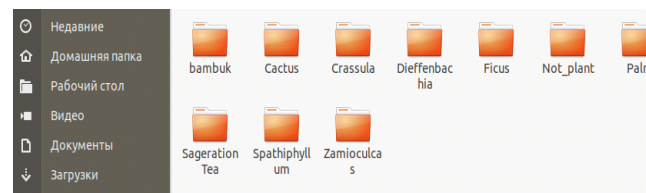
- суреттің 70 %-ы нысан болуы қажет;
- нысан әртүрлі бұрыштардан түсірілуі.

Әр өсімдіктіке арнайы бума (класс) болу қажет, буманың ішіндегі суреттердің 80 %-ы оқытуға, ал 20 %-ы тестілеуге пайдаланылады.

Кактус, толстянка, диффенбахия, фикус, пальма, шайдік сагерция, спатифиллум, замиокулькас, бамбук сияқты өсімдіктердің кластары құрылды:

Класқа қойылатын талаптар:

- атауы латын әріптерімен жазылуы қажет;
- кластарға бір қарама-қарсы класс болуы қажет бұл background-тың бейнелері.



Сурет 2 – Бумаларды(класстарды) құру

Жасанды нейрондық жүйе оқыту кезінде итерация санын белгілеу керек, бұл тану сапасына әсер етеді және оқыту қарамақайшы энтропиянын кемуіне әкеледі.

```

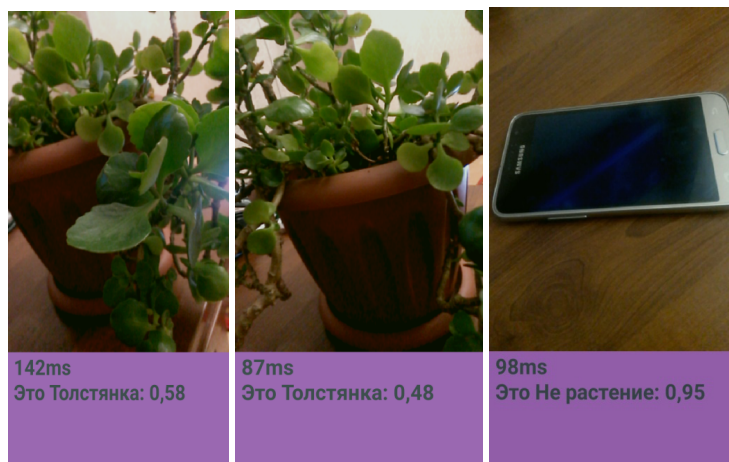
Файл  Правка  Вид  Поиск  Терминал  Справка
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:49.145326: Step 6460: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:49.145826: Step 6460: Cross entropy = 0.000263
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:49.262590: Step 6460: Validation accuracy = 89.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:50.314420: Step 6470: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:50.315019: Step 6470: Cross entropy = 0.000221
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:50.435453: Step 6470: Validation accuracy = 89.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:51.677282: Step 6480: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:51.677844: Step 6480: Cross entropy = 0.000292
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:51.781174: Step 6480: Validation accuracy = 92.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:52.854846: Step 6490: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:52.855445: Step 6490: Cross entropy = 0.000297
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:52.984147: Step 6490: Validation accuracy = 91.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:54.078451: Step 6499: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:54.078991: Step 6499: Cross entropy = 0.000263
INFO:tensorflow:2018-12-23 21:25:54.209392: Step 6499: Validation accuracy = 94.0% (N=100)
INFO:tensorflow:Final test accuracy = 87.0% (N=23)
INFO:tensorflow:Froze 2 variables.
Converted 2 variables to const ops.
    
```

Сурет 3 – Жасанды нейрондық жүйе оқыту

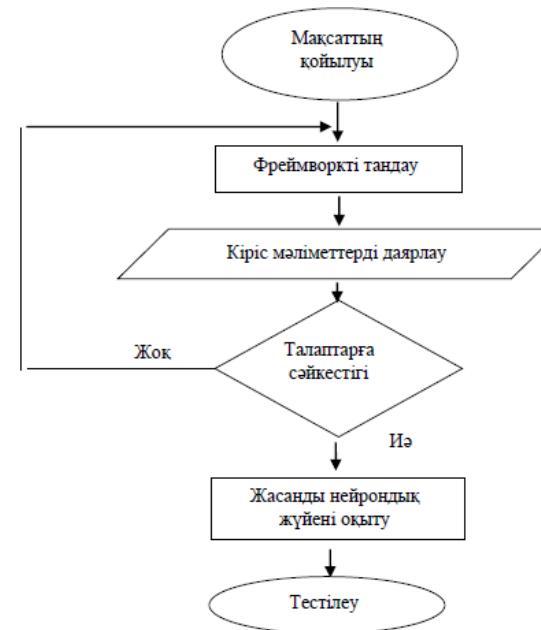
Жұмыстың соңғы кезеңі, TensorFlow lite фреймворк негізінде бағдарламаны жасау, оны тікелей Android Studio жобасына импорттауға болады. Ол үшін TensorFlow моделін Tensorflow lite моделіне ауыстыру қажет.

Бағдарламаның басты ерекшелігі оффлайн режимінде жұмыс істеу болып табылады.

Тестілеу үрдісі. Бағдарламаны тестілеу барысында Android 9.0 операциялық жүйесімен жабдықталған смартфон пайдаланылды.



Сурет 4 – Қосымшаны тестілеу



Сурет 5 – Жұмыс жасау алгоритмі

5-суретте жасанды нейрондық жүйені оқыту бойынша орындалатын жұмыстың алгоритмі келтірілген. Алдымен жұмыстың мақсатын дұрыс анықтап қою керек, содан кейін фреймворкті таңдау керек болады. Кіріс мәліметтер енгізілгеннен кейін оларды қажетті талаптарға сәйкестігі тексеріледі. Талаптарға сәйкес болған жағдайда жасанды нейрондық оқыту орындалып, тестілеуге беріледі.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Барский, А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 176 с: ил.

2 Сайт материалы <https://neuronus.com/history/5-istoriya-nejronnykh-setej.html>

3 Aduov, M. A., Kapov, S. N. and Nukusheva, S. A. Structural Analysis of Seeding Process and Mineral Fertilizers Introduction in the Soil // Biomedical and Pharmacology Journal. – ISSN: 09746242. – Volume 8. – Issue 2. – 2015. – P. 675–682.

4 Бузенков, Г. М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г. М. Бузенков, С. А. Ма. – М. : Машиностроение, 1976.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

A. S. Akanova¹, N. N. Ospanova²

Распознавание растений с помощью искусственных нейросетей

¹Факультет компьютерных систем и профессионального образования, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²Факультет физики, математики и информационных технологий, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 12.08.19.

A. S. Akanova¹, N. N. Ospanova²

Recognition of plants using artificial neural networks

¹Faculty of Computer Systems and Professional Education, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

²Faculty of Physics, Mathematics and Information Technology, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 12.08.19.

В данной статье говорится о том, что нейронная сеть имеет важное значение в будущем. Технология нейронных сетей широко используется в работе с большими данными. Исследователи нейронной сети доказали, что нейронная сеть может обладать всеми свойствами интеллекта, т.е. распознавать, обобщать и т.д. Нейронные сети это система простых процессоров т.е. искусственных нейронов, которые объединены и взаимодействуют друг с другом.

Нейронные сети рассматривают направления исследования биологических процессов в мозге и их использования в качестве метода искусственного интеллекта для решения различных прикладных задач.

В данной статье также рассмотрен вопрос глубокое обучение нейросетей, в агротехническом университете предусмотрено представление специально разработанной программы для изучения и распознавания различных видов растений.

В дальнейшем планируется внедрение в производство, которое будет удобно для использования обучающимся и преподавателям, работающим в сфере биотехнологии и растения.

This article States that a neural network is important in the future. The technology of neural networks is widely used in working with big data. Neural network researchers have proven that a neural network can possess all the properties of intelligence, i.e. recognize, generalize, etc. Neural networks are a system of simple processors i.e. artificial neurons that are combined and interact with each other.

Neural networks consider the directions of research of biological processes in the brain and their use as a method of artificial intelligence to solve various applications.

This article also deals with the issue of deep training of neural networks, the AgroTechnical University provides a specially designed program for the study and recognition of different species of plants.

In the future, it is planned to introduce into production, which will be convenient for students and teachers working in the field of biotechnology and plants.

**А. М. Акуов¹, Б. С. Келаманов², Е. К. Самуратов³,
Е. У. Жумагалиев⁴, М. Т. Куантаева⁵**

¹к.т.н., ст. преподаватель, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан;

²к.т.н., зав. кафедрой, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан;

³к.т.н., ст. преподаватель, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., ст. преподаватель, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁵магистрант, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан

e-mail: ¹akuov.am@mail.ru; ²kelamanov-b@mail.ru; ³samuratov.ek@mail.ru; ⁴erlan_zhumagalie@mail.ru

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃

В статье рассмотрены фазовые равновесия пятикомпонентной оксидной системы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ с помощью методов термодинамически-диаграммного анализа. В результате выполненных расчетов получено, что данная система состоит из 50 инконгруэнтно- и конгруэнтноплавящихся сложных соединений. Также по методу Хиза установлены фазовые составы промышленных и лабораторных шлаков рафинированного феррохрома. В фазовом составе шлаков силикотермического феррохрома преобладают соединения на основе оксидов кальция и магния, а в алюмосиликотермическом – на основе оксидов алюминия и магния.

Ключевые слова: термодинамически-диаграммный анализ, шлак, фазовый состав, рафинированный феррохром, алюминотермия, силикотермия.

ВВЕДЕНИЕ

Шлаки рафинированного феррохрома представляют собой многокомпонентную систему оксидов – продуктов восстановления хромсодержащего сырья кремнистым или кремнеалюминиевым восстановителями, в частности, хромовой руды и концентратов, подвергшихся пирометаллургическому переделу в рафинировочных электропечах.

Вещественно-структурное описание вышеуказанных шлаков можно охарактеризовать пятикомпонентной оксидной системой CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃, потому что арифметическая сумма содержания этих оксидов близка к 100 %.

Разработанный в Химико-металлургическом институте им. Ж. Абишева (г. Караганды, Казахстан) метод анализа геометрической термодинамики – термодинамически-диаграммный анализ (ТДА), особо эффективен в плане приложения к металлургической технологии, поскольку позволяет выявить особенности фазового состояния вовлекаемых в металлургический передел сырьевых материалов. При этом конечным результатом таких исследований является диаграмма фазового состава отдельно взятой системы, наиболее близкой к составам изучаемого рудного сырья или конечного продукта металлургического передела. На основе построенной диаграммы можно наглядно проследить динамику изменения фазовых превращений в природном сырье и прогнозировать конечное его состояние.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Выполнено определение фазовых закономерностей превращения в оксидных системах на основе хрома и областей составов в сложных хромсодержащих расплавах, способствующих образованию технологичных шлаков. В связи с этим выполнены теоретические исследования и проведены расчеты по установлению фазово-структурных особенностей в пятикомпонентной системе оксидов CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ (где, С-CaO; М-MgO; S-SiO₂; А-Al₂O₃; Cr-Cr₂O₃), которые непосредственно характеризуют составы хроморудного сырья и шлаков производства рафинированного феррохрома силикотермическим и алюмосиликотермическим способами.

Исследование системы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ с целью построения ее диаграммы фазовых соотношений впервые осуществлено Бережным А. С. [1]. Вследствие внесенных исправлений по разбивке системы пришли к необходимости уточнения некоторых элементарных пентатопов, в ряде которых имеются два вставных пентатопа с относительными объемами:



При исследовании системы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ методом ТДА необходимо исходить из разбивки граничных подсистем на элементарные политопы. Но, перед разбивкой, необходимо, в первую очередь, описать термодинамически устойчивые оксиды различной сложности, составляющие рассматриваемую систему.

Принятые координаты (на основе массового состава) и температуры плавления, а также данные по устойчивости (разложению) оксидных соединений системы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃, используемых в дальнейшем при изучении их полей кристаллизации, представлены в таблице 1. В системе образуются 19 конгруэнтно- и целый ряд инконгруэнтноплавящихся простых и сложных оксидных соединений.

Таким образом, на основе данных таблицы 1 необходимо изучить 28 простых и сложных оксидных соединений.

Таблица 1 – Простые и сложные оксидные соединения в системе CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃

№ п.п.	Соединения		Координаты на основе массового состава					Температура плавления и устойчивость соединений
	Наименование	Формула	Cr	A	S	M	C	
1.	Эсколаит	Cr	1000	0	0	0	0	2551K
2.	Корунд	A	0	1000	0	0	0	2303K
3.	Кремнезем	S	0	0	1000	0	0	1986K
4.	Периклаз	M	0	0	0	1000	0	3058K
5.	Известь	C	0	0	0	0	1000	2898K
6.	Кальциевый глинозем	CA6	0	916	0	0	084	2048K, инконг-но
7.	Ибонит	CA2	0	784	0	0	216	1993K, конг-но
8.	Алюминат кальция	CA	0	645	0	0	355	1873K, конг-но
9.	Майенит	C12A7	0	515	0	0	485	1728K, конг-но
10.	3-х калыц. алюминат	C3A	0	377	0	0	623	1812K, инконг-но
11.	Хромат кальция	CCr	730	0	0	0	270	2323K, конг-но
12.	Магнезиохромит	MCr	791	0	0	209	0	2453K, конг-но
13.	Шпинель	MA	0	717	0	283	0	2408K, конг-но
14.	Волластонит	CS	0	0	517	0	483	1817K, конг-но
15.	Ранкинит	C ₃ S ₂	0	0	417	0	583	1737K, инконг-но
16.	Ларнит	C ₂ S	0	0	349	0	651	2403K, конг-но
17.	Алит	C ₃ S	0	0	263	0	737	2083K, инконг-но
18.	Форстерит	M ₂ S	0	0	427	573	0	2133K, конг-но
19.	Энстатит	MS	0	0	599	401	0	1836K, инконг-но

20.	Диопсид	CMS ₂	0	0	555	186	259	1664K, конг-но
21.	Монтichelлит	CMS	0	0	384	258	358	1703K, инконг-но
22.	Окерманит	C ₂ MS ₂	0	0	441	148	411	1723K, конг-но
23.	Мервинит	C ₃ MS ₂	0	0	365	123	512	1763K, инконг-но
24.	Муллит	A ₃ S2	0	718	282	0	0	2123K, конг-но
25.	Геленит	C ₂ AS	0	372	219	0	409	1863K, конг-но
26.	Сапфирин	M ₄ A ₃ S ₂	0	644	152	204	0	1748K, инконг-но
27.	Кордиерит	M ₂ A ₂ S ₃	0	349	513	138	0	1733K, инконг-но
28.	Анортит	CAS ₂	0	366	433	0	201	1826K, конг-но

Примечание – Здесь и далее по тексту приводятся сокращенные обозначения оксидов: Cr-Cr₂O₃; A-Al₂O₃; S-SiO₂; M-MgO; C-CaO.

В работах [1–3] рассмотрены составляющие системы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ 5 четырехкомпонентных систем: системе CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃; CaO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃; CaO-MgO-Al₂O₃-Cr₂O₃; CaO-MgO-SiO₂-Cr₂O₃; MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃.

Представленные сведения по граничным четверным системам, исходящие из субсолидусного строения пяти составляющих четырехкомпонентных подсистем, достаточны для проведения непротиворечивой разбивки концентрационного пространства пентатоп системы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ на элементарные квазисистемы. Бинарные равновесия в рассматриваемой пятикомпонентной системе определены с применением результатов полиэдрации составляющих подсистем. Исходя из результатов тетраэдрации указанных выше пяти четверных систем элементарные пентатопы общей системы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ проще установить путем выписывания родственных (отличающиеся одним компонентом) тетраэдров подсистем. Далее, посредством суммирования этих тетраэдров, выводится результирующий пентатоп общей системы. Затем, исключением одного из компонентов этого пятивершинника, можно свести к тетраэдру подсистемы общей системы, чтобы отыскать следующий пятивершинник, смежный найденному [1–3].

В результате, учитывая квазибинарность оксидов и анализируя по родственному методу все тетраэдры пяти четверных подсистем, строим диаграмму фазового состава системы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃. Однако, согласно метрике геометрического отображения многокомпонентных систем [4], из-за наличия 2 типов элементарных политопов (типичных и вставных), верность разделения n-компонентной системы на квазисистемы контролируют по равенству суммы относительных объемов пентатопов единице. Анализ фазовых равновесий соединений пятерной системы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃, моделирующих фазовые составы шлаков силикотермического,

алюминотермического, алюмосиликотермического феррохрома, приводит к выводу о том что, рассматриваемая нами пятикомпонентная система состоит из 50 элементарных пентатопов [3]. Результированные элементарные квазисистемы и их объемы обобщены в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень пентатопов системы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃

№ п/п	Пентатопы	Элементарные объемы
1	C-M-C ₃ S-C ₃ A-CCr	0,072380
2	M-C ₃ S-C ₂ S-C ₃ A-CCr	0,023668
3	M-C ₂ S-C ₃ A-C ₁₂ A ₇ -CCr	0,035158
4	M-C ₂ S-C ₁₂ A ₇ -CA-CCr	0,033120
5	M-C ₂ S-CA-MA-CCr	0,064848
6	M-C ₂ S-CCr-MA-MCr	0,053442
7	M-C ₃ MS ₂ -C ₂ S-MA-MCr	0,033420
8	M-C ₃ MS ₂ -CMS-MA-MCr	0,037397
9	M-M ₂ S-CMS-MA-MCr	0,086697
10	C ₂ MS ₂ -M ₂ S-CMS-MA-MCr	0,012866
11	C ₂ MS ₂ -M ₂ S-CMS ₂ -MA-MCr	0,027780
12	CAS ₂ -M ₂ S-CMS ₂ -MA-MCr	0,018307
13	CAS ₂ -M ₂ S-M ₂ A ₂ S ₅ -MA-MCr	0,033497
14	CAS ₂ -M ₂ S-M ₂ A ₂ S ₅ -MS-MCr	0,009544
15	CAS ₂ -M ₂ S-CMS ₂ -MS-MCr	0,012897
16	CMS-C ₂ MS ₂ -C ₂ AS-MA-MCr	0,006624
17	C ₃ MS ₂ -CMS-C ₂ AS-C ₂ MS ₂ -MCr	0,002879
18	MA-C ₂ S-C ₃ MS ₂ -C ₂ AS-MCr	0,004895
19	CMS-C ₂ S-C ₃ MS ₂ -C ₂ AS-MCr	0,000052
20	C ₂ MS ₂ -C ₂ S-C ₃ MS ₂ -C ₂ AS-MCr	0,002633
21	MA-CA-C ₂ S-C ₂ AS-CCr	0,009499
22	CAS ₂ -MS-CMS ₂ -S-Cr	0,038012
23	Cr-C ₂ AS-C ₂ S-MCr-CCr	0,007326
24	C ₂ S-C ₃ S ₂ -C ₂ AS-MCr-Cr	0,005287
25	C ₂ S-C ₃ S ₂ -C ₂ AS-C ₂ MS ₂ -MCr	0,002961
26	C ₂ AS-CS-C ₃ S ₂ -Cr-MCr	0,007775
27	C ₂ MS ₂ -C ₂ AS-CS-C ₃ S ₂ -MCr	0,004355

28	CS-C ₂ MS ₂ -C ₂ AS-CAS ₂ -MCr	0,009110
29	CAS ₂ -C ₂ AS-CS-Cr-MCr	0,022023
30	C ₂ MS ₂ -CAS ₂ -CMS ₂ -CS-MCr	0,005185
31	CAS ₂ -CMS ₂ -CS-Cr-MCr	0,013896
32	MA-CAS ₂ -CMS ₂ -C ₂ MS ₂ -MCr	0,016954
33	MA-CAS ₂ -C ₂ AS-C ₂ MS ₂ -MCr	0,023578
34	CAS ₂ -CS-CMS ₂ -S-Cr	0,032881
35	C ₂ AS-MCr-MA-Cr-CCr	0,008861
36	C ₂ AS-CA-CA ₂ -MA-CCr	0,006289
37	C ₂ AS-CA ₆ -CA ₂ -MA-CCr	0,005972
38	C ₂ AS-CA ₆ -Cr-MA-CCr	0,015328
39	C ₂ AS-CAS ₂ -CA ₆ -MA-Cr	0,032574
40	A-CAS ₂ -CA ₆ -MA-Cr	0,010293
41	A-CAS ₂ -A ₃ S ₂ -MA-Cr	0,016041
42	M ₄ A ₅ S ₂ -CAS ₂ -A ₃ S ₂ -MA-Cr	0,004168
43	M ₄ A ₅ S ₂ -CAS ₂ -A ₃ S ₂ -M ₂ A ₂ S ₅ -Cr	0,013078
44	CAS ₂ -M ₂ A ₂ S ₅ -MA-MCr-Cr	0,015452
45	CAS ₂ -MS-CMS ₂ -MCr-Cr	0,011867
46	CAS ₂ -MS-M ₂ A ₂ S ₅ -MCr-Cr	0,008782
47	CAS ₂ -A ₃ S ₂ -M ₂ A ₂ S ₅ -S-Cr	0,019916
48	CAS ₂ -MS-M ₂ A ₂ S ₅ -S-Cr	0,028130
49	C ₂ AS-CAS ₂ -MA-MCr-Cr*	0,019942
50	MA-MCr-C ₂ S-C ₂ AS-CCr*	0,007828
Сумма		0,995467
Примечание – * – вставной пентатоп		

Исследованы фазовые равновесия в модельной для шлаков хромистых ферросплавов системе CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃. Разбивка общей системы выполнена с учетом всех компонентов, приводящих к частным граничным системам. Сумма относительных объемов элементарных пентатопов системы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ практически равна единице (0,995467). Это свидетельствует об отсутствии «переходных» пентатопов при разбивке данной системы, поскольку последняя была выполнена с учетом всех политопов, приводящих к частным четырехкомпонентным системам. При этом нет необходимости ориентироваться на наличие прямых, пересекающихся координационный пентатоп, т.е. расположенных в четырехмерном

пространстве, поскольку наличие таковых само по себе не определяет образования элементарных пентатопов [4].

Выполнено установление пентатопов, характеризующих составы шлаков выплавки рафинированного феррохрома. На основании результатов теоретических исследований и расчетов были выведены коэффициенты и уравнения трансформации для установления нормативных составов изучаемых материалов, использованные нами в дальнейших исследованиях. При применении результатов ТДА к шлакам ряда хромистых ферросплавов, прежде всего, необходимо найти те элементарные пентатопы, в которых они расположены. Затем, ориентируясь на расположение шлаков в том или ином пентатопе, а также на нормативное распределение их основных компонентов между соединениями (вторичными фазами), находящимися на вершинах данного пентатопа, можно дать качественную и количественную технологическую оценку изучаемых материалов. Для определения нормативного состава, химические составы различных расплавов выплавки хромистых ферросплавов, приведенные в таблице 3 и были пересчитаны на пять оксидов системы. Затем, по таблице 2 были установлены их положения в факторном пространстве этой системы с вычислением нормативного количества вторичных фаз в соответствующих пентатопов (таблица 4).

Шлаки рафинированного феррохрома отечественных и российских производителей, характеризующиеся по вещественному составу (таблица 3) высоким содержанием оксида кальция и отношением $CaO/SiO_2=1,70-2,02$, располагаются в пентатопов № 6 $M-C_2S-CCr-MA-MCr$ и №7 $M-C_3MS_2-C_2S-MCr-MA$ (таблица 4), относящихся к кальциево-магнезиальной части системы и являющихся наиболее объемными ($V=0,053442$ и $0,033420$, соответственно) пентатопами системы. Нормативные количества вторичных фаз вычисляются по выражениям:

Пентатоп № 6:

$$M = -0,26422 \cdot Cr - 0,39470 \cdot A - 1,33255 \cdot S + 1,00000 \cdot M + 0,71438 \cdot C$$

$$C_2S = 2,86533 \cdot S$$

$$CCr = -6,90863 \cdot S + 3,70370 \cdot C$$

$$MA = 1,39470 \cdot A$$

$$MCr = 1,26422 \cdot Cr + 6,37585 \cdot S - 3,41808 \cdot C$$

Пентатоп № 7:

$$M = -0,26422 \cdot Cr - 0,39470 \cdot A - 1,35885 \cdot S + 1,00000 \cdot M + 0,72848 \cdot C$$

$$C_3MS_2 = 11,04757 \cdot S - 5,92258 \cdot C$$

$$C_2S = -8,68872 \cdot S + 6,19410 \cdot C$$

$$MCr = 1,26422 \cdot Cr$$

$$MA = 1,39470 \cdot A$$

Особенностью шлаков, расположенных в пентатопов №№ 6–7, является присутствие в их фазовом составе соединений на основе оксида кальция, что указывает на работу при повышенных значениях основности шлака, которые практикуются на отечественных и российских ферросплавных заводах.

Как известно, в зависимости от назначения, рафинированный феррохром выплавляют алюминотермическим способом, а шлаки располагаются в пентатопе № 21 (таблица 4) с объемом $V=0,009499$ и их нормативный состав описывается следующими выражениями:

$$MA = 3,53357 \cdot M$$

$$CA = -1,04187 \cdot Cr - 5,25445 \cdot S + 2,81690 \cdot C$$

$$C_2S = -1,13630 \cdot Cr - 1,69092 \cdot A - 2,86539 \cdot S + 4,28406 \cdot M + 3,07223 \cdot C$$

$$CCr = 1,36986 \cdot Cr$$

$$C_2AS = 1,81082 \cdot Cr + 2,69466 \cdot A + 9,13252 \cdot S - 6,82710 \cdot M - 4,89593 \cdot C$$

В результате расчетов установлено, что шлаки выплавки рафинированного феррохрома с применением комплексного сплава АХС (алюминий-хром-кремний) находятся в пентатопе №18 $MA-MCr-C_2S-C_2AS-C_3MS_2$ ($V=0,004895$) (таблица 4) с различным содержанием вторичных компонентов, которые располагаются в магнезиально-глиноземном сегменте общей системы. Аналитические выражения вторичных фаз имеют следующий вид:

$$MCr = 1,26422 \cdot Cr$$

$$MA = -0,93365 \cdot Cr - 4,80159 \cdot S + 3,53357 \cdot M + 2,57413 \cdot C$$

$$C_2S = -1,13749 \cdot Cr - 1,69921 \cdot A - 14,53865 \cdot S + 4,30506 \cdot M + 9,33024 \cdot C$$

$$C_3MS_2 = 11,04757 \cdot S - 5,92258 \cdot C$$

$$C_2AS = 1,80394 \cdot Cr + 2,69476 \cdot A + 9,27737 \cdot S - 6,82736 \cdot M - 4,97358 \cdot C$$

Таблица 3 – Средневзвешенный химический состав шлаков хромистых ферросплавов, выплавляемых силикотермическим, алюминотермическим и алюмосиликотермическим способами

Материал	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	CaO/SiO ₂
Шлак РФХ СЗФ [5]	4,32	29,11	1,34	49,56	4,34	11,32	1,70
Шлак РФХ ЧЭМК [5]	5,81	26,14	1,26	49,15	4,89	12,65	1,88
РИР ЧЭМК [5]	25,65	5,23	6,65	44,78	4,12	13,23	8,56
Шлак мет. хрома [6]	8,01	0,63	0,09	8,59	79,27	3,41	13,63
Шлак с/у ФХ [6]	7,01	2,67	3,56	19,78	53,42	13,55	7,41
Шлак б/у ФХ [6]	3,24	4,53	0,61	14,57	57,76	19,22	3,22
Шлак № 1 РФХ АктЗФ [7]	6,53	25,60	1,13	47,60	6,44	12,70	1,86
Шлак № 2 РФХ АктЗФ [7]	4,75	24,85	1,25	50,15	4,35	14,15	2,02
Опытный шлак № 1 [3]	4,89	24,17	1,36	34,89	11,87	18,50	1,44
Опытный шлак № 2 [3]	5,22	24,78	1,89	40,24	14,57	13,58	1,62
Опытный шлак № 3 [3]	6,60	24,02	1,45	38,16	17,54	12,23	1,59

88 Таблица 4 – Вещественные и нормативные фазовые составы шлаков хромистых ферросплавов на базе системы $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$

Материал	№ пента тона	Вещественный состав, %					Нормативный фазовый состав, %																			
		C	M	S	A	Cr	Ca	Ca ²⁺	Ca	Ca ³⁺	Cr	Cr ₂	Cr ₃	Cr ₂ AS	C ₃ MS ₂											
Шлак РФХ СЭФ	7	49,94	12,33	28,53	4,67	4,53	-	-	-	-	6,36	-	-	-	56,88	5,77	6,58	-	-	-	-	-	-	24,41		
Шлак РФХ ЧЭМК	6	50,49	11,03	26,51	5,93	6,04	-	-	-	-	8,02	-	-	-	76,26	4,11	7,75	-	-	-	3,86	-	-	-	-	
РНР ЧЭМК	1	46,37	13,14	7,34	6,42	26,73	14,11	16,05	-	-	14,11	-	9,75	-	-	-	-	-	-	-	37,97	22,12	-	-	-	
Шлак мет. хрома	4	9,07	3,45	0,62	80,73	6,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,21	-	-	-	5,14	-	-	-	-	
Шлак с/у ФХ	21	20,51	13,69	6,06	55,53	4,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49,98	-	-	-	5,67	-	-	-	-	
Шлак №1 РФХ АкгЭФ	6	49,32	12,52	25,77	6,60	5,79	9,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65,61	-	-	-	6,54	-	-	-	-	
Шлак №2 РФХ АкгЭФ	7	50,15	13,15	27,65	4,35	4,70	6,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,18	-	-	-	6,11	-	-	-	10,85	
Опытный шлак №1	18	38,15	14,54	25,39	16,85	5,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,98	-	-	-	6,41	-	-	-	1,12	
Опытный шлак №2	18	38,42	14,76	24,55	16,43	5,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,44	-	-	-	8,21	-	-	-	11,81	
Опытный шлак №3	18	38,16	12,23	24,47	18,54	6,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,80	-	-	-	8,34	-	-	-	15,58	
																										44,31

Проведенными теоретическими исследованиями по установлению фазовых равновесий в системе $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ и формированию полей кристаллизации фаз в главных ее сечениях показано, что в областях, непосредственно характеризующих составы шлаков алюмосиликотермического феррохрома, преобладают магнезиальные и глиноземные вторичные соединения, в незначительном количестве – вторичные соединения на основе оксида кальция, чем объясняется значительное снижение концентрации $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (от 56,88–76,26 % в шлаках ряда приведенных заводов до 13,94–22,21 % в шлаках по разработанной технологии) и появление в фазовом составе шлака фазы $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (до 1,12–15,58 %) в опытных шлаках.

ВЫВОДЫ

1 Определено, что рассматриваемая система разбивается на 50 элементарных квазисистем, состоящих из инконгруэнтноплавящихся и конгруэнтноплавящихся соединений. Для каждого из пентатопов определены аналитические выражения, которые позволяют определить их местоположение в факторном пространстве общей системы с вычислением их нормативных фазовых составов. Сумма относительных объемов элементарных пентатопов системы $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ практически равна единице (0,995467), что подтверждает верность проведенных расчетов.

2 Расчетным путем установлены квазиобъемы в системе $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$, моделирующие составы образующихся шлаков в процессе металлотермического восстановления хромовых концентратов. Как показывают результаты расчетов, шлаки алюмосиликотермического феррохрома расположены в пентатопе $\text{MA-MCr-C}_2\text{S-C}_2\text{AS-C}_3\text{MS}_2$, а нормативный состав шлаков силикотермического феррохрома описывается пентатопами $\text{M-C}_2\text{S-CCr-MA-MCr}$ и $\text{M-C}_3\text{MS}_2\text{-C}_2\text{S-MCr-MA}$. В составе шлаков алюмосиликотермического феррохрома преобладают магнезиальные и глиноземные вторичные соединения, в небольшом количестве – вторичные соединения на основе оксида кальция, чем объясняется значительное снижение содержания $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (от 56,88–76,26 % в шлаках ряда приведенных заводов до 13,94–22,21 % в шлаках по разработанной технологии) и появление $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ в фазовом составе шлака (до 1,12–15,58 %).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Бережной, А. С.** Многокомпонентные системы окислов. – Киев : Наукова думка, 1970. – 544 с.

2 **Байсанов, С. О.** Закономерности фазовых равновесий в металлургических системах и разработка на их основе эффективных технологий выплавки ферросплавов : дисс. ... докт. техн. наук.: 05.16.02. – Караганда : ХМИ, 2002. – 295 с.

3 **Акуов, А. М.** Разработка технологии выплавки рафинированного феррохрома с применением комплексного сплава АХС (алюминий-хром-кремний) : дисс. ... канд. техн. наук : 05.16.02. – Караганда : ХМИ, 2010. – 148 с.

4 **Процюк, А. П., Карапетьянц, М. Х.** О термодинамическом исследовании процессов в многокомпонентных системах // Журнал прикладной химии. – 1977. – Т. 50, – № 1. – С. 169–175.

5 **Карноухов, В. Н., Воронов, Ю. И., Зайко, В. П., Жучков, В. И.** Технология низкоуглеродистого феррохрома. – Екатеринбург : ИМет УрО РАН, 2001. – 482 с.

6 **Гриненко, В. И.** Теоретические и технологические аспекты повышения конкурентоспособности хромистых ферросплавов Казахстана : дисс. ... докт. техн. наук : 05.16.02. – Караганда : ХМИ, 2002. – 329 с.

7 **Есенжулов, А. Б., Акбердин, А. А., Петлюх, П. С.** Фазовый состав шлаков производства среднеуглеродистого феррохрома // Физико-химические и технологические вопросы металлургического производства Казахстана: сб. науч. тр. ХМИ им. Ж.Абишева. – Алматы : Искандер, 2002. – Т. 30, кн. 1. – С. 255–259.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

A. M. Aкуov¹, B. S. Kelamanov², E. K. Samuratov³, E. U. Zhumagaliyev⁴, M. T. Kuantaeva⁵

CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ жүйесіндегі фазалық тепе-теңдіктер

^{1,2,3,5}Техникалық факультеті,

К. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті,
Ақтөбе қ., 030000, Қазақстан Республикасы;

⁴С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

A. M. Aкуov¹, B. S. Kelamanov², Ye. K. Samuratov³, Ye. U. Zhumagaliyev⁴, M. T. Kuantaeva⁵

CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ system phase equilibria

^{1,2,3,5}Technical faculty,

K. Zhubanov Aktobe Regional State University,
Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan;

⁴S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақалада термодинамикалық диаграммалық талдау әдістерін қолдану арқылы CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ бескомпонентті тотықты жүйесінің фазалық тепе-теңдігі қарастырылған. Есептеулердің нәтижесінде анықталғандай, осы жүйе 50 иконгруэнтті- және конгруэнттібалқитын күрделі қосылыстардан тұрады. Хиз әдісін қолдану арқылы тазартылған феррохромның өндірістік және зертханалық қождарының фазалық құрамдары анықталынды. Силикотермиялық феррохром қожының фазалық құрамында кальций және магний тотықтары басым, ал алюмосиликотермиялық феррохром қождарында – алюминий және магний тотықтары басым болып келеді.

The article considers the phase equilibria of the five-component CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃ oxide system using the methods of thermodynamic-diagram analysis. As a result of the calculations, it was obtained that this system consists of 50 incongruent- and congruent-melting complex compounds. Also, according to Heath method, phase compositions of industrial and laboratory slags of refined ferrochrome are established. Compounds based on calcium and magnesium oxides predominate in the phase composition of slags of silicothermic ferrochrome, and in the aluminosilicothermic ones – based on aluminum and magnesium oxides.

О. З. Альчинбаева¹, Н. Алымов²

¹т.ғ.к., доцент, Инженерия факультеті, Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы;

²т.ғ.к., доцент, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 161200, Қазақстан Республикасы
e-mail: ¹oishagul59@mail.ru; ²Alymov.nurlybeks@mail.ru

**ВИРТУАЛЬДЫ ОРТАДА СИГНАЛ КҮШЕЙТКІШІНІҢ
МОДЕЛІН ҚҰРЫП ОҚЫТУ**

Мақалада келесі сұрақтар қарастырылған: виртуальды ортада оқытудың бағдарламалық-ақпараттық кешенін жасау негіздері, виртуальды ортада сигнал күшейткішінің сызықты және сызықты емес режиміндегі моделін құру. Тәжірибеде қолданылуы мысалдармен көрсетілген.

Виртуальдық ортада білім беру технологиялары білім алушылардың қиындықтан өзара іс-қимылындағы ақпараттық жүйелерді және оқыту жүйесі мен оқытушыларды қолдану арқылы көп дәрежеде жүзеге асырылатын технологиялар. Бұл электронды-ақпараттық оқыту ресурсы – сигналдар мен жүйелерді үлгілеуді оқыту үшін бағдарламалық-ақпараттық кешен, студенттердің білім базасын жаңа деңгейге көтеруге мүмкіндік береді.

Сигналдар мен жүйелерді үлгілеуді оқыту үшін бағдарламалық-ақпараттық кешенді құрастырылған.

Модельдік параметрлердің негізі студенттің моделіне сәйкес келетін әртүрлі сипаттамалар жиынтығы, олар оқу материалын бейімдеу процесінде пайдаланылуы мүмкін.

Кілтті сөздер: виртуальды орта, бағдарламалық-ақпараттық кешен, сигнал күшейткіші, сызықты, сызықты емес режим, модель.

КІРІСПЕ

Қазақстан Республикасының білім беруді дамытудың 2011–2020 жылдарға арналған Мемлекеттік бағдарламасында білім беру ұйымдарының 90 % электронды оқыту жүйесі қолданылады деп жоспарланған.

Электронды оқытуды, білім беру мекемелерінде виртуальды ортада оқытуды қолдану арқылы білім беру бағдарламаларын іске асыру кезінде ақпараттық және электронды білім беру ортасын, соның ішінде электрондық іздеу ресурстары, электронды білім беру ресурстары, ақпараттық

технологиялар, телекоммуникациялық технологиялар, тиісті техникалық студенттерді қажетті көлемде оқу бағдарламасын меңгеруді білдіреді және қамтамасыз етеді [1].

Осы өзгерістерге сәйкес оқу үрдісінің жаңа үрдісі келесі бағыттар бойынша күшіне енеді [2]:

1) ақпараттық технология және телекоммуникация технологиялық негізі бар қол жетімді, виртуальды ортада білім беруді тарату;

2) материалдарды ұсыну мен берудің электрондық формаларын кеңінен енгізу және тарату арқылы шешілетін мазмұнды және оқыту әдістемесін стандарттау.

Мұндай жағдайларда белгілі мамандық бойынша білім беру саласындағы құзыреттіліктерді жақсы меңгеруге ықпал ететін оқу-әдістемелік материалдар кешені болып табылатын электронды оқыту жүйесі маңызды рөл атқарады [3].

Электрондық виртуальды орта оқыту жүйесі мыналарды қамтиды:

1) пәндердің білім беру стандарттары;

2) лекциялар;

3) практикалық және зертханалық тапсырмаларды орындау үшін оқу жоспары мен әдістемелік нұсқаулар;

4) студенттердің өзіндік жұмысына арналған әдістемелік нұсқаулар мен оқу құралдары;

5) пәндер бойынша сынақтарды сынау;

6) анықтамалық материалдар;

7) электрондық кітапханаларға сілтемелер;

Электрондық оқыту жүйесін пайдалану арқылы оқу үрдісін ұйымдастырудың оңтайлы түрі – бұл виртуальды ортада оқыту және онда қолданылатын объектілер [4]:

– Сақтау сервері;

– Интернет;

– Әкімшілік;

– Интернет-сервер;

Қазақстанда виртуальды ортада оқытуды дамыту және құру тұжырымдамасында келесі анықтама берілген:

Виртуальды ортада білім беру – бұл білім туралы ақпаратты алмасу құралдарына (спутниктік теледидар, радио, компьютерлік коммуникациялар және т.б.) негізделген мамандандырылған ақпараттық және білім беру ортасын қолдану арқылы елдегі және шетелдегі ақпараттық ресурстарды студенттерге ұсынылатын білім беру шаралары мен қызметтерінің кешені.

Виртуальды орта білім беру қызметін алуға адамның құқығын іске асыруға арналған үздіксіз білім беру үдерісінің негізгі нысандарының бірі.

Осы артықшылықтар мен бірге бірқатар кемшіліктерде бар [5, 6]:

1) Оқытушы мен студент арасында ауызша өзара әрекеттесу жоқ, яғни, оқу және оқу үдерісіне жеке көзқараспен байланысты сәттер жоқ. Өйткені материалды эмоционалды түрде түсіретін және материалды қабылдауына ықпал ететін мұғалім болмаса, бұл, әрине, маңызды минус.

2) үйде оқыту кезінде классикалық білімге тән жеке психологиялық факторлардың бөлігі жоқ. Қатты білім алу үшін қашықтықтан білім алу қажет, ал оқытудың нәтижесі тікелей студенттің тәуелсіздігіне байланысты.

3) Оқу материалдарының көздеріне (электрондық оқулықтар, бейне материалдар және т.б.) тұрақты қолжетімділік қажет, бұл үшін маңызды техникалық база, оның ішінде жоғары жылдамдықтағы Интернетке кіру қажет.

4) Материалды табысты шоғырландыру және оның жақсы білім алу үшін қажетті практикалық сабақтар, семинарлар секілді маңызды сыныптар жоқ.

5) Электронды оқыту ресурстары үнемі іске асырылмайды және оларды іске асырған мамандардың біліктілігінің жеткіліксіз болуына байланысты қазіргі талаптар мен стандарттарға сәйкес келеді.

6) Виртуальдық ортада оқытуда нұсқау тек қана жазбаша түрде беріледі. Кейбір оқушылар үшін мүмкіндіктің болмауы және ауызша білімдері мен дағдыларын білдіру сапасыз білім алуға және басқа да көптеген мәселелерге әкелуі мүмкін.

Бейімделген білім беру жүйесі контекстінде шынайы ақпарат тікелей оқу курсының материалы ретінде түсіндіріледі және метамәліметтер жеке оқушыға бейімделуге және білім элементтерін қалыптастыруға арналған осы материалдың параметрлерін көрсетеді. Бейімделу моделі – студенттік модельдің параметрлерін қолдана отырып, оқу үрдісінде білім базасымен адаптивті жүйенің өзара әрекеттесуін сипаттайтын математикалық модель [7].

Бейімделу үлгісі бейімделу параметрлерін ескере отырып, оқу материалын іріктеу ережесін сипаттайды және оқу үрдісінде студенттің үлгісіне өзгерістер енгізу процесін сипаттайды. Бейімдеу үлгісі білім базасын енгізу әдісіне негізделген алгоритмдерді пайдаланады. Мысалы, семантикалық желілер адаптивті жүйенің білім базасын ұсыну үшін пайдаланылса, бейімдеу үлгісі графикалық теория алгоритміне негізделуі мүмкін. Оқу блогы бөлінген кіші жүйелерден тыс. Бұл блокта білім алушыға оқуға арналған білім элементтері ұсынылады.

Оқу нәтижелерін бағалаудың шағын жүйесі білім сапасын бақылау үшін ғана емес, сонымен қатар оқу нәтижелерінің бұрын белгіленген мақсаттарға сәйкес келетінін анықтау үшін де қажет [8, 9]. Оқуды аяқтағаннан кейін студент алған білім деңгейін тексеріп, оқу мақсаттарына жету туралы қорытынды жасайды, қажет болған жағдайда студенттің үлгісін түзетіп, әрі қарай әрекеттерді анықтайды.

Жоғарыда аталған барлық іс-шараларды жүзеге асыру үшін оқу нәтижелерін бағалаудың шағын жүйесі табылады. Шағын жүйенің негізгі ресурстарының бірі оқу нәтижесін бағалау үшін тест тапсырмасының негізі болып табылады. Тест тапсырмалары студенттердің тестілеу процесін бейімдеуге мүмкіндік беретін атрибуттарға ие. Мысалға, егер модельде оқушының тапсырмаларды ұсыну үшін қолайлы пішіні туралы ақпарат бар болса (ашық, жабық, сәйкесінше тапсырмалар және т.б.), онда осы тапсырма бойынша тест тапсырмалары таңдалады.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Виртуальды ортада сигнал күшейткішінің сызықты және сызықты емес режиміндегі моделін құру. Периодты және резонансты күшейткіштің әртүрлі режимінде жұмыс істеуін қарастырамыз. Гармоникалық тербеліс амплитудалық модуляциясы кезінде берілетін ақпараттық сигналдың таратылу заңдылығы бойынша өзгереді [10, 11]. Радиотехникада амплитудалық модуляцияны ақпаратты беру үшін қолданады. Радиохабарлардағы қашықтық, акустикалық локация және т.б.

Мысалы, радиохабарларда дыбыс тербелістері төмен жиілікті электр сигналына түрлендіріледі жоғары сигналды жиілік бойынша амплитудасын өзгертетін (модуляциялайтын сигнал). Нәтижесінде алынған модуляцияланған радиосигнал, амплитудасы дыбыс сигналының күшіне сәйкес өзгереді.

Амплитудалық модуляцияның негізгі сипаттамасы амплитудалық коэффициент болып табылады. Модуляция немесе модуляция тереңдігі (modulation depth) – сигнал амплитудасының ең жоғары және ең аз мәндерімен модуляцияланған мәндердің пайыздық көрсеткіші жиынтығын қарастырады [12].

Берілетін ақпараттық сигналдың қуаты салмағы ($M \ll 1$) түсетін тербеліс қуаты көп болады және таратқыштың қуаты үнемсіз пайдаланылады. M мәні барлық модульдік сигнал үшін 0-ден 1-ге дейінгі шектерде болуы тиіс. $M < 1$ мәні кезінде жанатын салмақ түсіретін тербелістің нысаны модуляциялаушы сигналдың нысанын толық қайталайды.

Сонымен қатар, ақпараттық сигналдың қуаты көп түсетін тербеліс қуаты аз болады және таратқыштың қуаты үнемсіз пайдаланылады.

Модуляцияланған сигналдың қарапайым нысаны бір тоналдық амплитудалық модуляция – тасымалдаушы сигналды бір жиілік пен гармониялық тербеліспен модуляциялауда құрылады [13, 14].

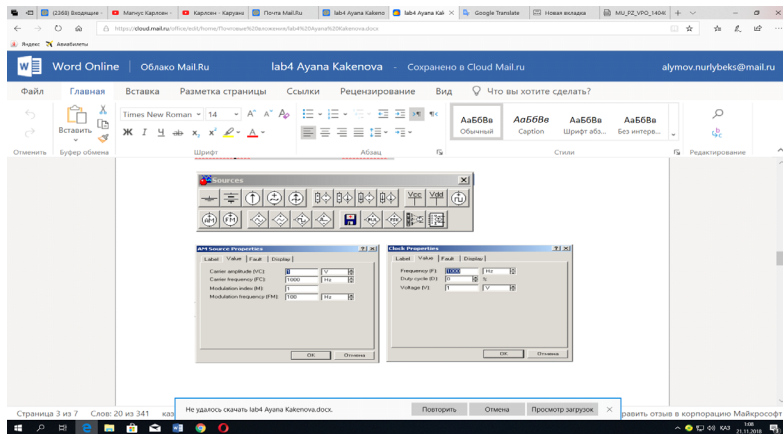
Бір тоналды АМ сигналының энергиясы

Бір тоналдық АМ-сигналдың тербелісін бөлек индексімен (тас– тасушы, жб – жоғарғы бүйірлі, тб – төменгі бүйірлі) белгілейміз.

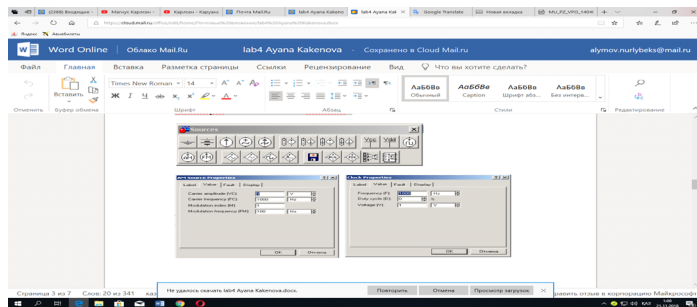
АМ сигналдарын демодуляция бірнеше жолмен орындалуы мүмкін.

Ең қарапайым әдіс-екі жарты периодты детектерлеу (сигнал модулін есептеу), содан кейін алынған бір полярлы жартылай периодтарды төмен жиіліктегі сүзгімен тегістейді.

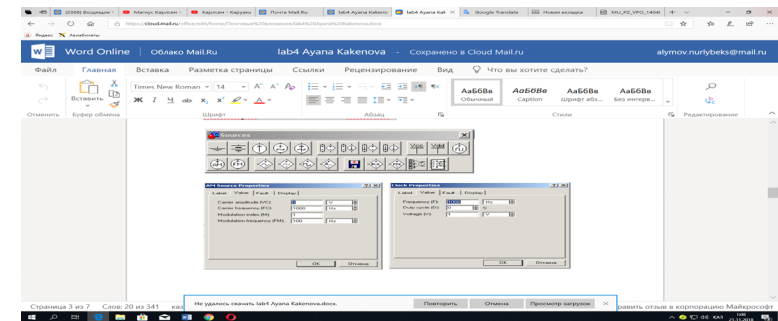
Ол үшін жоғарыда тұрған құралдармен қолдандым. Sources-те жерге тұйықталу мен айнымалы қорек көздерін алдым. Тапсырмада берілгендей мәндерін кесте бойынша өзгерттім.



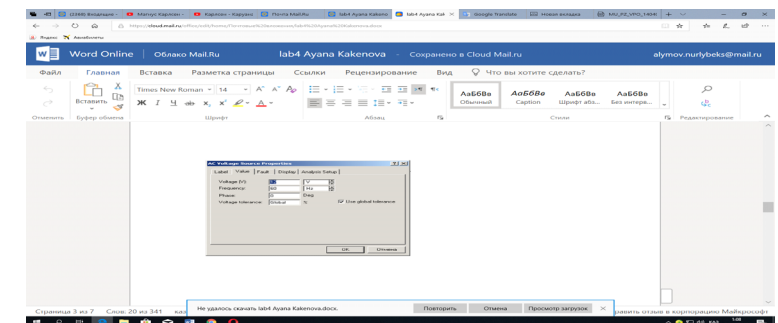
Сурет 1 – Виртуальды орта құралдарың көздері



Сурет 2 – Виртуальды орта параметрлері

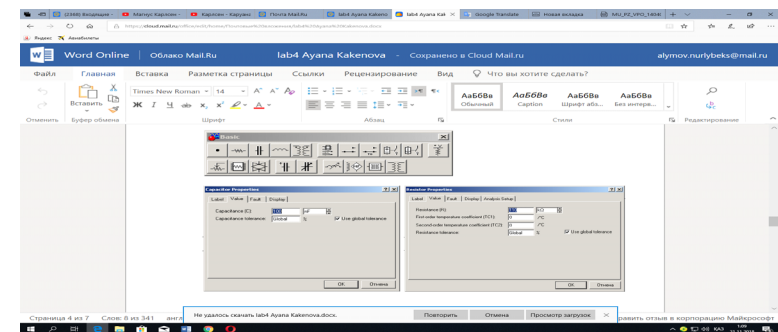


Сурет 3 – Виртуальды ортадағы сағат сипаттары

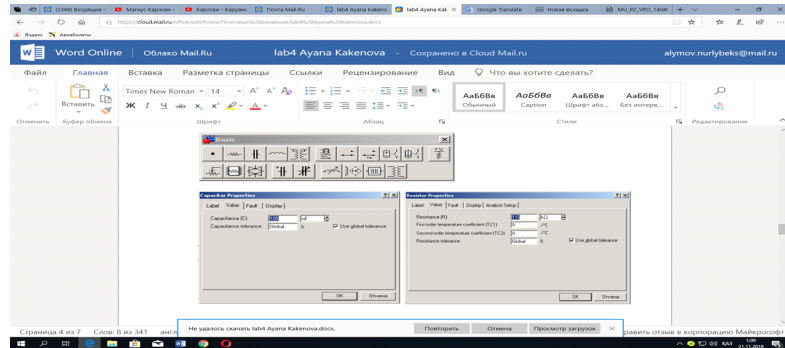


Сурет 4 – Виртуальды ортадағы кернеу көздерінің шамалары

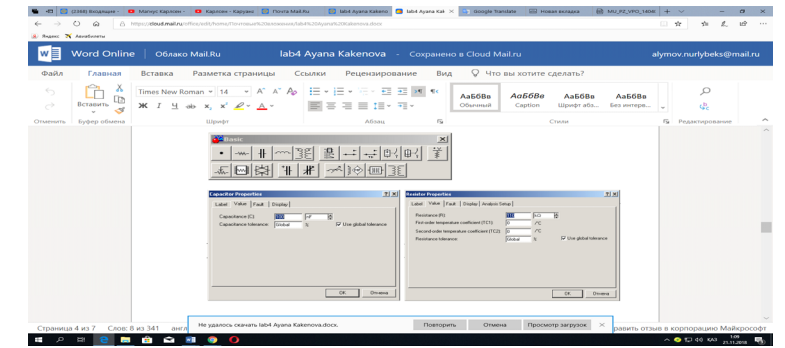
Basic-те кедергілер, индуктивтілік, сыйымдылықтар мен кілттерді қолдандым.



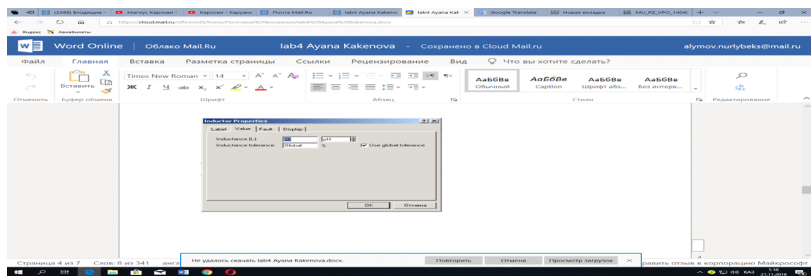
Сурет 5 – Виртуальды орта интерфейсінің негізгі элементтері



Сурет 6 – Виртуальды ортадағы конденсатор сипаттары

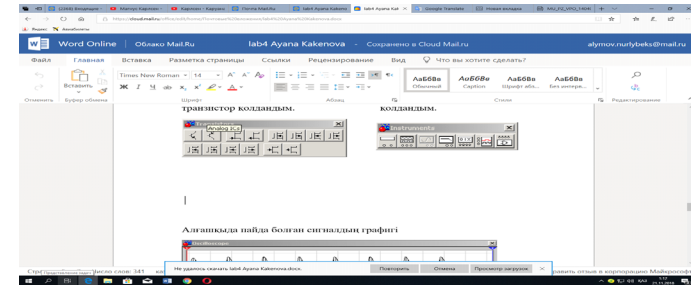


Сурет 7 – Виртуальды ортадағы резистор сипаттары



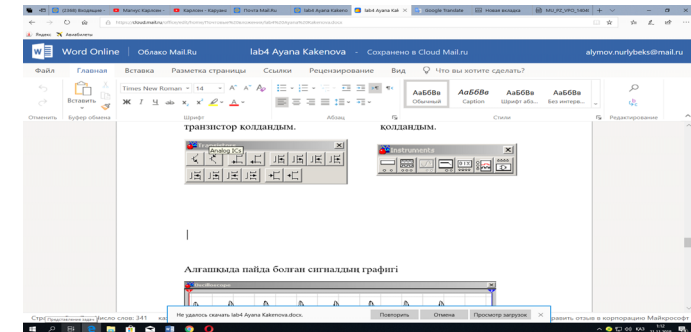
Сурет 8 – Виртуальды орта индукторының сипаттары

Transistors-да n-p-n өтпелі осциллографты қолландым.



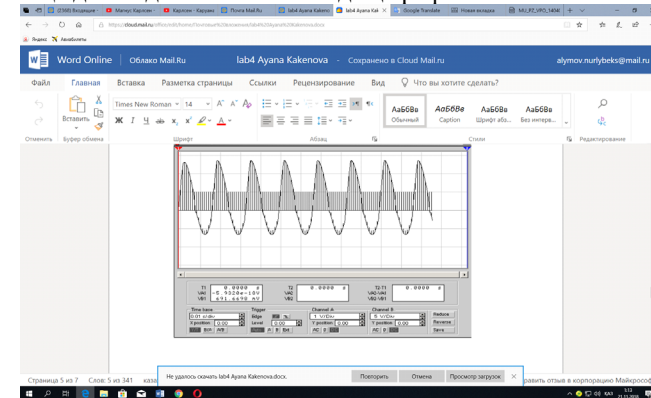
Сурет 9 – Виртуальды орта транзисторлары

Instruments-те транзистор қолдандым.

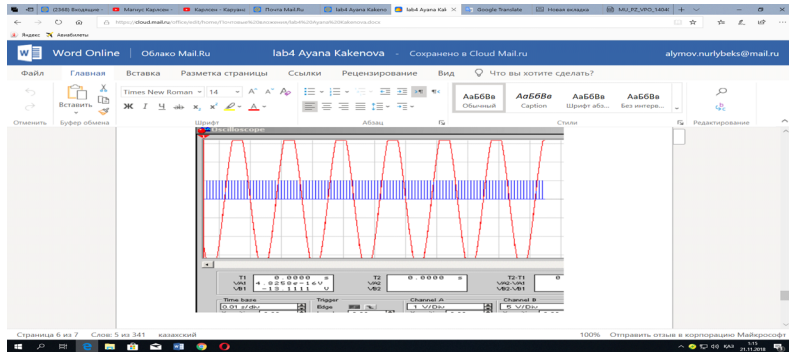


Сурет 10 – Виртуальды ортадағы құралдар

Алғашқыда пайда болған сигналдың графигі



Сурет 11 – Кілттерді ауыстырғанда пайда болатын өзгеріс



Сурет 12 – Бірінші кілтті бастапқы күйге қойып екінші кілтті өзгерткенде Бағдарламалық-ақпараттық кешеннің интерфейсін құру



Сурет 13 – Виртуальдық орта интерфейсі

Бағдарлама интерфейсіне қойылатын талаптар [15, 16]:

- тұрақтылық. Өртүрлі жұмыс режиміне және қолданушының белсенділік дәрежесіне қатысты жүйе жұмысының орнықтылық дәрежесін анықтайды;
- құндылылық. Жүйенің өзіндік құнынан, сонымен бірге ондағы курстарды жасауда және ендіруде кеткен шығындардан құралады;
- контентті жасаудағы құралдардың болуы. Оқу контентінің құру редакторлары курстарды жасауды жеңілдетумен қатар, әртүрлі мағынадағы білім беру материалдарын біріктіруді де жинақтайды;
- білімді тексеру жүйесі. Онлайн режимінде білім алушының білімін бағалауға мүмкіндік береді. Негізінен бұндай жүйе тесттерден, тапсырмалардан және білім алушының форумдағы белсенділігін бақылаудан тұрады;
- қолдану ыңғайлылығы. Жаңа жүйе таңдау кезінде оны қолдану мүмкіндігін қамтамасыз ету керек. Бұл маңызды параметр, өйткені кейбір

оқушылар пайдалану кезінде қиындық тудыратын технологияларды қолданбай қоюы мүмкін. Оқыту технологиясы барынша түсінікті болуы тиіс. Оқу курсына көмек мәзірін оңай таба алатындай және бір бөлімнен келесі бөлімге тез әрі жеңіл өтетіндей болуы керек;

– модульділік. Электронды оқытудың қазіргі заманғы жүйесінде курс басқа курстарда қолдана алатын микромодульдер жинағынан немесе оқу материалдарының блоктарынан тұрады; – қатынауды қамтамасыз ету. Білім алушылар оқу бағдарламасына қатынас жасауда уақыт және кеңістік бойынша орналасуына байланысты қиындықтармен, сонымен бірге білім алушының мүмкіндігін шектейтін факторлармен кездеспеуі тиіс.

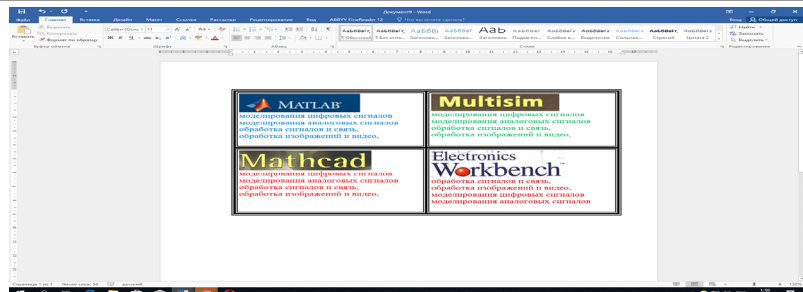
Қазіргі уақытта әрбір студентке тиімді, әрі қарапайым қол жетімділік негізі болып отырған, ол – ұялы телефон, интернет желісі. Сондықтан да, ақпараттық ресурс осы мамандық студенттеріне кез келген уақытта, түсінбеген күрделі сабақтардың, лекциясы мен видеоролигін көріп тапсырмаларды онлайн, ұялы телефон арқылы орындауға мүмкіндік береді.

Виртуальдық орта кешені кез келген білім алушыға жеткілікті құрал. Бұл кешенді қолдану ыңғайлы әрі жеңіл. Түсінікті белгілерде жазылған нұсқаулық сөздер арқылы керекті бөлімдерге өте отырып, кез келген пәннің оқу әдістемелік кешенінің толық мазмұнын, видео және аудиосабақтарды ала алады. Бұл – мобильді, электронды кешеннің студенттерге қол жеткіліктілігінің ең басты тұсы. Оның негізгі артықшылығы кішкене көлемдігі мен тез түсініктілігі [17, 18]. Ондағы мағлұматтардың жинақы әрі түсінікті бөлімдерге бөлініп, нұсқау белгілермен көрсетілуі ешқандай қиындыққа алып келмейді. Бұл виртуальдық орта кешені қазақ тілінде жазылған.

13-суретте жобаланған Виртуальдық орта интерфейсі көрсетілген. Бұл ресурс РЭТ кафедрасындағы мына негізгі пәндер бойынша негізгі зертханалық жұмыстардың ресурсын қамтиды. Мысалыға алатын болсақ:

- Телекоммуникация жүйелері
- Микро, нано, оптоэлектроника
- ТФОП
- Микропроцессорлық жүйелер
- Жүйелік инженеринг
- Космостық мониторинг және инфокоммуникациялық жүйелер
- Радиорелелі және спутникті байланыс
- Радиотехника т.б

Әр пәнге басқан кезде терезе ашылады. Яғни ақпараттық ресурс сол пән бойынша зертханалық сабақтардан, сол сабақтың презентациялары мен видеосабақтары мен тәжірибелік сабағынан тұрады. Әр сабақтың соңында бақылау сұрақтары мен тақырып бойынша онлайн тестілеуден тұрады.



Сурет 14 – Виртуальдық орта интерфейсінің мүмкіндіктері

ҚОРЫТЫНДЫ

Виртуалды ортаның кез-келген пайдаланушысы қажетгі ақпаратты іздеу үшін білім базасына қол жеткізе алады. Виртуалды ортаның стандартты функциялары қатысушылар арасында зерттеу топтары мен бөлімшелері арасында тегін байланыс орнатуға мүмкіндік береді.

Виртуалды ортаның мәтіні, веб-парағы, аудио немесе бейне файлдары және глоссарий, лекция, тест, тапсырма, форум және т.б. сияқты элементтердің кең жиынтығын қамтиды.

Осылайша, виртуалды ортаның келесі артықшылықтары:

- ашық бастапқы коды – белгілі бір білім беру жобасының ерекшеліктері, қосымша модульдерді жасау, басқа жүйелермен интеграциялау арқылы «өткірлену» мүмкіндігі;

- бірлескен оқыту технологиясына назар аудару – оқытуды белсенді түрде, білім беру міндеттерін бірлесіп шешуде, білім алмасуды ұйымдастыруға мүмкіндік береді;

- қарым-қатынас жасаудың кең мүмкіндіктері: кез-келген форматты файлды алмасу, тарату, форум, чат, студенттердің жұмысын тексеру, ішкі пошта және т.б.

Еліміздің кез келген оқу орнындағы студенттер мен оқытушылар, білім беру жүйесінің платформасының ашық жүйесін пайдалана отырып сигналдар мен жүйелерді үлгілеуді оқыту үшін оқыту материалдарына осы ақпараттық ресурс негізінде, кез келген тақырыптағы мәліметтерді мен виртуальды ортаға қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Сигналдар мен жүйелерді үлгілеуді оқыту материалдарына оңай әрі виртуальды орта түрде қол жеткізуде, электрондық ақпараттық ресурстардың жаңа түрін енгізу арқылы зертханалық материалдар базасын жаңа деңгейге көтерді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Қазақстан Республикасының Білім беруді дамытудың 2011–2020 жылдарға арналған Мемлекеттік бағдарламасы. – Астана : Ақорда, 07.12.2010, № 1118.

2 ҚР білім беру Заңы // Егеменді Қазақстан. – 15 тамыз 2007.

3 Елбасы Нұрсұлтан Назарбаев : «Қазақстан жолы-2050 : Бір мақсат, бір мүдде, бір болашақ». [Электронды ресурс]. – <http://www.inform.kz/kz/elbasy-nursultan-nazarbaev-kazakstan-zholy>.

4 **Андреев, А. А., Солдаткин, В. И.** Дистанционное обучение : сущность, технология, организация. – М. : ГУ ВШЭ, 2011. – 196 с.

5 **Агаонов, С. В.** Средства дистанционного обучения. Методика, технология, инструментарий. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 336 с.

6 **Агаонов, С. В.** Выбор платформы для дистанционного обучения: проблемы и решения // Телекоммуникации и информатизация образования. – 2005. – № 1. – С. 48–55.

7 **Демкин, В. П., Вымятин, В. М.** Принципы и технологии создания электронных учебников. – Томск : Изд-во НТЛ, 2012. – 64 с.

8 **Горнова, Н. В.** Формирование готовности студентов к использованию информационных технологий в профессионально-педагогической деятельности. – Саратов, 2004. – 132 с.

9 **Кречетников, К. Г.** Методология проектирования, оценки качества и применения информационных технологий обучения. – М. : ГУ ВШЭ, 2001. – 39 с.

10 **Мылова, И.** Обучение в виртуальной среде. – М. : Palmarium Academic Publishing, 2013. – 144 с.

11 **Можаева, Г. В.** MOOK – новые возможности для развития дополнительного профессионального образования // I методическая конференция: Лучшие практики электронного обучения. – Томск, 2015. – С. 144–148.

12 **Bush, R. & Meyer.** Some Internet Architectural Guidelines and Philosophy. – IETF, RFC3439, 2012.

13 **Bryant and David, R. O'Hallaron.** Computer Systems : A Programmer's Perspective by Randal E. – Prentice Hall, 2009.

14 **Аринова, Н. В.** Основы электроники: Рабочая программа, задания и методические указания к контрольным работам для студентов специальности «Приборостроение» заочной формы обучения. – Усть-Каменогорск : ВКГТУ, 2007. – 51 с.

15 **Богомолов, А. Н.** О разработке виртуальной среды для дистанционного обучения иностранному языку // Дистанционные образовательные

технологии: проблемы, опыт, перспективы развития. – М., 2008. – С. 153–157.

16 Theory and Practice of Online Learning. – Athabasca University, 2004.

17 **Адольф, В. А., Ильина, Н.Ф.** Инновационная деятельность педагога в процессе его профессионального становления. – Красноярск : Полицом, 2007. – 190 с.

18 **Хуторской, А. В.** Педагогическая инноватика. – М. : Академия, 2008. – 256 с.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

О. З. Альчинбаева¹, Н. Алымов²

Изучение модели усилителя сигнала в виртуальной среде

¹Факультет Инженерии,

Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави,
г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан;

²Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

O. Z. Alchinbayeva¹, N. Alymov²

Study of the signal amplifier model in a virtual environment

¹Faculty of Engineering,

K. A. Yasawi International Kazakh-Turkish University,
Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan;

²S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

В статье рассматриваются следующие вопросы: основы создания программно-информационного комплекса в виртуальной среде, создание моделей в линейном и нелинейном режимах усиления сигнала в виртуальной среде. Примеры использования иллюстрируются на практике.

Обучение в виртуальной среде – это технологии которые предполагают различные взгляды на результаты обучения и способы организации образовательного процесса, использование возможностей интернета, сетевых ресурсов, информационных технологий, как цифровые методы создания электронных версий, разработка гипертекстовых структур, создание интерактивных,

текстовых и графических фрагментов. Этот программно-информационный комплекс для обучения в области моделирования сигналов и систем в виртуальной учебной среде позволяет повысить базу знаний студентов до нового уровня.

Для моделирования сигналов и систем составлен программно-информационный комплекс. Основами моделирования являются различные наборы характеристик, соответствующие модели студента, которые могут быть использованы в процессе адаптации учебного материала.

In this article, following issues are considered: the basics of creating a software and information complex in a virtual environment, the creation of models in linear and nonlinear modes of signal amplification in a virtual environment. Examples are illustrated practically.

Virtual environment is a sufficient tool for any student. This complex is simple and easy to use. Guidance notes can be accessed through parts of the book and can receive full content, video, and audio lessons from any discipline. This is the most important part of mobile, electronic companion access to students.

This is a software and information system for training in the field of modeling signals and systems in the learning environment of virtual electronic environments, which allows students to increase their knowledge base to a new level.

The main sampling criteria for teaching software and information systems for modeling signals and systems.

The basics of modeling are various sets of characteristics, corresponding to the student's model, which can be used in the process of adapting educational material.

А. Ж. Амиров¹, Э. К. Сейпишева², Д. С. Хасен³

¹PhD, вр.и.о. зав. кафедрой «Информационно-вычислительных систем», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

²ст. преподаватель, кафедра «Информационно-вычислительных систем», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

³магистрант, кафедра «Информационно-вычислительных систем», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан

e-mail: ¹azamat-amirov@mail.ru; ²elmira_s89@bk.ru; ³danakhassen8@gmail.com

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
3D МОДЕЛИРОВАНИЯ**

3D-моделирование является ключевым методом для многих исследований и приложений, оно необходимо при производстве продуктов или их упаковки, а также при создании прототипов изделий и создании объемной анимации.

В различных областях исследований и применений методы трехмерного моделирования сбора данных и моделирования имеют свои особенности. В статье систематически представлены средства сбора данных 3D и методы моделирования, обсуждаются персонажи и разработки систем лазерного сканирования и моделирования на основе изображений и рендеринга (IBMR) в последние годы. В статье также представлены применения 3D-моделирования, включая тканевую инженерию и защиты наследия. В заключении, указываются несколько основных проблем и некоторые недостатки, а также следующие проблемы, предусмотренные в трех аспектах: поиск моделирования, метод оцифровки и динамическое моделирование.

Ключевые слова: 3D моделирование, IBMR, получение данных, рендеринг, визуализация.

ВВЕДЕНИЕ

Построение точных моделей для симуляции и представления принципов поведения вещей является общим и важным методом современной науки. В области прикладных и научных исследований также наблюдается растущий интерес и тенденция к моделированию мира в цифровых трехмерных

измерениях. Для моделирования и симуляции реального мира это процесс оцифровки формы, движения, текстуры и других свойств объектов в соответствии с акцентом.

Большая часть работы была проделана и получила замечательные достижения в области цифрового оборудования и программного обеспечения. Средства автоматизированного трехмерного моделирования, включая систему лазерного сканирования и моделирования и рендеринга на основе изображений (IBMR), становятся все более и более производительными. Моделирование объектов развивается от объектов с простой структурой до сложного человеческого лица, конечности, волос и даже жидкости.

В прошлом основными применениями трехмерного моделирования были визуальный контроль и управление роботом. В настоящее время акцент смещается. 3D моделирование широко используется в областях, включая компьютерную графику, виртуальную реальность и связь, и все больше и больше спроса на 3D-контент для тканевой инженерии и защиты наследия. В различных областях исследований и приложений методы трехмерного моделирования сбора данных и моделирования имеют свои особенности.

В этой статье процесс трехмерного моделирования, включая сбор данных 3D, моделирование и рендеринг, представлен системно. В работе также рассматриваются персонажи и разработки систем лазерного сканирования и IBMR в последние годы, представлены приложения 3D-моделирования, включая тканевую инженерию и защиту наследия. В заключении указаны несколько основных проблем и несколько недостатков, а также следующие проблемы, предусмотренные в трех аспектах: извлечение моделирования, метод оцифровки и динамическое моделирование.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для моделирования объекта сначала необходимо получить данные о размере и глубине объекта. В разных областях исследований и приложений, соответственно, существуют разные требования. Оборудование и методы моделирования, принятые в процессе моделирования, также различны. Например, чтобы выполнить реконструкцию трехмерной плоскости подводной среды, люди должны использовать гидролокатор и спутник океана, чтобы получить данные о подводной местности. Чтобы лучше понять оператора, управляющего подводным дистанционно управляемым транспортным средством, У. Кастеллани реконструирует трехмерную подводную среду с помощью системы акустических камер в режиме реального времени. и разрешение составляет около 5 см на частоте акустического сигнала 500кГц [1].

В общем, измерительные системы включают в себя контактные и бесконтактные методы. Контактные методы варьируются от простого

измерения с использованием ленты до сложной координатно-измерительной машины (СММ). Эти два метода обычно используются в машиностроении. Измерение с использованием ленты является обычным и допускает ошибки. Его эффективность медленная. Хотя координатно-измерительная машина полностью автоматизирована и ее точность измерения составляет 0,02 мм. СММ требует стабильной платформы, а размер объекта ограничен.

Технология бесконтактного измерения является результатом развития компьютерной графики и зрения, акустики, оптика и сопутствующего оборудования. Бесконтактные методы включают лазерную сканирующую систему (например, лазерный сканер VIVID910), систему геодезических тахеометров (например, систему АХYZ, точность составляет около 0,05 мм), ближний диапазон фотограмметрической системы (например, система V-STARS, ее точность лучше 0,05 мм) и системы структурированного освещения (например, ShapeCam от Euetronics [2], точность которой составляет до 0,5 мм в зависимости от того, насколько плотно пользователь фокусирует свою сетку) и т.д. [5].

Системы лазерного сканирования, например VIVID910, имеют замечательные преимущества: высокая скорость (время сканирования варьируется от 0,3 с (быстрый режим) до 2,5 с (точный режим)), огромные данные (до 77 000 или 300 000 точек для быстрого и точного режимов соответственно), высокая точность (0,22 мм, 0,16 мм и 0,1 мм в x, y и z соответственно) и простота. В зависимости от размеров объекта и расстояния измерения, пользователи также могут выбрать и использовать один из 3 типов сменных установленных объективов.

Для эффективного и точного моделирования условий вне помещений Toshihiro и Masayuki [3] получили данные о дальности и цвете, интегрируя всенаправленный лазерный дальномер и всенаправленную многокамерную систему. Для того чтобы стабильно и одновременно регистрировать данные о множестве областей большой площади с помощью улучшенного алгоритма ICP, плоские поверхности, такие как стены и дороги, извлекаются и используются в процессе регистрации. Сгенерированная модель поверхности затем наносится на текстуру с помощью всенаправленных изображений, выбранных с учетом разрешения и окклюзии. Измерительный диапазон всенаправленного лазерного дальномера LMS-Z360 варьируется от 1 до 200 м, а его точность измерения составляет 12 мм.

Для получения 3D информации о зданиях точным и быстрым способом Юсуф Арайичи применил технологию трехмерного лазерного сканера для моделирования САПР [4]. В этом проекте INTELCITIES, финансируемом ЕС, моделирование САПР интегрировано с различными системами, такими как 3D-печать и проекционные системы VR, для

хранения данных о существующих зданиях, электронного планирования и электронного включения, электронной регенерации, виртуального городского планирования и т.д. (www.intelcitiesproject.com).

Хотя система этого типа может получать точные, быстрые и автоматические трехмерные данные о поверхности объектов в виде облаков точек, соответствующее оборудование является дорогостоящим и ограничено условиями; некоторые системы плохо работают на солнце или в дождь. Хотя на этапе сбора данных могут быть полезны автоматические процедуры, трехмерные облака точек нуждаются в последующей обработке. Аналитическое представление архитектурного объекта требует много ручных действий.

Фотограмметрические системы ближнего действия, такие как система V-STARS, относительно дешевы. Результаты исследований [5] свидетельствуют о практичности с точки зрения скорости, надежности, гибкости и точности. В медицинской сфере, 3D данные органов и тканей обычно поступают из компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), оптической микроскопии, микро КТ и т.д. У каждого есть свои преимущества и недостатки. Последняя разработка технологии микро-КТ была успешно использована для моделирования легочной ткани с разрешением 10–50 микрон.

Денаин и соавт. сканировали эмбрионы мыши с помощью микро-МРТ и достигнутое разрешение составляет 20–80 микрон вокселей.

Для IBMR легче наносить подходящую текстуру на поверхность модели. Но эффект этого метода во многом зависит от алгоритмического проектирования моделирования. Эти алгоритмы, такие как моделирование на основе теней или силуэтов, в основном сложны и требуют больше вычислительных ресурсов. Кроме того, этот тип алгоритма вряд ли может точно моделировать объект с вогнутой частью поверхности. Это общая проблема для перспективных алгоритмов.

В последние годы для получения трехмерной информации в лаборатории некоторые исследователи применяют обычное оборудование, включая проигрыватель и цифровую камеру. Компоненты не сложны, их легко найти, установить и использовать. В этих системах все камеры зафиксированы. Поворачивая поворотный стол, вы можете получить изображения с множеством диапазонов реального объекта. Для автоматической регистрации и объединения изображений диапазона в общую систему координат. Сун Йонг Парк и соавт. ввели и выполнили калибровку системы координат поворотного стола относительно системы координат камеры [2]. Улас Йылмаз и соавт. предложили алгоритм калибровки камеры на основе видения и использовать этот алгоритм для извлечения оси вращения [3]. Мигель

Сайнс и соавт. [1] и [3] добавили образцы искусственных опорных точек для кадра, чтобы помочь обнаружить особенности и откалибровать стереокамеру. Аппаратная конфигурация проста и недорога. Сложность методов также уменьшается. Но дизайн этих систем ограничивает их применение, особенно для глобальной среды и объектов, которые нельзя перемещать.

Перед построением моделей калибровка камеры для получения внутренних и внешних параметров камеры важна и необходима. Для систем, которые используют фиксированные камеры, калибровка проще, но некоторые части объекта с ключевыми геометрическими символами не могут быть отобраны и получены. Реконструированная модель будет иметь неизбежные недостатки структуры и текстуры по сравнению с системой с фиксированной камерой. Системы, в которых используются ручные камеры, могут получать трехмерные данные объекта со всех сторон, но это создает трудности при калибровке камеры и сопоставлении изображений.

Чтобы получить параметр ручной камеры, Лю Ган [1] соответственно выбрал некоторые характерные точки изображения диапазона при взаимодействии человека с компьютером. Этот тип системы также может вводить некоторые шаблоны в кадре или на заднем плане, чтобы помочь калибровке, в то время как моделируемый объект может частично перекрывать шаблон. Анселмо Антунес Монтенегро и соавт. [5] применяет метод калибровки, основанный на распознавании моделей, который является адаптивным алгоритмом вырезания пространства, который использует фотометрическую информацию и информацию о сегментации.

Графическое моделирование и рендеринг (GBMR) – традиционный метод. Программное обеспечение для 3D-моделирования, такое как AutoCAD и Maya, может помочь моделированию путем взаимодействия. Но это отнимает много времени и требует многих навыков для пользователей, особенно для моделирования кадров со сложными и нерегулярными структурами.

Хотя традиционно компьютерная графика фокусируется на преобразовании трехмерных данных в проекции 2D-изображений, изображения играют более важную роль в IBMR. Это поле сравнительно молодое; его конфигурация проста и в основном использует обычное оборудование; он может моделировать объекты с различными размерами; оно также может получать информацию о глубине и текстуре одновременно. IBMR по-прежнему находится в центре внимания в области 3D-моделирования.

Карлос Эрнандес Эстебан [4] классифицирует методы IBMR в соответствии с информацией, которую они используют. Первый класс – это методы формирования из силуэта. Эти методы получают начальную оценку трехмерной модели, известной как визуальный корпус. Они крепкие и быстрые. но из-за типа информации, которую используют эти методы,

они ограничены объектами простых форм. Второй класс включает в себя методы формирования от затенения. Эти методы основаны на диффузионных свойствах ламбертовых поверхностей и очень зависят от условий освещения. Третий класс – это методы, которые используют информацию о цвете сцены. Существуют различные способы использования цвета в зависимости от типа восстанавливаемой сцены. Один из способов состоит в том, чтобы вырезать объем вокселей с помощью цветовой согласованности, в то время как в результате получается модель, составленная из набора вокселей, которую трудно представить трехмерной сеточной моделью. Другой способ заключается в том, чтобы направлять деформируемую модель по цветовой согласованности, которая чувствительность к освещению для этих методов, сравнивая абсолютные значения цвета. Другой способ заключается в сравнении локальных вариаций текстуры, таких как методы взаимной корреляции, описанные в [6]. Некоторые методы использования информации о цвете используют одновременно другой тип информации, такой как текстура и силуэт. Хотя эти методы могут обеспечить лучшую модель, качество объединения различных данных по-прежнему ограничено.

После получения изображений дальности, первым шагом является калибровка камеры путем выделения и сопоставления признаков. Обычно на этом этапе выбирают и сопоставляют не менее 7 пар соответствующих точек между двумя изображениями, вычисляют фундаментальную матрицу с помощью ограничения полярной геометрии и наконец получают матрицу проекции.

Следующий этап моделирования включает в себя различные методы (рис. 1), такие как реконструкция проекции, визуальный корпус, космическая резьба. [7] предлагает алгебраический метод двойственного пространства, который не требует никаких соответствий. Метод оценивает информацию о глубине контуров из информации о кривизне и создает визуальную оболочку объекта. Метод также требует, чтобы поверхности отбирались более плотно, где кривизна быстро меняется.

Традиционно поверхность модели построена из многоугольной сетки. В то время как во многих системах сбора трехмерной информации получаемые трехмерные данные представляют собой данные точек или облака точек. Поскольку облака точек не обладают явной топологической связностью, они оказались более удобными для упрощения последующей обработки и представления. Они больше подходят для приложений, которые не требуют непрерывной поверхности или выполняют повторную выборку с различным разрешением в зависимости от вида.

IBMR может легко отобразить текстуру на поверхности объекта, чтобы синтезировать реалистичную модель. Во время процесса рендеринга на

основе изображений (IBR) операциям не нужно много вычислительных ресурсов; время рендеринга не зависит от сложности сцены и метод может синтезировать реалистичные сцены и анимацию в режиме реального времени. Большинство методов IBMR не зависят от масштаба, поэтому он может получить трехмерную модель всего сайта или объекта.

При моделировании наружной среды и зданий [6] и [7] объединяют лазерное сканирование и IBMR с помощью этих двух различных типов методов, которые могут не только автоматически, быстро и точно получать облака точек, но и подробно представлять модели, которые являются преимуществом IBMR в текстурном отображении. Таким образом, эти два метода в определенном смысле дополняют друг друга.

В настоящее время. 3D-модели используются в самых разных областях: анимация, археология, архитектура, стоматология, образование, мода и текстиль, обувь, криминалистика, игры, промышленный дизайн, производство, медицина, кино, мультимедиа, музеи, сборка, обратное проектирование, изготовление скульптур, игрушек, пресс-форм и веб-дизайн. 3D моделирование стало ключевой технологией во многих приложениях.

Исследования по 3D-моделированию способствуют развитию защиты наследия. Существуют некоторые проекты защиты наследия, в которых используется лазерное сканирование. [4] использует ShapeCam, структурированную систему освещения, для построения детальной трехмерной модели монумента Антонинены в древнем городе Сагалассос (SW-Турция). Papagiannakis и соавт. построили в Турции внутренние и внешние модели Стамбула СС.

Компьютерная инженерия тканей (CATE) – это новая область биомедицины. В этой области 3D-моделирование широко используется для моделирования тканей и органов. руководство дизайном искусственных органов и тканей, и такие как кости и сосуды, и выполняют тканевую инженерию [7].

ВЫВОДЫ

Все больше и больше областей сейчас нуждаются в технологиях трехмерного моделирования. Есть ряд направлений, в которых мы должны продолжать. Главным среди них является поиск 3D-моделей. Чтобы измерить сходство моделей, используются персонажи 3D-моделей, такие как форма, топологическая конструкция и текстура. Эти символы трудно описать для пользователей и сложно рассчитать, в то время как эффективная функция поиска необходима для интегрированной системы 3D моделирования.

В настоящее время визуальное качество становится одним из основных пунктов внимания. Существует все больший спрос на 3D-контент с более

высокой точностью. Информация о кадре и объекте не может быть собрана абсолютно во время сбора 3D-данных, и некоторые данные неизбежно теряются, мы не могли восстановить реальность из видео или изображений в соответствии с текущим дизайном. Таким образом, нам стоит изучить новые методы оцифровывать реальный мир.

Динамическая модель – это наше новое направление будущей работы. Динамические модели могут имитировать взаимные действия объектов, которые также очень полезны в изучении дисциплины процесса развития вещей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **U. Castellani, A. Fusiello, V. Murino, L. Papaleo, E. Puppo, M. Pittore.** A complete system for on-line 3D modelling from acoustic images. Signal Processing: Image Communication, 2005, 20: 832–852.
- 2 Eyetronics, 2004. [Электронный ресурс]. – <http://www.eyetronics.com>
- 3 **Toshihiro Asai, Masayuki Kanbara, Naokazu Yokoya.** 3D Modeling of Outdoor Environments by Integrating Omnidirectional Range and Color Images // Proceedings of the Fifth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM'05).
- 4 **Yusuf Arayici, Andy Hamilton.** Modeling 3D Scanned Data to Visualize the Built Environment // Proceedings of the Ninth International Conference on Information Visualisation. – 2005. – P. 509–514.
- 5 **Halim Setan, Mohd Sharuddin Ibrahim.** Close Range Measurement and 3D Modeling // Presented at the 1st International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering, 2004.
- 6 **Гузненков, В. Н.** Autodesk Inventor 2012. Трехмерное моделирование деталей и создание чертежей : Учебное пособие / В. Н. Гузненков, П. А. Журбенко. – М. : ДМК Пресс, 2013. – 120 с.
- 7 **Абрамов, Н. В. и др.** Информационные системы в медицине : Учебное пособие – Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2008. – 171 с. 2008.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

А. Ж. Амиров¹, Э. К. Сейтшиева², Д. С. Хасен³
3D модельдеуді зерттеу және дамыту

^{1,2,3}Ақпараттық-есептеу жүйелері кафедрасы,
 Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
 Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы.
 Материал 12.08.19 баспаға түсті.

A. Zh. Amirov¹, E. K. Seipisheva², D. S. Khassen³**Research and development 3D modeling**^{1,2,3}Department of Information Computing Systems,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

3D-модельдеу көптеген зерттеулер мен қосымшалар үшін негізгі әдіс болып табылады, ол өнімдерді өндіру немесе оларды орау кезінде, сондай-ақ бұйымдардың прототипін жасау және көлемді анимация жасау кезінде қажет.

Зерттеу мен қолданудың әртүрлі салаларында деректерді жинау мен модельдеудің үшөлшемді модельдеуі өз ерекшеліктері бар. Мақалада 3D деректер жинау құралдары мен модельдеу әдістері жүйелі түрде берілген, соңғы жылдары бейнелер мен рендеринг (IBMR) негізінде лазерлік сканерлеу және модельдеу жүйесінің кейіпкерлері мен әзірлемелері талқыланады. Мақалада сондай-ақ 3D-модельдеуді қолдану, оның ішінде мата инженериясы мен мұраны қорғау. Қорытындыда бірнеше негізгі проблемалар мен кейбір кемшіліктер, сондай-ақ үш аспектіде қарастырылған келесі мәселелер көрсетіледі: модельдеу іздеу, цифрлау әдісі және динамикалық модельдеу.

3D modeling is a key technique to much research and applications, it is necessary in the production or packaging, as well as in the prototyping of products and the creation of three-dimensional animation.

In different fields of research and applications, 3D modeling methods of model-data acquisition and modeling have their own specialties. The paper systemically introduces equipments of 3D data acquisition and modeling methods, discusses the characters and developments of laser scanning system and Image-Based Modeling and Rendering (IBMR) in recent years. The paper also introduces applications of 3D modeling including tissue engineering and heritage protection. Finally, several main problems and a few deficiencies are pointed out and further challenges foreseen from three aspects: modeling retrieval, digitizing method, and dynamic modeling.

ГРНТИ 50.47.02;27.47.15

К. Ш. Арынгазин¹, В. И. Карпов², К. М. Акишев³¹к.т.н., профессор, директор, ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ», г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан;²д.т.н., профессор, Московский государственный университет технологии и управления имени К. Г. Разумовского, г. Москва, 117570, Российская Федерация;³ст. преподаватель, кафедра «Металлургия», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстанe-mail: ¹Kapar47@mail.ru; ²Vikarp@mail.ru; ³Akmail04cx@mail.ru**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

В статье рассматривается разработка структурно-функциональной модели (СФМ) технологической системы производства с использованием техногенных отходов с применением методологии IDEF0. Технология IDEF0 используется для создания моделей, которые являются структурированным изображением функций производственной, технологической системы, а также данными и объектами связывающих эти функции. В настоящее время для подготовки и организации бизнес-процессов (технологических процессов) используются различные программные инструменты, в том числе case-средства верхнего уровня BPrwin, которые поддерживают разработку IDEF0. Результатом применения методологии IDEF0 является модель. Модель состоит из диаграмм, фрагментов текста и глоссария, которые имеют ссылки друг на друга. Разработанная структурно-функциональная модель технологической системы производства с использованием техногенных отходов, будет использована, в дальнейшем при организации производства строительных материалов (камень пустотелый стеновой, плита тротуарная, камень бортовой).

Ключевые слова: модель, функция, дуга, интерфейс, структура, блок, входные данные, выходные данные.

ВВЕДЕНИЕ

На основе анализа современных концепций в сфере разработок технологических систем производства строительных изделий в ассортименте с использованием техногенных отходов и практического опыта использования современных технологий в этой области можно сформулировать перечень задач, решение которых позволит повысить эффективность функционирования средних и крупных предприятий. Он включает в себя не только общеизвестные бизнес-процессы, отчетности, процессы связанные с управлением персоналом и т.д.

Активная индустриализация в Павлодарском регионе привела к возникновению промышленных гигантов в отраслях первичной переработки (каменноугольная, металлургическая, нефтеперерабатывающая, теплоэнергетика).

Быстрые темпы роста промышленного производства имели не только положительные последствия, такие как повышение благосостояния и уровня жизни населения, но и массу отрицательных – разрушение природных экосистем, загрязнение окружающей среды промышленными выбросами, истощение запасов полезных ископаемых.

Город Павлодар относится к промышленным городам на экологию которого огромное воздействие в числе прочих, оказывают металлургические предприятия расположенные практически в черте города. Предприятия цветной и черной металлургии перерабатывают полиметаллические руды, содержащие: свинец, цинк, мышьяк, вольфрам, олово и др.

При обогащении в металлургических производствах образуется большое количество твердых и жидких отходов, часть из которых утилизируется, а большая часть складировается в отвалах, шламо и хвостохранилищах, накопителях [1].

Одной из самых «грязных» отраслей промышленности в Павлодарском регионе является черная и цветная металлургия, занимающая второе место по выбросам после теплоэлектростанций. Возможность использования техногенных отходов для производства строительных изделий предпринимается субъектами малого и среднего бизнеса Павлодарского региона, но к сожалению без применения научного подхода в исследовании характеристик, качества техногенных отходов используемых в строительных материалах, а также разработки моделей технологических систем производства строительных изделий с использованием техногенных отходов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время для проведения анализа и организации бизнес-процессов (технологических процессов) используются различные

программные средства, в том числе case-средства верхнего уровня BPwin, которые поддерживает нотации IDEF0. Данная нотация используется для построения SADT-модели.

Основу методологии IDEF0 составляет графический язык описания бизнес-процессов (технологических процессов). Модель в нотации IDEF0 [2] представляет собой совокупность иерархически упорядоченных и взаимосвязанных диаграмм. Каждая детальная диаграмма является декомпозицией блока из более общей диаграммы. Каждая диаграмма является единицей описания системы и располагается на отдельном листе.

Модель SADT представляет собой серию диаграмм с сопроводительной документацией, разбивающая сложный объект на составные части, которые представлены в виде блоков. Каждая детальная диаграмма является декомпозицией блока из более общей диаграммы. На каждом шаге декомпозиции более общая диаграмма называется родительской (контекстной) по отношению к детальной (дочерней диаграмме). Родительская диаграмма также называется контекстной. Каждый процесс, отраженный на диаграммах может быть детализирован, при этом должны соблюдаться определенные правила декомпозиции [3, 4, 5, 6, 7].

Результатом применения методологии IDEF0 является модель. Модель состоит из диаграмм, фрагментов текста и глоссария, которые имеют ссылки друг на друга. Диаграммы – главные компоненты модели. На диаграммах все производственные процессы и интерфейсы представлены как блоки (функции) и дуги (интерфейсы). Место соединения дуги и интерфейса определяет тип интерфейса.

Рассмотрим описание функциональной модели технологической системы.

На рис. 1. изображен функциональный блок «Обеспечить производство строительных изделий» и интерфейсные дуги.

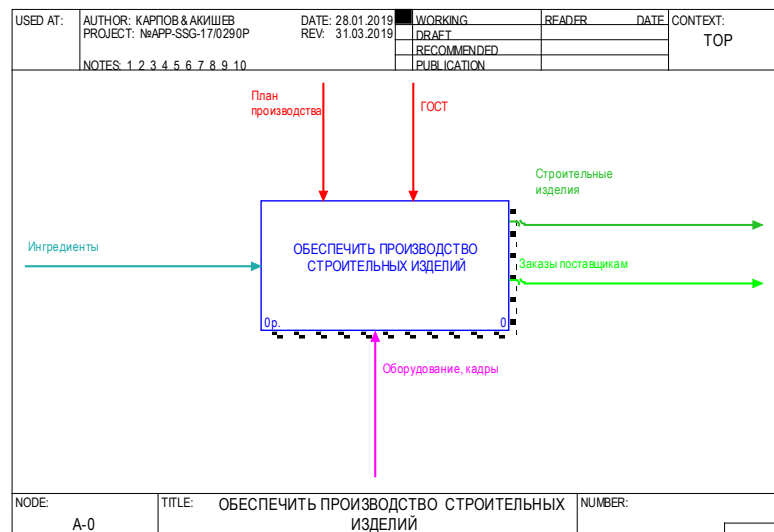


Рисунок 1 – Функциональный блок «Обеспечить производство строительных изделий» и интерфейсные дуги

Интерфейсные дуги входящие сверху в функциональный блок являются управляющимися:

- план производства;
- ГОСТы качество ингредиентов, строительной смеси и т.д.

Интерфейсные дуги входящие слева в функциональный блок являются входящими т.е. ингредиенты (сырье) необходимое для производства строительных изделий в ассортименте:

- цемент;
- щебень;
- песок;
- вода;
- техногенные отходы;
- хим.добавки.

Интерфейсные дуги входящие в функциональный блок снизу являются механизмами:

- кадры;
- оборудование.

Интерфейсные дуги выходящие из функционального блока являются выходными и заканчивают технологическую систему производства строительных изделий:

- строительные изделия в ассортименте;
- исполнение заказов потенциальным клиентам.

Поскольку единственный блок представляет всю систему как единое целое, имя, указанное в блоке является общим. Ей принято присваивать узловой номер А-0.

В соответствии с одним из правил IDEF0, диаграмма не может иметь менее трех и более шести блоков. Это условие обеспечивает единое, систематическое представление последовательных уровней детализации. Блоки на диаграмме представляют функции. Функции показывают, что должно выполняться, не идентифицируя при этом какие-либо другие аспекты, такие как необходимость в них или их смысл. Имена функций записываются внутри блоков и содержат глагольный оборот. Каждый блок на диаграмме имеет номер от 1–6 в нижнем правом углу (см. Рис.2).

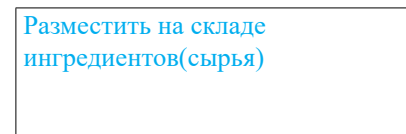


Рисунок 2 – Блок функций «Разместить на складе ингредиентов»

Дуги, соединенные с блоками, представляют материальные объекты или информацию, в которых нуждается или которую производит функция. Каждая из дуг имеет метку в виде оборота существительного, записываемую над ней. «Данными» могут служить информация, предметы и остальное, что может быть описано оборотом существительного (см.рис.3).

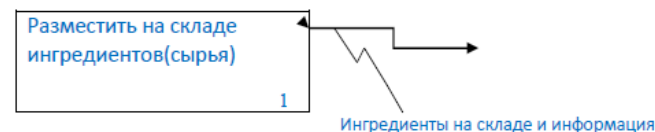


Рисунок 3 – Блок функций «Разместить на складе ингредиентов»

Дуги являются для блоков ограничивающим фактором, который определяет существо блоков, но не последовательности или потоки функций. Несколько функций могут выполняться одновременно (см.рис.4).

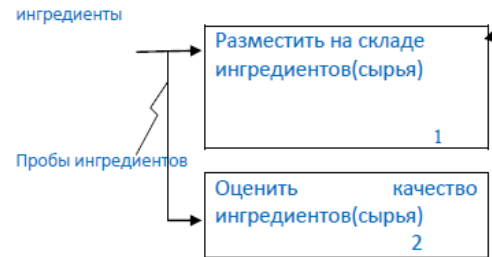


Рисунок 4 – Одновременное выполнение функций

Дуги верхнего уровня имеют метки более общего характера. Если они разветвляются, каждая ветвь имеет более конкретную надпись (см.рис.5).

План производства

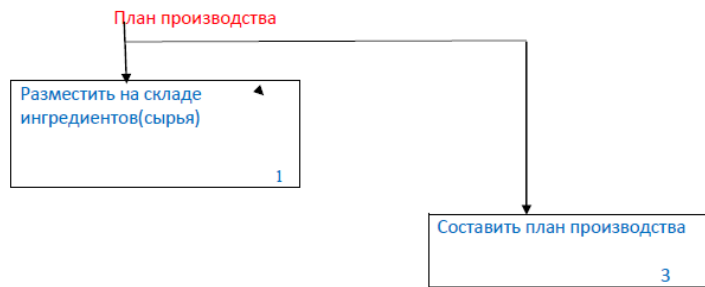


Рисунок 5 – Разветвление дуг.

Описание структурно-функциональной модели, как правило должно обеспечивать, понимаемость, ясность, краткость и функциональность. В логические построения семантики описания, авторы стараются вложить все необходимое, для точного описания технологической системы, технологического процесса и всех связей, которые влияют на конечные выходные параметры. Иногда приходится вносить в структурно-функциональную модель корректировки связанные с изменением тех или иных входящих критериев, ранее не предусмотренных в технологической системе производства, так как они часто влияют на конечный результат и при игнорировании таких критериев, может привести к получению не совсем корректных выходных данных.

Приступим к рассмотрению структурно-функциональной модели (СФМ) технологической системы производства строительных изделий с использованием техногенных отходов «Обеспечить производство строительных изделий» (см.рис.6).

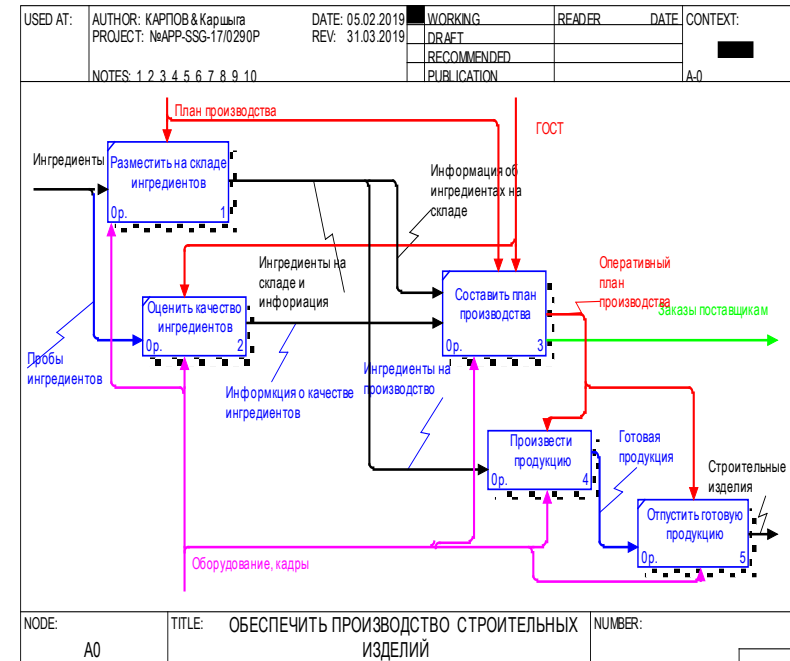


Рисунок 6 – Структурно-функциональная модель технологической системы производства строительных изделий с использованием техногенных отходов

Каждая функция, составляющая часть функции «Обеспечить производство строительных изделий, является некоторым объединением последовательности решений и действий, составляющую технологическую систему производства строительных изделий в ассортименте с использованием техногенных отходов. Объединение функций осуществляется на основе взаимоотношений данных, которые передаются между функциями. Эти взаимоотношения определяют границы функции и терминологию, используемую для каждой из них.

Рассмотрим диаграмму A0 «Обеспечить производство строительных изделий» с точки зрения концепций методологии IDEF0 (см.рис.6).

1 Графическое представление блочного моделирования.

– все производственные операции, описаны взаимодействием блоков друг с другом посредством интерфейсных дуг, которые выражают ограничения и определяют, когда и каким образом операции будут выполняться.

2 Краткость.

– форма графического языка имеет требуемую точность без потери выразить взаимоотношения интерфейса, обратную связь.

3 Передача информации.

– диаграмма основана на простой графике блоков и дуг;
– метки на естественном языке для описания блоков и дуг;
– постепенное представление информации при котором на верхнем уровне показаны основные функции, а на следующих уровнях происходит их уточнение;

– ограничение каждой диаграммы, СФМ технологической системы производства строительных изделий с использованием техногенных отходов включает 5 функциональных блоков.

4 Строгость и четкость.

– ограничение количества деталей не больше 5;
– ограниченный контекст, нет деталей выходящих за рамки рассмотрения;

– номера блоков, интерфейсов связаны между собой;

– отсутствие повторяющихся имен;

– соблюдение синтаксических правил;

– разделение входов и управлений;

– в каждой функции присутствует хотя бы одна управляющая дуга;

– у каждой операции есть своя цель.

5 Методология.

– пошаговое решение задачи моделирование с соблюдением иерархии.

В дальнейшем структурно-функциональная модель «Обеспечить производство строительных изделий» разбивается на диаграммы, каждая детальная диаграмма является декомпозицией блока из общей диаграммы. На каждом шаге декомпозиции более общая диаграмма называется родительской для более детальной диаграммы. Диаграммы верхних уровней охватывают большее количество деталей, поэтому словесные выражения, поэтому относящиеся к блокам и дугам обобщенные и дают общие понятия. На последующих диаграммах нижних уровней эти детали постепенно уточняются с использованием более конкретных терминов.

С учетом требуемого объема производства, производительности оборудования, квалификации персонала может быть скорректирован план производства продукции. При необходимости изменения диаграмм могут быть возможны на любом шаге. Основная цель построения СФМ – это создание модели максимально обеспечивающей полезной информацией всех лиц участвующих в разработке проекта.

ВЫВОДЫ

Применение методологии IDEF0 для разработки структурно-функциональной модели технологической системы производства строительных деталей (изделий) с использованием техногенных отходов как правило:

1 позволяет провести функциональное и информационное исследование технологической системы производства строительных изделий в ассортименте с использованием техногенных отходов:

– исследование деятельности и определение задач;

– классификацию функций структурных элементов;

– оценку качества используемых ингредиентов (сырья).

2 позволяет провести разработку деятельности структурных элементов технологи-ческой системы производства и системы управления в целом:

– выделение множества внешних условий, оказывающих существенное влияние на работу функционально блока;

– определение критериев входных и выходных информационных потоков;

– выявление основных процессов, определяющих деятельность функциональных блоков и обеспечивающих реализацию их целевых функций;

– обработку информационных потоков между основными процессами деятельности, уточнение связей между процессами и внешними объектами.

Настоящая публикация осуществлена в рамках Подпроекта №APP-SSG-17/0290Р «Инновационные технологии использования твердых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики и металлургии Павлодарской области в производстве строительных материалов», финансируемого в рамках Проекта «Стимулирование продуктивных инноваций», поддерживаемого Всемирным Банком и Правительством Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Арынгазин, К. Ш., Акишев, К. М., Богомолов, А. В.** Концепция экологической безопасности для города Павлодара. Материалы международной научно практической конференции «X Торайгыровские чтения», посвященной 125-летию С. Торайгырова. Павлодар, 2018.

2 ГОСТ Р 50.1.028-2001, Методология функционального моделирования, ГОССТАНДАРТ РОССИИ.

3 **Александров, Д. В.** Инструментальные средства информационного менеджмента. CASE-технологии и распределенные информационные системы: Учебное пособие. – М. : Финансы и статистика, 2011. – 224 с. – ISBN 978-5-279-03475-8 (Рекомендовано УМО для направления 230200 ИС, UML).

4 **Калянов, Г. Н.** Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов: учеб. Пособие. – М. : Финансы и статистика, 2007. – 240 с.

5 **Репин, В. В., Елиферов, В. Г.** Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. – Изд. «Стандарты и качество», 2009. – 408 с.

6 **Серигов, А. В., Титов, Н. В.** Компьютерное моделирование бизнес-процессов. – Изд. «Бурун Книга», 2007. – 304 с.

7 **Цуканова, О. А.** Методология и инструментарий моделирования бизнес-процессов. Учебное пособие. – Спб. : Университет ИТМО, 2015. – 101 с.

8 ГОСТ 25192-2012. Бетоны. Классификация и общие технические требования.

9 Рекомендации по применению бокситовых шламовглиноземного производства в бетонных и строительных растворах. – М. : НИИЖБ, 1990.

10 ГОСТ 25592-91. Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов.

11 **Арынгазин, К. Ш., Акишев, К. М., Богомолов, А. В.** Влияние атмосферных выбросов промышленных предприятий на здоровье населения городов. «Павлодар обласының экология және табиғаты пайдаланудың өзекті мәселелері». Атты халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференциясының материалдары. – Павлодар, 2018.

12 **Баженов, Ю. М.** Технология бетона. Учебник, 3-е издание / Ю. М. Баженов. – М. : АСВ, 2003, 500 с.

13 **Голубничий, А. В.** Камни бетонные стеновые на гранулированных металлургических шлаках и шлакощелочных вяжущих // Строительные материалы. – 1994. – № 8. – С. 24–25.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

К. Ш. Арынгазин¹, В. И. Карпов², К. М. Акишев³

Техногенді қалдықтарды пайдалана отырып, құрылыс бұйымдарын өндірудің технологиялық жүйесінің құрылымдық-функционалды моделін әзірлеу

¹ЖШС «ЭкостройНИИ-ПВ»,

Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы;

²К. Г. Разумовскийдағы Мәскеу технология және

басқару мемлекеттік университеті,

Мәскеу қ., 117570, Ресей Федерациясы;

³С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

K. S. Aringazin¹, V. I. Karpov², K. M. Akishev³

Development of a structural-functional model of the technological system of construction products manufacturing using industrial wastes

¹LLP «EkostroyNII-PV»,

Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan;

²Moscow State University of Technology and

Management named after K. G. Razumovsky,

Moscow, 117570, Russian Federation;

³Department of Metallurgy,

S. Toraihyrov Pavlodar state University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақалада IDEF0 әдіснамасын қолдану арқылы техногенді қалдықтарды қолдану арқылы өндірістің технологиялық жүйесінің құрылымдық-функционалды моделін (ҚФМ) әзірлеу қарастырылады. Технологиясы IDEF0 құру үшін қолданылады модельдер болып табылатын құрылымдық бейнеленген функцияларын өндірістік, технологиялық жүйелер, сондай-ақ деректерін және объектілерін байланыстыратын бұл функциялар. Қазіргі уақытта бизнес-процестерді (технологиялық процестерді) дайындау және ұйымдастыру үшін әртүрлі бағдарламалық құралдар, оның ішінде IDEF0 әзірлеуді қолдайтын VPwin жоғарғы деңгейдегі case-құралдар пайдаланылады. IDEF0 әдіснамасын қолданудың нәтижесі модель болып табылады. Модель диаграммалардан, мәтін фрагменттерінен

және бір-біріне сілтемелері бар глоссарийден тұрады. Техногенді қалдықтарды пайдалана отырып өндірістің технологиялық жүйесінің әзірленген құрылымдық-функционалдық моделі одан әрі құрылыс материалдарын (қуыс қабырғалық тас, тротуарлық плита, борттық тас) өндіруді ұйымдастыру кезінде пайдаланылатын болады.

The article discusses the development of structural and functional model (SFM) technological systems of production using industrial wastes with the application of IDEF0 methodology. IDEF0 technology is used to create models that are a structured representation of the functions of the production, technological system, as well as data and objects linking these functions. At the present time for the preparation and organization of business processes (technological processes) various software tools are used, including case tools of BPwin upper level, which supports the development of IDEF0. The result of applying the IDEF0 methodology is a model. The model consists of diagrams, text fragments and glossaries that have references to each other. The developed structural and functional model of the technological production system with the use of man-made waste will be used in the future in the organization of building materials production (hollow stone wall, paving slab, stone side).

ГРНТИ 44.31.01

К. М. Ахмедов¹, А. И. Олейник², Ш. А. Ткенов³

¹к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Строительства и строительных материалов», Рудненский индустриальный институт, г. Рудный, 111500, Республика Казахстан;

²д.т.н., доцент, кафедра «Строительства и строительных материалов», Рудненский индустриальный институт, г. Рудный, 111500, Республика Казахстан;

³магистр строительства, преподаватель, кафедра «Строительства и строительных материалов», Рудненский индустриальный институт, г. Рудный, 111500, Республика Казахстан
e-mail: ¹²³tkenov.shokan@mail.ru

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ УСИЛЕНИЯ МЯГКОЙ КРОВЛИ

В работе решается термоупругая задача деформации слоистой системы, моделирующей усиление мягкой кровли с помощью наклейки дополнительной накладки. С математической точки зрения имеем контактирующие между собой основной поврежденный слой, нанесенный на его поверхность клеящий слой и накладку. Задача решается с помощью численного моделирования в программе Ansys. Дается анализ деформаций и приведенных напряжений по модели Мизеса.

Ключевые слова: численное моделирование, контактные слои, деформации, напряжения.

ВВЕДЕНИЕ

В практике восстановления поврежденных гидроизоляционного ковра в мягких кровлях часто возникают ситуации, когда при установке дополнительных накладок по контуру накладки или над самым поврежденным участком вновь образуются разрывы кровельного ковра. В плоских кровлях покрытие включает в себя: несущую конструкцию (ж/б плита), утеплитель, цементную стяжку и гидроизоляцию, состоящую из нескольких слоев бикроста или аналогичного материала. Повреждение гидроизоляции приводит к увлажнению утеплителя и нарушению защитных функций кровли. Причинами повреждения рулонного ковра могут служить дополнительные растягивающие напряжения, связанные с образованием трещин в цементной стяжке, которые появляются в результате резких

температурных колебаний, перегрузки кровли, нарушений условий эксплуатации. Наличие этих трещин приводит к неравномерному натяжению кровельного покрытия и его разрыву. Как правило [1, 2], ремонтные работы заключаются в наклеике дополнительных слоев (накладок), однако через некоторое время по контуру наклейки образуются разрывы. Установка накладок не устраняет основную причину разрывов – предварительное натяжение верхнего гидроизоляционного слоя. Контуры дополнительных накладок сами представляют собой особенности и являются границами скачкообразного изменения жесткости кровельного покрытия. На границе скачкообразного изменения жесткости возникает концентрация напряжений, что приводит к образованию новых разрывов. Осложняющее влияние оказывает резкий нагрев кровельного ковра, при котором изменяется модуль упругости материала.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Целью работы является разработка мероприятий по снижению краевых напряжений между накладкой и поврежденным покрытием. Такое исследование представляет интерес как с теоретической так и с практической точек зрения.

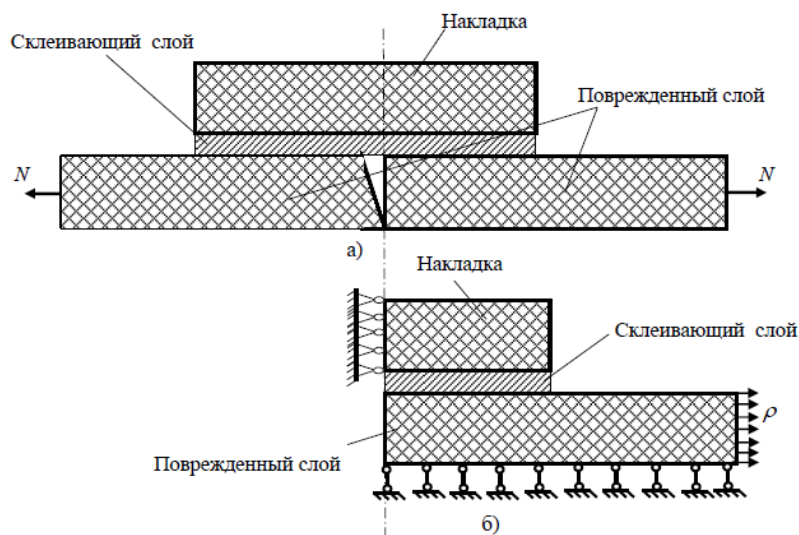


Рисунок 1 – Расчетная схема

а – основная схема; б – упрощенная модель с учетом симметрии
 $p=3\text{МПа}=300\text{н/см}^2$

Решение обозначенной проблемы выполняется численно с помощью программы Ansys [3], реализующей метод конечных элементов (МКЭ).

Учитывая протяженность рассматриваемой системы, задача приведена к плоской системе, состоящей из плоских областей. Постановка задачи представлена на рис. 1.

Основной поврежденный слой представлен в виде двух полос с соотношением сторон 1:10, между которыми имеется разрыв. Накладка также моделируется полосой с таким же соотношением сторон. Поврежденный слой загружен растягивающими силами, моделирующими предварительное напряжение поврежденного слоя.

На рис. 1,б приведена упрощенная расчетная схема, учитывающая симметрию модели.

Предварительное напряжение в поврежденных слоях принято 3 МПа, что соответствует уровню предельных напряжений в полимерных кровельных покрытиях на основе битума.

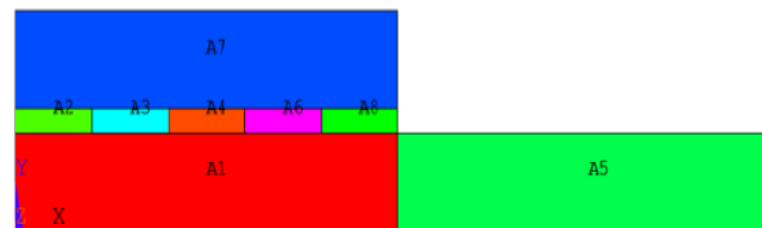


Рисунок 2 – Численная реализация модели

На рисунке 2 изображены три основных слоя кровли с разбиением их на подобласти: накладка (область А7), клеящий слой (области А2, А3, А4, А6 и А8) и поврежденное покрытие (области А1 и А5). Толщина деформированного покрытия – 4 мм; толщина клеящего слоя – 1 мм; толщина наклейки – 4 мм. Каждому объему заданы соответствующие характеристики.

Разбиение слоев на подобласти позволяет задать различные модули упругости для каждой из подобластей и тем самым эффективно влиять на напряженно-деформированное состояние (НДС) материала в окрестности концентраторов напряжений.

В расчетах учитывается изменение модуля упругости основного материала склеиваемых слоев на 50 % при нагреве от 0 до 20°; принят линейный закон изменения модуля упругости от температуры.

Представленная задача решается в термоупругой постановке.

Вначале рассматривается температурная задача, в результате решения которой получаем стационарное температурное поле, связанное с прогревом

мягких слоев. При этом температура на бетонной стяжке, учитывая ее более значительные размеры и тепловую инерцию, остается фиксированной и в расчетах принята -0° . Коэффициент теплопроводности $K_{XX}=0.17$ для рулонных битумных покрытий, коэффициент теплопроводности $\lambda=0.27$ (н·см)/(см·К⁰), плотность $\gamma=1400$ кг/м³.

Граничные значения температуры в основании нижнего несущего слоя деформированного покрытия – 0° C, накладка подвергается нагреванию при температуре 10° C. Далее производится склейка областей. С помощью операции Meshing генерируется сетка конечных элементов (рис. 2). Задание температур на контуре производится по выделенным контурным линиям.

По результатам решения температурной задачи получаем изополя распределения температур внутри модели (рис. 3).

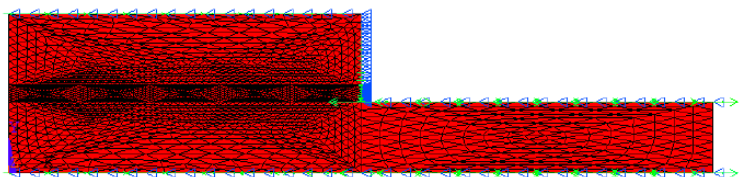


Рисунок 3 – Конечно-элементная модель в программе Ansys

Для решения термоупругой задачи рассматривается расчетная схема, показанная на рис. 1,б, которая загружается предварительным напряжением $p=3\text{МПа}=300\text{н/см}^2$ и температурным полем, полученным из решения температурной задачи.

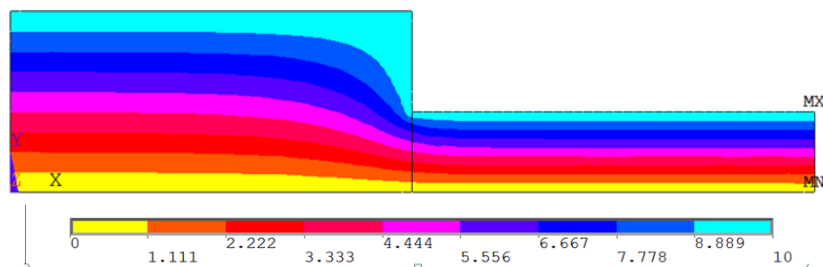


Рисунок 4 – Распределение температур в исследуемой модели

В результате термоупругого расчета получаем изополя распределения эквивалентных напряжений по Мизесу. Результаты расчетов с различными значениями модулей упругости слоев при температурах $T_1=0^{\circ}$ C и $T_2=10^{\circ}$ C приведены на рис. 5–9.

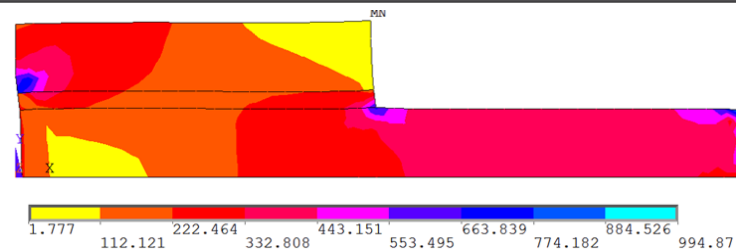


Рисунок 5 – Эквивалентные напряжения по Мизесу Модуль упругости слоев покрытия и клеящего слоя одинаков (при нагреве модуль упругости меняются в пределах $E=11000-5000$ н/см²)

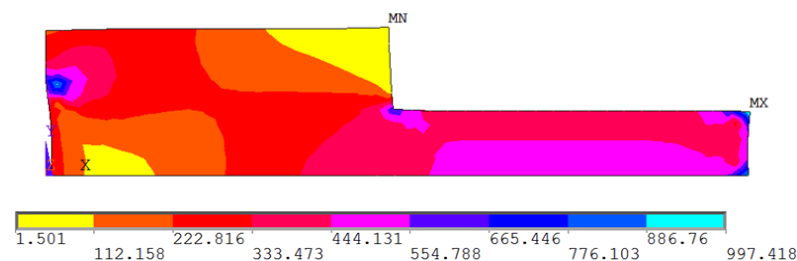


Рисунок 6 – Эквивалентные напряжения по Мизесу (при нагреве модуль упругости основного слоя и накладки меняется в пределах $E=11000-5000$ н/см²; модуль упругости клеящего слоя меняется в пределах $E=500$ н/см² – 300 н/см²)

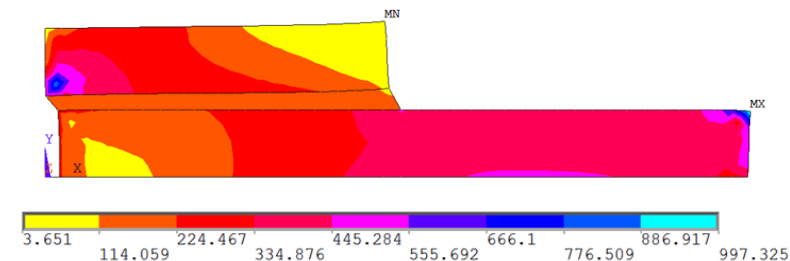


Рисунок 7 – Эквивалентные напряжения по Мизесу (при нагреве модуль упругости основного слоя и накладки меняется в пределах $E=11000-5000$ н/см²; модуль упругости клеящего слоя меняется в пределах $E=300$ н/см² – 200 н/см²)

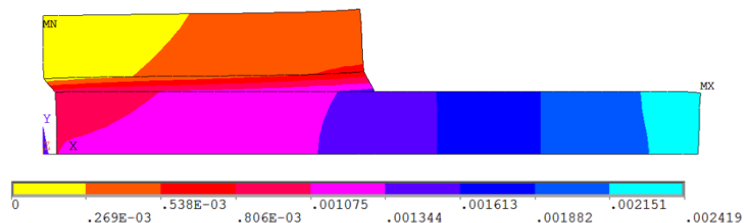


Рисунок 8 – Горизонтальные деформации вдоль оси X при слабом клеящем слое $E=300$ н/см² и 200 н/см²

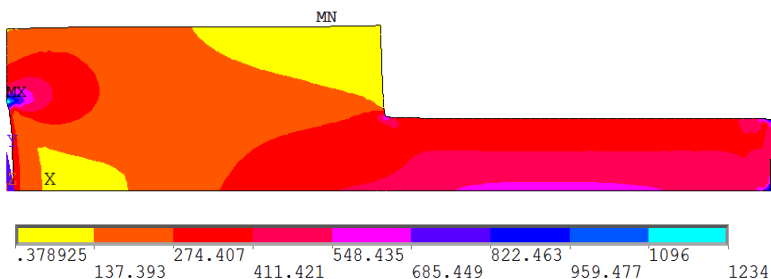


Рисунок 9 – Эквивалентные напряжения по Мизесу при различных E по длине клеящего слоя; модули упругости промежуточного слоя, разбитого на 5 частей ($E_1=E_2=E_3=1000$ н/см² и 500 н/см², $E_4=E_5=300$ н/см² и 200 н/см²).

Рис. 5–8 получены для клеящего слоя с одинаковым по длине склейки модулем упругости. На рисунке 5 приведены напряжения по Мизесу для случая, когда клеящий слой имеет такие же характеристики, как и остальные части системы. Рисункам 6 и 7 соответствуют распределения напряжений при слабом клеящем слое (E_2 более, чем в 10 раз меньше, чем для основных слоев). Рисунок 8 иллюстрирует характер распределения горизонтальных перемещений в пакете при слабом клеящем слое. Рисунок 9 получен для переменных характеристик клеящего слоя по его длине.

При высоких значениях модуля упругости клеящего слоя в угловых точках модели формируются круговые области концентрации напряжений, которые служат источником появления трещин и разрывов (рис. 5, 6).

Сопоставление рисунков 5, 7 показывает, что при низких модулях упругости клеящего слоя концентрация напряжений в основном слое кровли по краю накладки сглаживается, при этом уровень напряжений падает вдвое. В месте с тем, остается концентрация напряжений в самой накладке над первоначальной трещиной в основном слое и значительно

возрастают горизонтальные деформации (Рис. 8). В этой связи целесообразно в окрестности трещины использование клеящего состава с более высоким модулем упругости.

ВЫВОДЫ

В случае использования клеящего слоя с переменной жесткостью уровень напряжений будет несколько выше, чем в предыдущих случаях, однако уменьшаются деформации. Расчеты показали, что снижение температуры нагрева верхней поверхности покрытия также приводит к снижению уровня напряжений в окрестности края накладки.

Анализ полученных результатов показывает, что в случае ремонта кровли нецелесообразно применять жесткие клеящие составы. Применение мягких клеящих составов позволяет исключить концентрацию напряжений в месте стыков, наиболее оптимальным является случай использования клеящего слоя с переменной по длине жесткости. В этом случае усиливается также область непосредственно над местом разрыва старого слоя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СНиП РК 3.02-43-2007. Жилые здания.
- 2 Кровли. Технические требования, правила приемки, проектирование и строительство, методы испытаний/ АО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ. – М., 1997. – 85 с.
- 3 Басов, К. А. ANSYS: справочник пользователя / К. А. Басов. – М. : ДМК Пресс, 2005. – 640 с.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

К. М. Ахмедов¹, А. И. Олейник², Ш. А. Ткенов³

Жұмсақ шатырды күшейту деформациясын сандық зерттеу

^{1,2,3}Рудный индустриалдық институты,
Рудный қ., 111500, Қазақстан Республикасы.
Материал 12.08.19 баспаға түсті.

K. M. Ahmedov¹, A. I. Oleinik², Sh. A. Tkenov³

Numerical study of deformation strengthening of a soft roof

^{1,2,3}Rudny Industrial Institute,
Rudny, 111500, Republic of Kazakhstan.
Material received on 12.08.19.

Қосымша жапсырмадан жұмсақ шатырлар күшейту көмекпен үлгі жасайтын қабатшы жүйелерде формациялар жылу тығыз есебі жұмыста ұйғарылып жатыр. Математикалық көзқарастан өзі арасында оның бетке жікті және жапсырманы әжелімдейтін әкелген негізгі майып жік түйісетін алып жатырмыз. Ansys есеп бағдарламада пішіндеулер сандық көмекпен ұйғарылып жатыр. Мизес үлгі бойынша деформациялардың және келтірген кернеулердің талдауы беріп жатыр.

It solved the problem of thermo-elastic deformation of the layered system, which simulates strengthening soft roof using additional labels lining. Since the mathematic perspective have a substantive contact between the damaged layer is deposited on the surface of the adhesive layer and the sheet. The problem is solved with the help-means of numerical simulation in Ansys program. It gived deformation analysis and presented by Mises stress model.

ГРНТИ 86.21.00

**С. А. Бекеева¹, Г. А. Еселханова²,
А. Д. Кантарбаева³, Е. Ж. Князов³**

¹к.б.н., доцент, с.н.с. Лаборатории регламентации в области охраны труда, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²зам. генерального директора по научной работе, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³н.с. Лаборатории регламентации в области охраны труда, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан
e-mail: nauka@rniiot.kz

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ПРИ ВАХТОВОМ МЕТОДЕ ТРУДА КАК КРИТЕРИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА

В результате проведенной оценки риска травмоопасности при вахтовом методе организации труда с работой в ночное время, на изучаемых предприятиях горнодобывающей промышленности было установлено, что повышенная травмоопасность в динамике 8 и 12 часовых рабочих смен наблюдается на 2 и 6 часы, а от начало рабочей смены. На сменах с ночным временем большая часть несчастных случаев зарегистрирована 5 и 6 часы работы от начала рабочей смены. Основными причинами произошедших несчастных случаев являются неудовлетворительная организация работ производства, недооценка риска пострадавшим, недостатки в обучении безопасным приемам работы. Установлено, что профилактика и также организационно-технические мероприятия по снижению производственного травматизма, должны включать в себя управление, прогнозирование, планирование и обязательства по предотвращению опасностей, оценки риска и принятия мер до того, как произойдет несчастный случай, или возникнет заболевание.

Ключевые слова: вахтовый метод организации труда, работа в ночное время, травматизм, несчастный случай, профилактика травматизма, горнодобывающая промышленность.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении всего времени, актуальность проблемы производственной травматизма растет, причем особое беспокойство вызывает то обстоятельство, что отмечается рост травматизма со смертельным исходом, с переходом на инвалидность, с временной утратой трудоспособности, т.е. утяжеление исходов травм. Наряду с этим, на сегодняшний день в экономически развитых странах мира травмы занимают третье место среди причин смерти населения и чаще уносят жизни людей наиболее молодого, трудоспособного возраста [1].

Известно, что по оценкам Международной организации труда (МОТ) около 2,3 млн. мужчин и женщин ежегодно погибают в результате несчастных случаев на рабочем месте или связанных с работой заболеваний, в среднем 6000 человек ежедневно. Во всем мире ежегодно регистрируется примерно 340 млн., несчастных случаев на производстве, также растет количество профессиональных заболеваний [2, 3]. Причем основная причина производственной смертности в каждом регионе своя, от сердечнососудистых заболеваний в Латинской Америке до инфекций в Индии. Однако наиболее опасными для жизни работников везде остаются такие отрасли как сельское хозяйство, горнорудная промышленность и строительство [4].

Для Казахстана и большинства стран мира, производственный травматизм относится к группе важнейших показателей характеризующих профессиональный риск и является важнейшей социально-экономической проблемой. Наряду с этим от состояния условий труда, организации трудового процесса и характера труда зависит уровень производственного травматизма. Следовательно, производственный травматизм как чуткий индикатор состояния условий и охраны труда может служить важнейшим критерием при оценке профессионального риска, на котором основан новый подход к управлению охраной труда, что и подтверждает актуальность данного исследования.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время на предприятиях горнодобывающей отрасли РК получил распространение вахтовый метод организации труда. В соответствии с пунктом 1 статьи 135 ТК РК, вахтовый метод является особой формой осуществления трудового процесса вне места постоянного проживания работников, когда не может быть обеспечено ежедневное их возвращение

к постоянному месту жительства. Основные требования к организации вахтового метода работы изложены в статье 135 ТК РК.

Оценка риска производственного травматизма (с вахтовым методом организации труда) проводилась на крупных предприятиях горнодобывающей промышленности. Продолжительность вахтового периода на изучаемых предприятиях составляет 15 календарных дней. Работа на вахте организована круглосуточно по сменам с разной продолжительностью, в соответствии с утвержденными графиками работы на вахте. Выходной день для отдыха в течение вахтового периода не предоставляется.

По исследуемым предприятиям было изучено 47 произошедших несчастных случаев, из них со смертельным исходом – 6 случаев, происшествий в ночное время – 20 случаев. На рисунке 1 представлен анализ производственного травматизма в динамике 15 дневного вахтового периода.

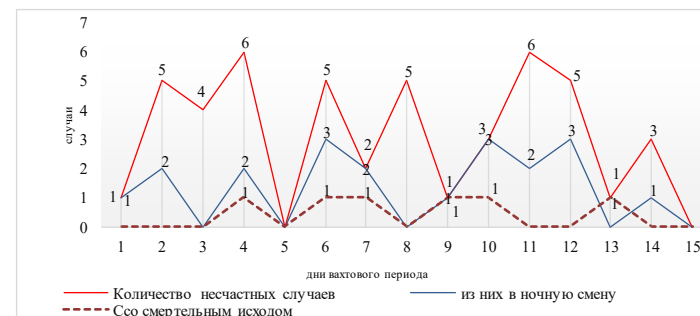


Рисунок 1 – Частота произошедших несчастных случаев в динамике 15 дневного вахтового периода, количество случаев

Проведенный анализ производственного травматизма в динамике 15 дневного вахтового периода показал, что частота травматизма увеличивается на 2, 4, 6, 8, 11, 12 дни вахты. Аналогичная тенденция по дням вахтового периода наблюдается на сменах с ночным временем. Происшествия со смертельным исходом приходятся на 4, 6, 7, 9, 10, 13 дни вахты. Так в начале вахтового периода т.е. в период адаптации к работе преобладают травмы, вследствие неудовлетворительной организации производства работ и травмы от оборудования (33 %). В середине вахтового периода – на 8 сутки, сокращается время отдыха работников из-за перехода с ночной смены на дневную смену, с дневной смены на ночную смену. В эти сутки продолжительность 1 и 2 смен увеличивается до 18 часов. И как следствие в результате утомления организма [5, 6], повышается частота травм при работе с оборудованием, из-за нарушений требований безопасности и неправильной

организацией работ (13 %). И в конце вахтового периода, с 10 дня, травмы обусловлены также неудовлетворительной организацией производства работ, грубой неосторожностью пострадавшего, несоответствием требованиям безопасности и охраны труда (28 %).

На исследуемых предприятиях горнодобывающей промышленности с вахтовым методом организации труда продолжительность рабочей смены составляет 7 и 12 часов. Так анализ частоты произошедших несчастных случаев на этом предприятии на 7 часовых сменах проведен по 28 несчастным случаям, из них в ночное время – 9 случаев, со смертельным исходом – 6 случаев.

Проведенный анализ динамики частоты произошедших несчастных случаев на изучаемом предприятии работающих при 7 часовой рабочей смене представлен на рисунке 2.

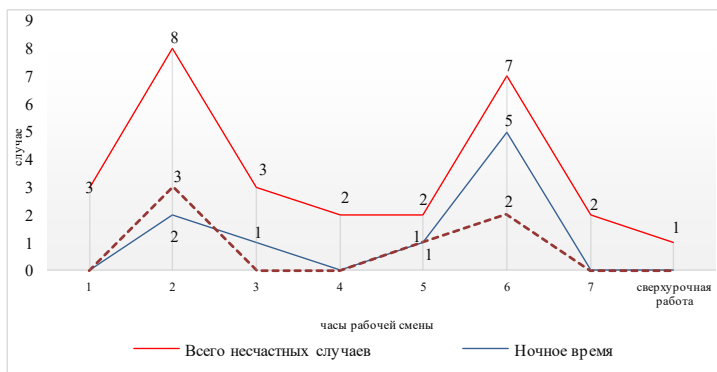


Рисунок 2 – Анализ частоты произошедших несчастных случаев на 7 часовых рабочих сменах при вахтовом методе организации труда, количество случаев

Как видно из рисунка 2, на 7 часовых рабочих сменах основная часть произошедших несчастных случаев приходится на 2 и 6 часы от начала рабочей смены. Несчастные случаи со смертельным исходом приходится на также на 2, 6 и 5 часы работы от начала рабочей смены. На сменах с ночным временем большая часть несчастных случаев зарегистрирована во второй половине 7 часовых смен, а именно на 5 и 6 часы работы от начала рабочей смены. Кроме того, на 7 часовых сменах с *ночным временем* более травмоопасным периодом является 2 час от начала рабочей смены.

Анализ произошедших несчастных по тяжести травм на 7 часовых рабочих сменах при вахтовом методе труда, представленный на рисунке 3,

показал, что большая часть несчастных случаев с травмами легкой тяжести и происшествий со смертельным исходом, в основном приходится на 2 смену.

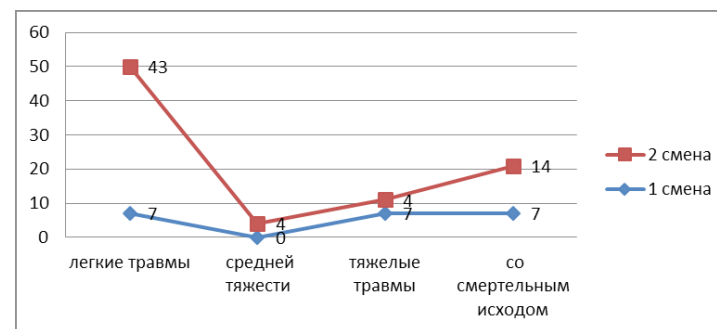


Рисунок 3 – Анализ произошедших несчастных случаев по тяжести травм на 7 часовых рабочих сменах изучаемых предприятий, применяющих вахтовый метод организации труда

Тогда как на 7 часовых сменах с ночным временем (1 смена) больше регистрируется происшествий с тяжелыми травмами, меньше легкие травмы и со смертельным исходом, по сравнению со 2 сменой.

Далее анализ частоты произошедших несчастных случаев, на предприятии применяющие 12 часовые рабочие смены, проводился по 19 несчастным случаям, из них в ночное время – 11 случаев. Результаты анализа динамики частоты произошедших несчастных случаев в динамике 12 часовых рабочих смен при вахтовом методе организации труда представлено на рисунке 4.

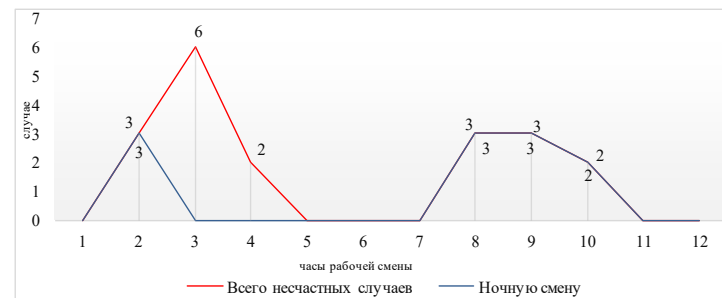


Рисунок 4 – Анализ динамики частоты произошедших несчастных случаев на изучаемых предприятиях, работающих при 12 часовой рабочей смене при вахтовом методе труда

Анализ произошедших несчастных случаев по тяжести травм на 12 часовом рабочем сменном показало, что большая часть тяжелых травм зарегистрирована в 1 смене с ночным временем.

Распределение доли пострадавших от несчастных случаев по видам происшествий на изучаемых предприятиях горнодобывающей промышленности на 7 и 12 часовых рабочих сменах показало, что около 30 % пострадавших травмировались при обрушениях, обвалах, падениях предметов, около 20 % – в результате падения пострадавшего.

Таким образом, профилактика производственного травматизма включает в себя управление, прогнозирование, планирование и обязательства по предотвращению опасностей, оценки риска и принятия мер до того, как произойдет несчастный случай, или возникнет заболевание. Это может быть достигнуто только при выполнении ряда мероприятий и при совместных действиях всех заинтересованных сторон – работодателя, в первую очередь несущего обязанности и ответственность за обеспечение безопасных и здоровых условий труда и т.д. Все эти стороны играют важную роль в улучшении состояния охраны труда [7–8]. Такие мероприятия должны реализовываться, согласно плану (например, плану мероприятий по оздоровлению и улучшению условий труда, основанному на результатах аттестации рабочих мест по условиям труда), результатов производственного контроля, вследствие предписания органов государственной экспертизы или других уполномоченных организаций

ВЫВОДЫ

Исследованиями производственного травматизма при вахтовом методе организации труда на предприятиях горнодобывающей промышленности было установлено повышенная травмоопасность в динамике 7 и 12 часовых рабочих смен на 2 и 6 часы, на сменах с ночным временем – 5 и 6 часы работы от начала рабочей смены. Произошедшие несчастные случаи со смертельным исходом приходятся на 2 смену, по тяжести травм в 1 смену с ночным временем.

При анализе видов происшествий в изученных предприятиях преобладают травмы приводящие к несчастным случаям при обрушениях, обвалах, падениях предметов, а также в результате падения пострадавшего.

Полученные результаты риска травмоопасности при вахтовом методе организации труда в горнодобывающей промышленности констатирует о необходимости повышения уровня организации безопасного производства работ, проведения тренингов по выработке привычек у работников к безопасному выполнению технологических операций и соблюдения требований охраны труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Бекшенев, О. Г.** Учебно-методический комплекс дисциплины Безопасность жизнедеятельности. – Екатеринбург. 2012. – С. 48. [Электронный ресурс]. – lektcii.org/9-58650.html.

2 [Электронный ресурс]. – https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249276/lang-ru/index.htm

3 **Бухтияров, И. В., Измеров, Н. Ф., Тихонова, Г. И. и др.** Производственный травматизм как критерий профессионального риска // Проблемы прогнозирования. – 2017. – № 05. – С. 140–149.

4 [Электронный ресурс]. – <https://www.kommersant.ru/doc/718897>

5 **Merat, N., Jamson, A. H.** The effect of three low-cost engineering treatments on driver fatigue: a driving simulator study // Accid Anal Prev. – 2013. – V. 50. – P. 8–15. [Электронный ресурс]. – DOI:10.1016/j.aap.2012.09.017.

6 **Akerstedt, T.** Shift work and disturbed sleep/wakefulness // Occup. Med. – 2003. – V. 53. – P. 89–94.

7 МОТ о профилактике профессиональных заболеваний // Охрана труда 02/03 / [Электронный ресурс]. – <https://biot.su/mot-o-profilaktike-professionalnyx-zabolevanij.html>.

8 Предотвращение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости: глобальная стратегия // Доклад МОТ к Всемирному дню охраны труда Женева. 2005. [Электронный ресурс]. – <http://www.yandex.kz/clck/jsreidir?from=www.yandex.kz>

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

С. А. Бекеева¹, Г. А. Еселханова², А. Д. Кантарбаева³, Е. Ж. Князов⁴

Кәсіби қауіпсіздікті және кепілдік тәуекелдері барлығына қатысуға арналған өнеркәсіптік ақаулықтарды зерттеу нәтижесі

^{1,2,3,4}«Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты» РМҚК,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.
Материал 12.08.19 баспаға түсті.

S. A. Bekeeva¹, G. A. Eselkhanova², A. D. Kantarbaeva³, E. Zh. Knyazov⁴

Actuality of research of industrial injuries at shift method of labor as a criterion of professional risk

^{1,2,3,4}State Enterprise «Republican Research Institute for Labor Protection of the Ministry of Labor and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Түнгі жұмыс жүргізуді ұйымдастырудың ауысымдық әдісінде жарақат алу қаупін бағалау нәтижесінде зерттелетін кен өндіруші кәсіпорындар 8 және 12 сағат жұмыс ауысымының динамикасында көтерілудің жоғарылауы 2 және 6 сағатта және жұмыс ауысымынан байқалады. Түнгі уақыттағы ауыстыру кезінде апаттардың көпшілігі жұмыс ауысымынан бастап 5 және 6 сағат жұмыс істейді. Өндірістің қанағаттанарлықсыз ұйымдастырылуы, зардап шеккендерге қауіп-қатерді төмендету, қауіпсіз жұмыс әдістерін оқытуда кемшіліктер орын алған апаттардың негізгі себептері болып табылады. Өндірістік жарақаттардың алдын алу, сондай-ақ өндірістік-техникалық жарақаттарды қысқарту бойынша ұйымдастырушылық және техникалық шараларға қауіп-қатерді болдырмау, қауіптерді бағалау және авария болған немесе ауру пайда болғанға дейін әрекет етуді басқару, болжамдау, жоспарлау және міндеттер кіреді.

As a result of an assessment of the risk of injury in the shift method of organizing work with night work, the mining enterprises under study found that increased trauma in the dynamics of 8 and 12 hour work shifts is observed at 2 and 6 hours, and from the beginning of the work shift. On shifts with night time, most of the accidents are registered 5 and 6 hours of work from the beginning of the work shift. The main causes of the accidents that have occurred are the unsatisfactory organization of the work of production, the underestimation of the risk to the injured, shortcomings in the training of safe working methods. It has been established that prevention, as well as organizational and technical measures to reduce industrial injuries, should include management, forecasting, planning, and obligations to prevent hazards, assess risks, and take action before an accident occurs or a disease occurs.

ГРНТИ 44.09.03

Ю. Ф. Булатбаева¹, Ф. Н. Булатбаев², Д. В. Лисицын³, Е. Б. Нурмагамбетов⁴, Т. С. Юсупов⁵, Е. Е. Шакилдек⁶

¹доктор PhD, и.о. доцента, Факультет энергетики, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

²к.т.н., декан, Факультет энергетики, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

³м.т.н., ст. преподаватель, Факультет энергетики, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

⁴магистрант, Факультет энергетики, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

⁵магистрант, Факультет энергетики, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

⁶магистрант, Факультет энергетики, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан

e-mail: ¹Julia_my_angel@mail.ru; ²felix4965@mail.ru; ³dlicicyn@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ТРАНСФОРМАТОРАХ ОТ НЕСИММЕТРИИ ДЛЯ ОСНОВНЫХ СХЕМ СОЕДИНЕНИЯ НАГРУЗКИ

В статье предлагается методика определения значения потерь активной мощности в трансформаторах от несимметрии для основных схем соединения нагрузки в сетях 0,4 кВ.

Исследования, выполненные в работе, как и использование в качестве базы данных комплексных значений сопротивлений (проводимостей) для них, при переходе к квадратным значениям позволили получить обобщённые и простые формулы для определения дополнительных потерь от несимметрии нагрузок.

Полученные экспериментальные данные при проведении измерений на модуле «РТ – несимметричная нагрузка» подтвердили

необходимость корректировать классическую формулу расчета потерь в трансформаторе.

Ключевые слова: потери, распределительный трансформатор, схема соединения, несимметричная активно-индуктивная нагрузка, несимметричная активная нагрузка.

ВВЕДЕНИЕ

Основная доля потерь в структуре энергетических компаний Казахстана приходится на распределительные сети (РС).

Потери мощности и электрической энергии в электрических сетях складываются из потерь в линиях и трансформаторах. Потери в распределительных трансформаторах (РТ) составляют основную долю. Главной причиной сверхнормативных потерь является несимметрия нагрузок РТ [1].

Опытные проектировщики применяют трансформаторы большей мощности, хотя можно было бы использовать трансформаторы с малым сопротивлением нулевой последовательности. Электроснабжение невозможно осуществить без применения трансформаторов, с помощью которых электроэнергия экономно передается на расстояние и рационально распределяется между потребителями. Трансформаторы, будучи неотъемлемой частью энергосистемы, присутствуют на всех ступенях напряжения и играют роль согласующего элемента между сетью и потребителем. Несмотря на их колоссальную важность, в литературе информация об особенностях эксплуатации и совершенствовании теории трехфазных трансформаторов явно недостаточна [1].

В последние годы несимметрия эксплуатационных режимов стала вновь требовать к себе внимания, поскольку коммунальное энергопотребление в ряде энергосистем превысило промышленное потребление электроэнергии, что привело к нарушению симметрии и уравновешенности систем напряжений и токов. Поэтому задача совершенствования расчета, а также снижения потерь электроэнергии в РС с несимметричными нагрузками по-прежнему остается актуальной научно-технической проблемой энергетики.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Поскольку несимметричные нагрузки оказывают влияние на параметры распределительных трансформаторов, возникает необходимость в исследованиях, направленных на использование несимметричных нагрузок в качестве средств внутреннего (естественного) симметрирования в целях снижения потерь как в самой нагрузке, так и в трансформаторе, к которому присоединена нагрузка, в зависимости от схем их соединения [2].

К системе источников симметричных ЭДС, у которой $\dot{E}_A = jU$, несимметричную активно-индуктивную нагрузку можно подключить по одной из четырех схем, приведенных на рисунке 1 а, б, в, г, где комплексные сопротивления фаз:

$$Z_A \neq Z_B \neq Z_C; Z_A = R_A + jX_A; Z_B = R_B + jX_B; Z_C = R_C + jX_C.$$

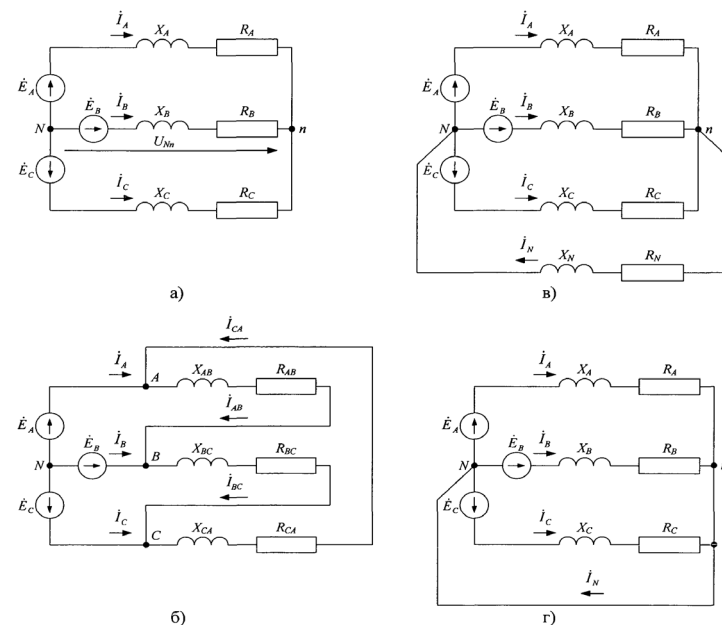


Рисунок 1 – Трехфазная сеть с симметричной системой источников ЭДС и несимметричной активно-индуктивной нагрузкой, соединенной по схеме: а – «звезда» с изолированной нейтралью; б – «треугольник»; в – «звезда» с глухим соединением нейтралей источников ЭДС и нагрузки нулевым проводником; г – «звезда» с глухим соединением нейтралей нулевым проводником, сопротивлением которого можно пренебречь

Для каждой из этих схем в общем виде и для частных случаев следует определить:

- а) линейные токи;
- б) их симметричные составляющие;
- в) модули коэффициентов несимметрии токов (КНТ) по нулевой (K_0) и обратной (K_2) последовательностям;

г) превышение потерь от токов нулевой и обратной последовательностей, в сравнении с потерями симметричного режима (от токов прямой последовательности);

д) полную, активную, реактивную мощности, коэффициент реактивной мощности;

е) пульсирующую мощность.

В отличие от классического алгоритма решения задачи [3] в качестве аргументов искомых функций по пп. а) ... е) применить относительные значения соответственно активных и реактивных сопротивлений фаз В и С, приняв $R_A = 1, X_B = 1$ в качестве базовых относительных значений сопротивлений фазы А.

На основе исследований режимов всех вариантов подключения нагрузки выдать рекомендации по снижению дополнительных потерь мощности, используя возможности внутреннего симметрирования.

При определении потерь в линии с несимметричными нагрузками, как известно [4], основная доля потерь – в нулевом проводе. Однако при рассмотрении модуля «двухобмоточный трёхфазный трансформатор – несимметричная нагрузка» сопротивлением нулевого проводника можно пренебречь в силу следующих обстоятельств. При проектировании РС сопротивления линейных проводов для подключения нагрузки выбирают так, что потеря напряжения в них не должна превышать 5 %. В последние годы сопротивление нулевого провода принимают равным или даже меньше, чем у линейного провода. Это значит, что сопротивление нулевого провода значительно меньше, чем на порядок, в сравнении с совокупным сопротивлением линейного провода и одной фазы нагрузки.

Превышение потерь активной мощности в относительных единицах несимметричного режима в сравнении с симметричным режимом (сопротивления фаз одинаковы):

для варианта а) – $\Delta P^* = \alpha^2/\beta^2$;

для варианта б) – $\Delta P^* = \rho^2/\sigma^2$;

для варианта в) – $\Delta P^* = \gamma^2/\delta^2 + \varepsilon^2/\delta^2$.

Последнее выражение можно использовать и для определения потерь по варианту г), но с допустимой погрешностью.

Геометрическая интерпретация комплексных величин $\alpha, \beta, \rho, \sigma, \gamma, \varepsilon, \delta$ описана ниже.

В работе в качестве базы данных использованы полные сопротивления и проводимости фаз. Для них характерно отсутствие «памяти принадлежности к фазе связанной трёхфазной цепи». В какую бы фазу не было включено сопротивление, его комплексное значение не изменяется в отличие от ЭДС, токов, напряжений. Практическое использование результатов исследований

сводится к определению модулей комплексных величин $\alpha, \beta, \rho, \sigma, \gamma, \varepsilon, \delta$. Их интерпретация заключается в следующем [4]:

β – сумма комплексных сопротивлений фаз варианта а);

σ – сумма комплексных проводимостей фаз для варианта б);

δ – сумма комплексных проводимостей фаз для вариантов в), г).

В общем случае амплитудно-фазовой несимметрии квадрат модуля суммы комплексных сопротивлений (проводимостей) фаз равен сумме квадратов их модулей плюс удвоенное значение суммы скалярных произведений попарно взятых сопротивлений (проводимостей). Например, для варианта а):

$$|z_a + z_b + z_c|^2 = z_a^2 + z_b^2 + z_c^2 + 2(z_a z_b \cos(\varphi_a - \varphi_b) + z_a z_c \cos(\varphi_a - \varphi_c) + z_b z_c \cos(\varphi_b - \varphi_c))$$

Его запись в более компактной форме:

$$|z_a + z_b + z_c|^2 = z_a^2 + z_b^2 + z_c^2 + 2(z_a \cdot z_b + z_a \cdot z_c + z_b \cdot z_c)$$

В частном случае однородной нагрузки ($\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c$) квадрат модуля суммы комплексных сопротивлений (проводимостей) фаз равен сумме квадратов их модулей плюс удвоенное значение суммы произведений попарно взятых модулей сопротивлений (проводимостей):

$$|z_a + z_b + z_c|^2 = z_a^2 + z_b^2 + z_c^2 + 2(z_a z_b + z_a z_c + z_b z_c)$$

Величины $\alpha, \rho, \gamma, \varepsilon$ – суммы комплексных значений, полученных воздействием на соответствующие сопротивления (проводимости) в правой части комплексных величин β, σ, δ операторами поворота. Квадраты их модулей равны сумме квадратов модулей сопротивлений (проводимостей) фаз плюс удвоенное значение суммы скалярных произведений попарно взятых сопротивлений (проводимостей), аргументы которых отличаются от аргументов β, σ, δ операторами поворота. Например, для варианта а):

$$|z_a + \alpha \cdot z_b + \alpha^2 \cdot z_c|^2 = z_a^2 + z_b^2 + z_c^2 + 2(z_a z_b \cos(\varphi_a - \varphi_b - 120^\circ) + z_a z_c \cos(\varphi_a - \varphi_c - 240^\circ) + z_b z_c (\varphi_b - \varphi_c + 120^\circ))$$

В частном случае однородной нагрузки ($\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c$) квадрат модуля суммы комплексных сопротивлений (проводимостей) фаз, полученных воздействием на соответствующие сопротивления (проводимости) в правой

части комплексных величин β , σ , δ операторами поворота, равен сумме квадратов их модулей минус значение суммы произведений попарно взятых модулей сопротивлений (проводимостей) [5]:

$$|z_a + z_b + z_c|^2 = z_a^2 + z_b^2 + z_c^2 - (z_a z_b + z_a z_c + z_b z_c)$$

Пример определения комплексных величин α , β , ρ , σ , γ , ϵ , δ , их модулей, а также дополнительных относительных потерь мощности для вариантов а), б), в) подключения однородной и неоднородной несимметричных нагрузок.

Исходные данные: сопротивления однородной (активной) и неоднородной несимметричных нагрузок:

$$r_a = 2 \text{ Ом}; r_b = 1,5 \text{ Ом}; r_c = 2,5 \text{ Ом}; z_a = 2 \text{ Ом}, z_b = 1,5e^{j15^\circ} \text{ Ом}; z_c = 2,5e^{j30^\circ} \text{ Ом}.$$

$$\text{Их проводимости: } Y_a = \frac{1}{2} \text{ См}; Y_b = \frac{2}{3} \text{ См}; Y_c = \frac{4}{10} \text{ См};$$

$$Y_a = \frac{1}{2} \text{ См}; Y_b = \frac{2}{3} e^{j15^\circ} \text{ См}; Y_c = \frac{4}{10} e^{-j30^\circ} \text{ См}.$$

Определение параметров для случая неоднородной нагрузки соединенной по схеме «звезда» с изолированной нейтралью:

$$z_a + \alpha \cdot z_b + \alpha^2 \cdot z_c = \alpha = 0,939 - j1,439 = 1,718e^{-j56,87^\circ} \text{ Ом};$$

$$\alpha \cdot z_b = 1,5e^{j135^\circ} = -1,061 + j1,061 \text{ Ом};$$

$$z_a + z_b + z_c = \beta = 2 + 1,449 + j0,388 + 2,165 + j1,25 = 5,614 + j1,638 = 5,848e^{j16,27^\circ} \text{ Ом}; \frac{\alpha^2}{\beta^2} = 0,086.$$

Наглядное представление о комплексных величинах α , β , ρ , σ можно получить из рисунков 2–5.

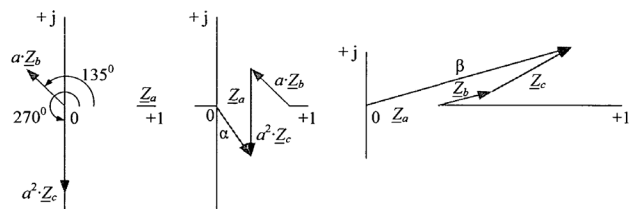


Рисунок 2 – Схема соединения «звезда» с изолированной нейтралью при неоднородной нагрузке

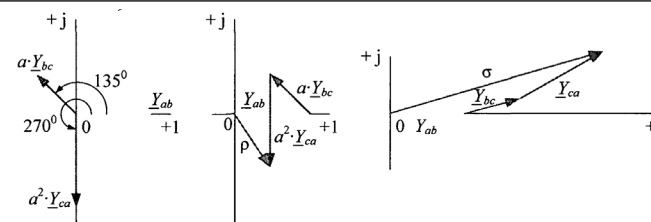


Рисунок 3 – Схема соединения «треугольник» при неоднородной нагрузке

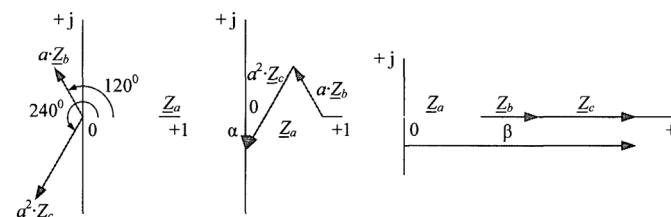


Рисунок 4 – Схема соединения «звезда» с изолированной нейтралью при однородной нагрузке

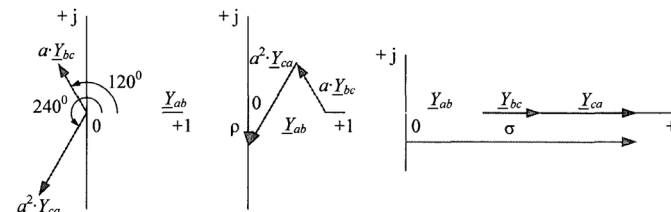


Рисунок 5 – Схема соединения «треугольник» при однородной нагрузке

Таблица 1 – Результаты расчетов параметров

Комплексные величины	Однородные нагрузки	Неоднородные нагрузки	Однородные нагрузки	Неоднородные нагрузки
	Модули комплексных величин		Относительные значения дополнительных потерь	
α	0,866	1,718	0,021	0,0863
β	6	5,848		
ρ	0,2(3)	0,444	0,022	0,084
σ	1,567	1,536		

γ	1,75	3, (3)	0,022+0,022=	0,084+0,0025=
δ	11,75	11, 522		
ϵ	1,75	0,577	0,044	0,086

Как следует из таблицы 1, относительные значения дополнительных потерь как при однородных, так и при неоднородных нагрузках мало отличаются для схем соединения нагрузки «треугольник» или «звезда» с изолированной нейтралью [5].

Стендовые испытания модуля «РТ – несимметричная нагрузка» проводились с использованием трехфазного двухобмоточного трансформатора марки ТСЗ – 2,5 номинальной мощностью 2,5 кВ·А, напряжением на обмотке ВН 220 В, на обмотке НН 127 В.

Для моделирования несимметричной активной нагрузки была рассчитана и собрана нагрузочная установка, обладающая активным сопротивлением. Сборочный чертеж и внешний вид установки показаны на рисунке 6.

Разработанная установка позволила моделировать режимы работы модуля «РТ-несимметричная нагрузка»:

- активная симметричная нагрузка;
- активная несимметричная нагрузка;
- активно-индуктивная симметричная нагрузка;
- активно-индуктивная несимметричная нагрузка.

Данные установки позволили также исследовать режимы работы трансформатора при соединении нагрузки по схемам, указанным на рисунке 1.

Произведена обработка экспериментальных исследований на модуле «РТ – несимметричная нагрузка». На ее основе построены зависимости потерь активной мощности и погрешности расчетов потерь активной мощности от коэффициента загрузки. Ниже приведен анализ экспериментальных данных для схемы соединения нагрузки по схеме «звезда» с глухим заземлением нейтрали (рисунок 1,г).

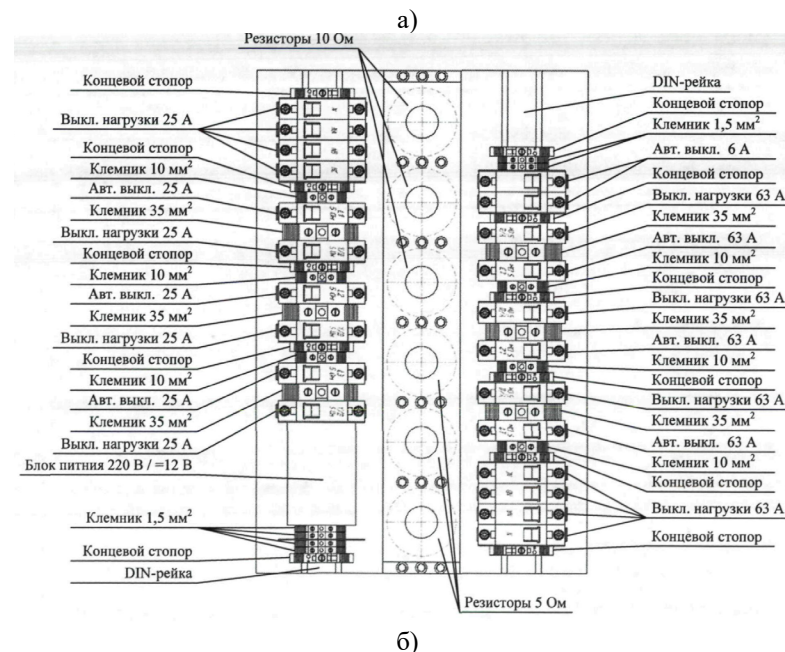
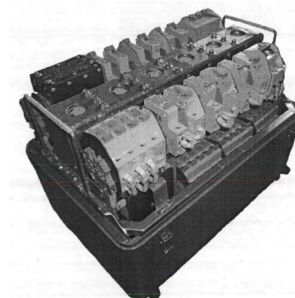


Рисунок 6 – Установка для моделирования несимметричной активной нагрузки: а – внешний вид; б – сборочный чертеж верхней панели

Полученные экспериментальные зависимости хорошо аппроксимируются полиномами 4 степени.

1 Несимметричная активно-индуктивная нагрузка

На рисунке 7 представлен график зависимостей потерь активной мощности в трансформаторе от коэффициента загрузки и от пульсирующей мощности трех фаз для несимметричной активно-индуктивной нагрузки, соединенной по схеме «звезда» с глухим заземлением нейтрали.

При изменении коэффициента загрузки в интервале от 0,2–0,42 разница потерь при несимметричном и симметричном режимах незначительно изменяется, что вполне соответствует физике процесса. Дело имеем с режимом XX (условно постоянными потерями). В интервале от 0,42–1,0 разница потерь при несимметричном и симметричном режимах увеличивается. Среднее ее значение 1,679 %.

Расчет по классической формуле дает заниженные потери, в отличие от действительных, а предлагаемые функциональные зависимости для расчета потерь активной мощности от несимметричного режима активно-индуктивной нагрузки и действительные дают наименьшую погрешность.

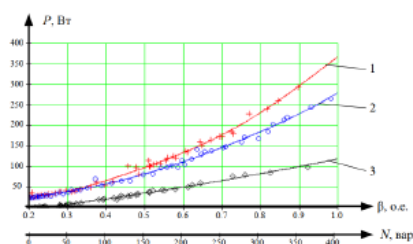


Рисунок 7 – Зависимость потерь активной мощности в трансформаторе от коэффициента загрузки: 1 – при несимметричной активно-индуктивной нагрузке; 2 – при симметричной активно-индуктивной нагрузке; 3 – зависимость потерь активной мощности в трансформаторе при несимметричной активно-индуктивной нагрузке от пульсирующей мощности трех фаз

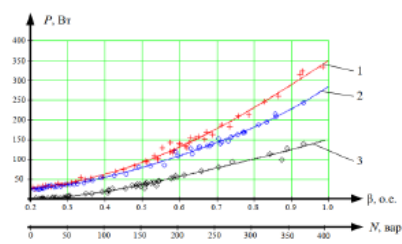


Рисунок 8 – Зависимость потерь активной мощности в трансформаторе от коэффициента загрузки: 1 – при несимметричной активной нагрузке; 2 – при симметричной активной нагрузке; 3 – зависимость потерь активной мощности в трансформаторе при несимметричной активной нагрузке от пульсирующей мощности трех фаз

2 Несимметричная активная нагрузка

На рисунке 8 представлен график зависимостей потерь активной мощности в трансформаторе от коэффициента загрузки и от пульсирующей мощности трех фаз для несимметричной активной нагрузки, соединенной по схеме «звезда» с глухим заземлением нейтрали.

При изменении коэффициента загрузки в интервале от 0,2–0,42 разница потерь при несимметричном и симметричном режимах незначительно изменяется, что вполне соответствует физике процесса и отражено на

рисунке 3.13. Дело имеем с режимом XX (условно постоянными потерями). В интервале от 0,42–1,0 разница потерь при несимметричном и симметричном режимах увеличивается. Среднее ее значение 1,548 %.

Расчет по классической формуле дает заниженные потери, в отличие от действительных, а предлагаемые функциональные зависимости для расчета потерь активной мощности от несимметричного режима активной нагрузки и действительные дают наименьшую погрешность.

Таким образом, потери активной мощности, рассчитываемые по классической формуле, следует корректировать в соответствии со схемами соединения нагрузки.

ВЫВОДЫ

1 Предлагается методика определения значения потерь активной мощности в трансформаторах от несимметрии для основных схем соединения нагрузки в сетях 0,4 кВ. Практическая ценность предложенной методики состоит в том, что она дает возможность определить расчетные значения потерь активной мощности в трансформаторах от несимметрии по измеренным значениям напряжения, тока и активной мощности для каждой фазы.

2 Исследования, выполненные в работе, как и использование в качестве базы данных комплексных значений сопротивлений (проводимостей) для них, при переходе к квадратурным значениям позволили получить обобщенные и простые формулы для определения дополнительных потерь от несимметрии нагрузок: $a - \Delta P^* = \alpha^2/\beta^2$; $b - \Delta P^* = \rho^2/\sigma^2$; $v - \Delta P^* = \gamma^2/\delta^2 + \varepsilon^2/\delta^2$, в основе которых лежат квадраты модулей суммы комплексных сопротивлений (проводимостей) фаз, равных сумме квадратов их модулей плюс удвоенное значение суммы скалярных произведений попарно взятых сопротивлений (проводимостей).

3 Формулы для квадратов модулей комплексных величин $\alpha, \beta, \rho, \sigma, \gamma, \varepsilon, \delta$ дают ключ к оптимизации потерь внутренним симметрированием нагрузок и конденсаторными установками. Закон воздействия на режимы управляемых КУ в целях изменения углов сдвигов между комплексными сопротивлениями фаз должен быть таким, чтобы достигался минимум дополнительных потерь от несимметрии, если исключена возможность внутреннего симметрирования.

4 С целью экспериментального подтверждения теоретических исследований, была рассчитана, спроектирована и собрана нагрузочная установка для моделирования несимметричной активной и активно-индуктивной нагрузок.

5 Полученные экспериментальные данные при проведении измерений на модуле «РТ – несимметричная нагрузка» подтвердили необходимость корректировать классическую формулу расчета потерь в трансформаторе.

6 Погрешность вычисления потерь активной мощности в трансформаторе при использовании предлагаемых в работе функциональных зависимостей для схем, показанных на рисунке 1, лежит в пределах от -10 до 10 %. (на основании более 1000 замеров).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Хреников, А. Ю., Гольдштейн, В. Г.** Основные дефекты и повреждения трансформаторов (реакторов) и классификация видов воздействия, ведущих к их появлению // Журнал «Промышленная энергетика». – 2008. – №11 – С. 17–20.

2 **Арутюнян, А. Г.** К вопросу расчёта дополнительных потерь мощности в трансформаторах 6–10/0,4 кВ при их несимметричной нагрузке // Журнал «Электрические станции». – 2012. – № 8. – С. 41–44.

3 **Бессонов, Л. А.** Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учеб. / Л. А. Бессонов. – 11-е изд., перераб. и доп. – М. : Гардарики, 2006. – 701 с.

4 **Троицкий, А. И., Костинский, С. С.** Определение потерь активной мощности при несимметричной активно-индуктивной трехфазной нагрузке, подключенной к системе симметричных источников ЭДС с изолированной нейтралью // Журнал «Известие ВУЗов. Электромеханика». – 2012. – № 2. – С. 22–25.

5 **Костинский, С. С.** Экспресс-анализ несимметрии по нулевой и обратной последовательностям // Федоровские чтения – 2011: XII Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием) с элементами науч. шк. для молодежи. – М. : ИД МЭИ. – С. 113–115.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

*Ю. Ф. Булатбаева¹, Ф. Н. Булатбаев², Д. В. Лисицын³,
Е. Б. Нурмагамбетов⁴, Т. С. Юсупов⁵, Е. Е. Шакилдек⁶*

Трансформаторлардағы негізгі жүктеме қосылыстарының асимметриясынан белсенді қуат шығындарының мәндерін анықтау

^{1,2,3,4,5,6}Энергетика, автоматика және теле байланыс факультеті,

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,

Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

*Y. F. Bulatbayeva¹, F. N. Bulatbayev², D. V. Lisicin³, E. B. Nurmagambetov⁴,
T. S. Yusupov⁵, E. E. Shakildek⁶*

Determination of the value of active power loss in transformers from asymmetry for the main load connection circuits

^{1,2,3,4,5,6}Faculty of Power Engineering,

Automation and Telecommunications,

Karaganda State Technical University,

Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақалада 0,4 кВ желілердегі негізгі жүктеме қосылыстарының асимметриясына байланысты трансформаторларда белсенді қуат шығындарының құнын анықтау әдісі ұсынылған.

Жұмыста жүргізілген зерттеулер, сондай-ақ деректер базасы ретінде олар үшін кедергілердің (откізгіштігінің) кеіенді мәндерін қолдану, квадратуралық құндылықтарға шығу бізге асимметрия жүктемесіне байланысты қосымша шығындарды анықтауға арналған жалпыланған және қарапайым формулаларды алуға мүмкіндік берді.

«РТ – теңгерімсіз жүктеме» модулінде өлшеу кезінде алынған тәжірибелік деректер трансформатордағы шығынды есептеу үшін классикалық формуланы түзету қажеттілігін растады.

The article proposes a method for determining the value of active power losses in transformers due to asymmetry for the main load connection circuits in 0.4 kV networks.

The studies performed in the work, as well as the use of complex values of resistances (conductivities) as a database for them, upon transition to quadrature values, allowed us to obtain generalized and simple formulas for determining additional losses due to load asymmetry.

The experimental data obtained during the measurements on the module «PT – unbalanced load» confirmed the need to correct the classical formula for calculating the losses in the transformer.

Ф. Н. Булатбаев¹, Д. И. Каюмов², Ю. Ф. Булатбаева³

¹к.т.н., декан, Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

²докторант, Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

³доктор PhD, и.о. доцента, Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан
e-mail: ¹felix4965@mail.ru; ²damir_kayumov@mail.ru; ³Julia_my_angel@mail.ru

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

В статье представлен анализ существующих автоматизированных систем управления наружным освещением и классификация данных систем в зависимости от критериев.

Представлен программный код разрабатываемой автоматизированной системы управления уличным освещением на языке FBD в программном комплексе CodeSys.

Приведена программа работы таймеров за 1 месяц на языке FBD.

В заключении представлены преимущества разрабатываемой системы перед традиционной системой управления уличным освещением.

Ключевые слова: уличное освещение, управление, таймер, диммирование, язык программирования FBD.

ВВЕДЕНИЕ

Значительная доля энергопотребления городов приходится на обеспечение их уличным освещением. Основными направлениями мероприятий по энергосбережению уличного освещения являются: установка энергоэффективных ламп с высокими светотехническими характеристиками; разработка интеллектуальных систем управления освещением. В настоящее время второе направление имеет приоритетный характер.

Системы управления можно разделить на два класса:

1) Автоматизированные системы управления (АСУ) – с участием человека в контуре управления;

2) Системы автоматического управления (САУ) – без участия человека в контуре управления.

Внедрение этих систем имеет ряд преимуществ:

– уменьшение электропотребления, за счет оптимального регулирования мощности осветительных установок;

– снижение влияния человеческого фактора на систему, что уменьшает вероятность ошибок управления.

– простота технического обслуживания и диагностики систем освещения.

Целью данной работы является анализ существующих автоматизированных системы управления наружным освещением, классификация данных систем в зависимости от критериев. Необходимо определить критерии для разрабатываемой системы управления уличным освещением в городе Караганде, представить программный код на графическом языке программирования FBD.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На сегодняшний день Google предоставляет возможность доступа к базе всех патентов, выданных на интеллектуальные системы, способные в автоматическом режиме управлять сетями наружного освещения в рамках города с применением энергосберегающих технологий [1].

Проанализировав данные системы, можно их упорядочить по следующим критериям и сделать выводы относительно недостатков и преимуществ данных систем.

I Способ управления освещением.

1 По заранее заданному графику. Освещение включается и выключается в соответствии с графиком, который был заранее задан в специальном контроллере. График может быть составлен в соответствии с астрономическими наблюдениями, либо по другим условиям.

Преимущества:

– исключена возможность ошибки управления и ложного срабатывания.

Условия включения жестко заданы и не меняются с течением времени;

– наиболее простая в организации и обслуживании система.

Не требуются обратные связи, анализ каких-либо величин, система настраивается однократно при вводе в работу.

Недостатки:

– низкая приспособляемость к внешним условиям. Изменение заложенных алгоритмов производится только вручную и занимает длительное время;

– низкая точность управления. Отсутствие обратных связей и невозможность предугадывания всех вариантов состояния окружающей среды значительно снижают оптимальность регулирования.

2 По данным, поступающих с датчиков. В качестве управляющего сигнала может быть использована информация с датчиков освещенности и/или движения.

Преимущества:

– возможность оперативного получения информации о любом объекте в системе. Датчики работают в режиме реального времени и в любой момент могут предоставить необходимую информацию о своем состоянии (уровень освещенности, наличие движения и т.д.);

– приспособляемость: при правильной настройке система будет адекватно реагировать на любые внешние условия;

– гибкость: при достаточной чувствительности датчиков можно получить наиболее оптимальный режим управления.

Недостатки:

– стоимость системы увеличивается в связи с тем, что усложняется первичная организация системы управления, необходима более тщательная проработка алгоритмов управления, а также усложняются аппаратная составляющая и программная реализация системы;

– возможность ложных срабатываний при отказе или неисправности датчиков.

3 Интеллектуальные системы управления. Уличные фонари оборудуются управляющими устройствами (контроллерами), через которые осуществляется дистанционное включение/выключение и многоуровневое регулирование яркости. Эти контроллеры объединены в сеть, управление которой осуществляется адаптивной программой, позволяющей одновременно измерять, анализировать и снижать потребление энергии. Наиболее перспективными по способу управления являются интеллектуальные системы, однако в настоящее время они являются экспериментальными и пока не находят широкого применения.

II Способ связи в системе [2].

1 Слаботочное управление. Осуществляется с помощью провода типа «витая пара» или подобных интерфейсов. Сигнал передается согласно настроенному цифровому протоколу. Преимуществом такой системы является возможность индивидуального управления каждым светильником, а не только их группами. Сложность вызывает необходимость отдельной прокладки слаботочных проводов и установки блока управления для каждого отдельного светильника. Также к недостаткам можно отнести малый территориальный охват такой сети.

2 GSM-канал. Управляющий сигнал передается через сотовую сеть. Преимуществом такого метода являются низкие трудозатраты на организацию сети – она уже проложена оператором связи. Большим плюсом является широкий территориальный охват такой системы. Недостатком может являться невозможность управления при загруженности сотовой сети и материальные затраты, связанные с оплатой услуг оператора связи.

3 Силовые линии электропередачи. Передача сигнала осуществляется по силовым кабелям. Такой подход избавляет от необходимости прокладывания новой инфраструктуры, но весьма ненадежен, так как связь будет зависеть от состояния кабельных линий. Кроме того, недостатками будут являться крайняя сложность индивидуального управления и ограниченность территории применения такой связи.

4 Радиоканал. Данный метод во многом схож с GSM-каналом, но связь осуществляется на другой частоте. Это и налагает необходимость согласования частоты радиосигнала с вышестоящими ведомствами. Кроме того, возможны помехи в работе радиооборудования, а необходимость установки приемников и передатчиков накладывает ограничения на возможность индивидуального управления. На наш взгляд, предпочтительно использование GSM-сети, так как ее недостатки в настоящее время становятся менее заметными.

III Количество уровней управления в системе и связи между ними.

1 Групповое управление освещением. Организация такого управления показана на рисунке 1, где ЦДП – центральный диспетчерский пункт; ПУ – отдельные пункты управления. Основным недостатком такой системы заключается в однонаправленности и отсутствии обратных связей между элементами [3].

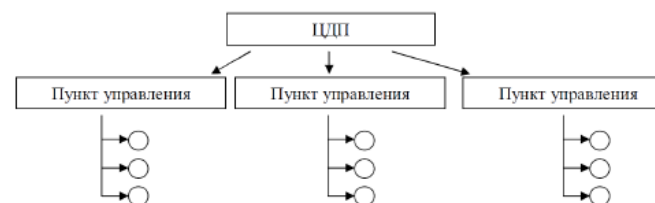


Рисунок 1 – Групповое управление освещением

2 Индивидуальное управление освещением. Данная система управления изображена на рисунке 2. Она дороже по стоимости, но позволяет организовать индивидуальное управление каждым светильником.

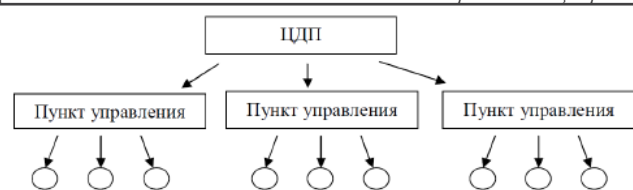


Рисунок 2 – Индивидуальное управление освещением

3 Индивидуальное управление освещением с обратными связями. В подобной системе возможно применение обратных связей между элементами системы (рисунок 3). Подобная организация усложняет и увеличивает стоимость системы, но делает ее более гибкой и функциональной.

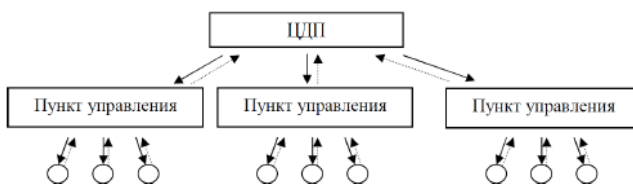


Рисунок 3 – Индивидуальное управление с обратными связями

4 Система управления освещением без промежуточных пунктов управления. В такой системе отсутствует промежуточное звено управления, что повышает нагрузку на ЦДП (рисунок 4).

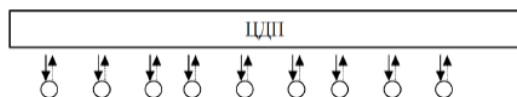


Рисунок 4 – Система без промежуточных пунктов управления

Так как в интеллектуальных системах управления освещения обработка данных должна осуществляться от каждого объекта системы (уличного фонаря) и принятия управляющих решений в соответствии с полученными данными и критериями оптимальности, то перспективными в настоящее время являются разработки систем с обратными связями.

IV Способ регулирования мощности, потребляемой системой [3].

1 Общее регулирование. Как правило, применяется в неразветвленных сетях, при единственном источнике питания. При таком регулировании все осветительные установки могут находиться либо во включенном, либо в отключенном состояниях.

2 Групповое регулирование. Светильники разбиваются на группы, управляемые отдельно. Частным случаем является широко распространенное пофазное регулирование. В данном случае, светильники разбиваются на группы, каждая из которых подключена к своей фазе питания. Включая/отключая одну из фаз можно изменять количество включенных светильников. В данном варианте возможна регуляция общей мощности, затрачиваемой на освещение, но регулирование мощности отдельных светильников всё еще затруднено.

3 Индивидуальное регулирование. Каждый светильник оснащается собственным коммутационным аппаратом и может быть включен/отключен независимо от всех остальных. В данном варианте возможно и регулирование мощности, потребляемой каждым светильником, например, при использовании двухступенчатого пускорегулирующего аппарата. Учитывая сущность принципа работы интеллектуальных систем управления освещением, при выборе способа регулирования мощности необходимо ориентироваться на индивидуальное регулирование. При разработке интеллектуальных систем управления освещением могут быть применены следующие методы автоматического диммирования (снижение мощности в неинтенсивное время суток):

- дискретный двухступенчатый: в данном случае освещение может быть либо включено, либо выключено. Дискретный многоступенчатый. Предполагает наличие нескольких ступеней с различным уровнем потребляемой мощности и освещенности;

- плавный: возможна установка любой мощности освещения от 0 до 100 %.

Таким образом, анализ существующих систем управления уличным освещением показал, что в настоящее время приоритетной, значимой и актуальной является разработка систем управления, основанной на новых вычислительных технологиях, а именно разработка интеллектуальных систем управления, позволяющих одновременно измерять, анализировать и снижать потребление электрической энергии. Практическая реализация систем управления должна основываться на индивидуальном управлении и регулировании каждого светильника, имеющего в обязательном порядке обратную связь с ЦДП.

Система управления освещением – это интеллектуальная сеть, которая позволяет обеспечить нужное количество света, где и когда это необходимо. Эта система широко применяется в коммерческой и жилой недвижимости, в промышленности и для внутренней и наружной рекламы [3].

Большинство таких систем способны автоматически регулировать освещение. Автоматизация представляет собой один из трех основных

механизмов оптимизации освещения, наряду с использованием энергоэффективных ламп и грамотным расположением светильников [4].

Системы управления освещением используются для максимизации экономии энергии, в том числе с учетом строительных норм, стандартов зеленого строительства и энергосберегающих программ. Системы автоматического управления освещением часто встречаются под названием умное освещение.

Системы управления, как правило, предоставляют возможность автоматической регулировки освещения в зависимости от внешних условий, например автоматическое включение света по движению или по расписанию [5].

Во многих случаях пользователь может сам настроить алгоритмы срабатывания света: условия включения и выключения, изменения цвета и мощности, скорость изменения параметров и так далее. В таких алгоритмах можно использовать сразу несколько условий, например, включать уличное освещение при наступлении запланированного времени, либо отключать освещение принудительно, минуя автоматику при наступлении конкретного случая, также в условиях, когда требуется осветить какую-либо область, если естественного света мало (расписание + датчик света).

Проанализировав выше представленные критерии, необходимые для функционирования интеллектуальных систем, способных в автоматическом режиме управлять сетями наружного освещения в рамках города с применением энергосберегающих технологий, сделаем вывод, что наша система должна работать в нескольких режимах.

Режим 1. Оператор простым нажатием кнопки подает разрешающий сигнал на включение всей системы освещения.

Режим 2.

Этап 1. При снижении освещенности ниже заданного, фотореле подает разрешающий сигнал на работу системы, далее согласно заданному журналу активируются таймеры согласно которых подается сигнал на контрольно-технический пункт выбранного участка/всех участков на включение группового щита управления уличным освещением. По сигналу от таймера происходит прекращение подачи электроэнергии на источники света (ИС).

Этап 2. Во время активации системы подачи электроэнергии на ИС, активируются таймеры снижающие освещенность ИС при наступлении определенного времени. Когда согласно СН РК 2.04-02-2011 (Естественное и искусственное освещение) [6] можно присвоить статус дороги другой класс, а именно, происходит снижение потока автомобильного транспорта, то соответственно можно снизить освещенность данного участка дороги до допустимого значения. Данное действие осуществляется путем подачи

сигнала на диммируемый драйвер, установленный в светодиодном светильнике. Когда же поток транспортных средств вновь возрастает (утренние часы) вновь подается сигнал на увеличение интенсивности светового потока подачей сигнала на диммируемый драйвер.

Этап 3. В случае, когда в режиме снижения освещенности необходимо перевести систему в 100 % рабочий режим, например, в связи с возросшим транспортным потоком, массовыми гуляниями, праздничными ночными парадами, датчик интенсивности движения должен улавливать возросший поток участников дорожного движения и запускать таймер, включающий всю систему в 100 % режим работы.

Мониторинг системы: при эксплуатации такого рода системы важно понимать работоспособность системы, данную операцию мы переводим в режим мониторинга таких параметров как сигналы с приборов учета-счетчиков установленных в трансформаторных подстанциях: трансформаторов тока и напряжения [7].

Данная система будет привязана к городу Караганда, имеющая свое уникальное расписание восходов и заката солнца.

Таблица 1 – Расписание восходов и закатов солнца по месяцам

№	Месяц	Восход, ср	Закат, ср	Длина ночи
1	Январь	8:58:00	17:38:00	15:20:00
2	Февраль	8:20:00	18:25:00	13:55:00
3	Март	7:20:00	19:15:00	12:05:00
4	Апрель	6:15:00	20:02:00	10:13:00
5	Май	5:24:00	20:48:00	8:36:00
6	Июнь	5:01:00	21:17:00	7:44:00
7	Июль	5:18:00	21:10:00	8:08:00
8	Август	6:00:00	20:25:00	9:35:00
9	Сентябрь	6:45:00	19:20:00	11:25:00
10	Октябрь	7:30:00	18:17:00	13:13:00
11	Ноябрь	8:21:00	17:26:00	14:55:00
12	Декабрь	8:59:00	17:10:00	15:49:00

Опираясь на данные таблицы 1 и данные алгоритма работы (рисунок № 5), составим журнал срабатывания таймеров.

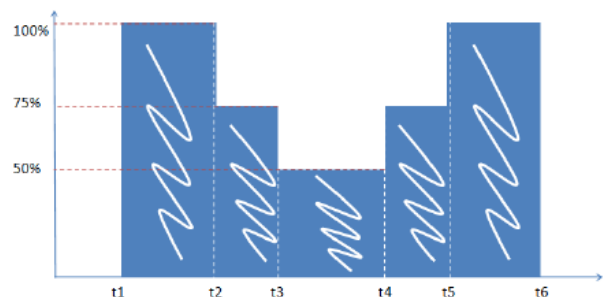


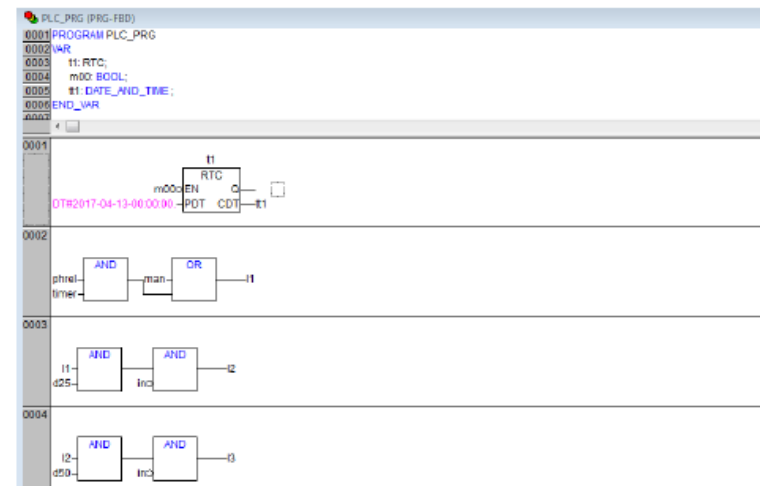
Рисунок 5 – Схема работы таймеров диммирования

Программный код нижнего уровня разрабатываемой системы на языке FBD в программном комплексе CodeSys представлен на рисунке 6.

Программа код работы таймеров на 1 месяц на языке FBD представлен на рисунке 7.

Таблица 2 – Расписание срабатывания таймеров

Месяц	Восход, ср	Заход, ср	Длина ночи	Включение системы	Включение диммера -25 %	Включение диммера -20 %	Отключение диммера 20 %	Отключение диммера 25 %	Выключение системы
Январь	8:58	17:38	15:20	17:38	1:00	2:00	5:30	6:00	8:58
Февраль	8:20	18:25	13:55	18:25	1:00	2:00	5:30	6:00	8:20
Март	7:20	19:15	12:05	19:15	1:00	2:00	5:30	6:00	7:20
Апрель	6:15	20:02	10:13	20:02	1:00	2:00	5:10	5:40	6:15
Май	5:24	20:48	8:36	20:48	1:00	2:00	4:00	4:30	5:24
Июнь	5:01	21:17	7:44	21:17	1:40	3:00	4:00	4:30	5:01
Июль	5:18	21:10	8:08	21:10	1:40	3:00	4:00	4:30	5:18
Август	6:00	20:25	9:35	20:25	1:40	3:00	4:50	5:20	6:00
Сентябрь	6:45	19:20	11:25	19:20	1:00	2:00	5:30	6:00	6:45
Октябрь	7:30	18:17	13:13	18:17	1:00	2:00	5:30	6:00	7:30
Ноябрь	8:21	17:26	14:55	17:26	1:00	2:00	5:30	6:00	8:21
Декабрь	8:59	17:10	15:49	17:10	1:00	2:00	5:30	6:00	8:59



Phrel – фотореле исключающее ошибку в работе системы; Man – сигнал ручного управления (Manual); Timer – сигнал на включение/выключение системы по журналу таймеров; D25 – включение диммера светильника 25 %, срабатывает по журналу таймеров; D50 – включение диммера светильника 50 %, срабатывает по журналу таймеров; In – сигнал с датчика интенсивности движения, возвращающий систему в 100 % состояние из режима диммирования.

Рисунок 6 – Программный код нижнего уровня системы на языке программирования FBD

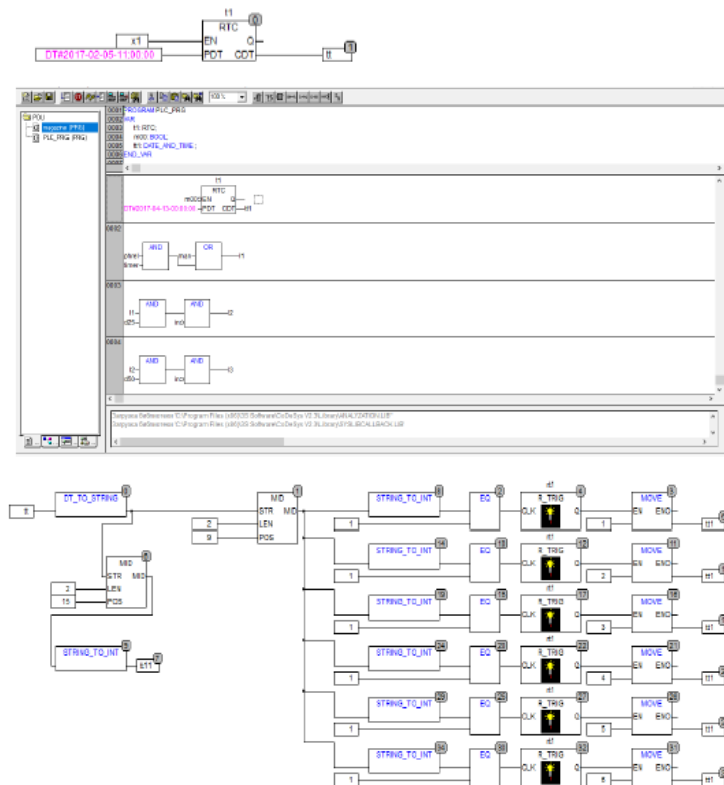


Рисунок 7 – Программа код работы таймеров на 1 месяц на языке FBD

ВЫВОДЫ

В данной статье был произведен анализ существующих систем управления объектов, предложено решение по оптимизации, представлен программный код разрабатываемой системы.

Преимущества разрабатываемой системы перед традиционной системой управления уличным освещением:

- удаленный мониторинг – отключение ламп либо наступление аварийных событий автоматически сообщаются системой, при этом происходит экономия времени и денежных средств;

- система планирует и отслеживает задачи на этапе эксплуатации, маршруты выездных бригад для минимизации воздействий на дорожную обстановку и безопасность в городе;

- умное управление уровнем освещения – свет приглушается в периоды низкого дорожного трафика с целью сохранения энергии или наоборот включается более интенсивно в районах с повышенной трафиком движения;
- интеллектуальный учет и биллинг по каждой группе освещения;
- умный счетчик учитывает потребление на основе тарифов, автоматически формируется баланс энергопотребления, в результате этого адаптируется модель работы системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 DiLouie Craig. Lighting controls handbook: Textbook – Lilburn : Fairmont Press. – 2008. – p. 239. – ISBN 1-4200-6921-7.
- 2 Информационный бюллетень. Оптимизация освещения. – М. : Ассоциация энергосервисных компаний – РАЭСКО. – 2017. – 48 с.
- 3 **Иванов, А. А.** Теория автоматического управления : Учебник. – М. : Национальный горный университет, 2003. – 250 с.
- 4 **Новик, И. Б.** О философских вопросах кибернетического моделирования : Учебник. – М. : Знание, 2003. – 439 с.
- 5 **Советов, Б. Я., Яковлев, С. А.** Моделирование систем : Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2001. – 343 с.
- 6 Естественное и искусственное освещение. СН РК 2.04-02-2011. // Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства РК. – Астана : Агентство Республики Казахстан по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства, 2011. – 102 с.
- 7 **Самарский, А. А., Михайлов, А. П.** Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., испр. – М. : Физматлит, 2001. – 192 с.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Ф. Н. Булатбаев¹, Д. И. Каюмов², Ю. Ф. Булатбаева³

Көше жарықтандыруға арналған автоматты бақылау жүйелерін дамыту

^{1,2,3}Энергетика, автоматика және теле байланыс факультеті, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы. Материал 12.08.19 баспаға түсті.

F. N. Bulatbayev¹, D. I. Kaýumov², Y. F. Bulatbayeva³

Development of automated control systems for street lighting

^{1,2,3}Faculty of Power Engineering, Automation and Telecommunications,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақалада сыртқы жарықтандыруға арналған қолданыстағы автоматтандырылған басқару жүйелері мен критерийлерге байланысты осы жүйелердің жіктелуін талдау қарастырылған.

CodeSys бағдарламалық пакетінде FBD тілінде әзірленген көше жарықтандыру автоматтандырылған басқару жүйесінің бағдарламалық коды ұсынылған.

FBD тілінде 1 ай жұмыс уақытының кестесі.

Қорытындылай келе, дәстүрлі көше жарықтандыру жүйесін басқарудың дамыған жүйесінің артықшылықтары келтірілген.

The article presents an analysis of existing automated control systems for outdoor lighting and the classification of these systems, depending on the criteria.

The program code of the developed street lighting automated control system in the FBD language in the CodeSys software package is presented.

The program of work timers for 1 month in the FBD language.

In conclusion, the advantages of the developed system over the traditional street lighting control system are presented.

ГРНТИ 41.25.37

В. Ф. Грищенко¹, С. Төлөндіұлы², А. Нурланқызы³

¹зав. лабораторией, Институт ионосферы, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан;

²PhD, сениор-лектор, кафедра «Электроника, телекоммуникации и космические технологии», Институт информационных и телекоммуникационных технологий, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан;

³докторант, кафедра «Электроника, телекоммуникации и космические технологии», Институт информационных и телекоммуникационных технологий, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан
e-mail: ¹aigulya_17.3@mail.ru; ²sanat_tolendiuly@mail.ru; ³labreab@mail.ru

РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ МОДУЛЕЙ ПАМЯТИ БОРТОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТУР НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Надежность бортовой электронной аппаратуры определяется не только надежностью ее компонентов, но и стабильностью работы программного обеспечения (ПО). Очень часто происходят сбои и отказы именно в модулях памяти электронных систем, связанных с инверсией логического состояния ячеек. К настоящему времени исследовать инверсию ячеек модулей памяти при воздействии факторов космического пространства можно только в наземных моделирующих условиях. При этом следует учесть, что в таких условиях невозможно воспроизводить комплексное воздействие факторов космического пространства. В данной работе разработан алгоритм и выполнен расчет интенсивности отказов ячеек модулей памяти для траектории МКС и других низкоорбитальных КА, а также выполнен прогноз интенсивности отказов модулей памяти на 2,5 года по траектории низкоорбитальных КА.

Ключевые слова: радиационная надежность, интенсивность отказов, модули памяти, бортовая электронная аппаратура.

ВВЕДЕНИЕ

Надежность и безопасность систем на базе программируемых логических интегральных схем FPGA типа SRAM обеспечивается за счет

большой плотности размещения ячеек памяти. Статистическая память SRAM эффективна для встроенных процессоров в космических приложениях благодаря малым размерам, большому объему памяти, высокой надежностью в эксплуатации, а также высокой скорости работы. Основным достоинством является возможность многократного перепрограммирования FPGA, которая позволяет встроеной системе обновлять содержимую информацию и исправлять системные ошибки после того, как космический корабль или спутник был запущен в дальний космос или на орбиту. Благодаря этим преимуществам FPGA на основе SRAM используется в различных космических миссиях, в науке, в бортовом электронном оборудовании космического аппарата [1–4].

Тем не менее, SRAM, энергозависимая память, очень уязвима в среде космического излучения. В околоземном космическом пространстве различают несколько типов космических лучей (КЛ). Захваченные геомагнитным полем потоки протонов, радиационные пояса Ван Аллена, солнечные космические лучи (в основном тяжелые ионы и протоны), которые испускаются непосредственно от Солнца, и галактические космические лучи (в основном тяжелые ионы), которые испускаются из дальнего космоса [5].

В последние годы увеличивается число одиночных сбоев типа SEU которые, как правило, восстанавливаются через некоторое время, а отказы приводят к необратимым последствиям в состоянии бортовой аппаратуры. Отказы ЗУ приводят к полному выводу ячейки из строя и характеристики поврежденных ячеек модулей памяти вообще не восстанавливаются [6]. Определение SEU, данное Тезаурусом НАСА, означает «ошибки, вызванные излучением в микросхемной структуре, возникающие, из-за заряженных частиц (обычно от радиационных поясов или от КЛ) [7]. В случае FPGA на основе SRAM, сбой типа SEU классифицируется как временные или постоянные ошибки [8].

К настоящему времени исследовать инверсию ячеек модулей памяти при воздействии факторов космического пространства можно только в наземных моделирующих условиях. При этом следует учесть, что в таких условиях невозможно воспроизводить комплексное воздействие факторов космического пространства. Поэтому используют различные методы моделирования и прогноза развития ситуаций.

Как правило, основным фактором, влияющим на сбои электронных систем, считается радиационный фактор. Одним из параметров, определяющих радиационную надежность структур, является сечение сбоев (σ), вызванных прохождением одиночных тяжелых ядер различных энергий.

При расчетах и прогнозировании во многих случаях используют не сечение сбоев σ , а обратную величину $1/\sigma$, показывающую средний поток

частиц, необходимый для появления одного сбоя. Существует такое понятие, как линейные потери энергии (ЛПЭ) -минимальная пороговая (тормозная) энергия частицы, при которой срабатывают сбои и отказы. Традиционно, соотношение между количеством сбоев N и спектром тормозной энергии ЛПЭ определяется величиной критического заряда запоминающего устройства (ЗУ) и геометрией чувствительного объема. Эта зависимость особенно существенна для ЗУ с высокой степенью интеграции. В таблице № 1 представлены значения критического заряда и ЛПЭ для некоторых ЗУ.

Таблица 1 – Некоторые значения критического заряда для различных ЗУ

Параметры	Емкость ЗУ(1К)	Емкость ЗУ(64К)
Емкость, пф	0.333	0.039
Критический заряд, пК	1.66	0.21
Пороговое значение ЛПЭ (МэВ\(\text{мг}\cdot\text{см}^2\))	18	3.5

Из таблицы 1 видно, что при уменьшении размеров элементарных ячеек в ЗУ, уменьшается величина критического заряда частицы, при котором происходит сбой [9].

В данной работе для расчета интенсивности отказов использовалась частота одиночных сбоев $\nu(t)$ модулей памяти по формуле:

$$\nu(t) = \frac{1}{4\pi} \iiint \sigma_{\text{ТЭЧ}}(L, \theta) \cdot F(L, t) \cdot dL \cdot d(\cos\theta) \cdot d\varphi + \int \sigma_p(E) \cdot F_p(E, t) \cdot dE, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{мя}}(L, \theta)$ – сечение одиночного эффекта в микросхеме при воздействии одиночных ядер КЛ, создающих L (линейные потери энергии – ЛПЭ) и падающих на поверхность интегральных схем под сферическими углами θ и φ , $\sigma_p(E)$ – сечение одиночного эффекта в ячейке модулей памяти из-за воздействия протонов с энергией E , создающих вторичные частицы.

Функция $F(L, t)$ является важной характеристикой радиационного воздействия потоков одиночных тяжелых ядер КЛ. При этом предполагается, что на исследуемый объект падает изотропный поток частиц и спектр ЛПЭ потоков частиц $F(L, t)$ в центре сферических экранов постоянной толщины. Этот спектр определяется по формуле:

$$F(L, t) = \sum_i F_i(E, t) \left/ \frac{d}{dE} [L_i(E)] \right. \quad (2)$$

где $F_i(E, t)$ [$\text{с}^{-1} \text{см}^2$ (МэВ/нуклон)] – дифференциальный энергетический спектр плотности изотропного потока частиц i -го типа, падающих на исследуемый объект в момент времени t после прохождения экрана с толщиной x , $L_i(E)$ –

зависимость ЛПЭ частицы *i*-го типа от ее энергии, а суммирование ведется по всем типам частиц, входящим в падающий поток [10].

При расчете интенсивности отказов мы использовали реальные сечения сбоев, полученные в наземных моделирующих исследованиях. Далее представлен алгоритм расчета сечения сбоев и отказов ячеек модулей памяти.

РАСЧЕТ СЕЧЕНИЙ СБОЕВ И ОТКАЗОВ ЯЧЕЕК МОДУЛЕЙ ПАМЯТИ

Сечение сбоев было получено, используя формулу:

$$\sigma = \frac{N \sec \theta}{B \Phi} \text{ см}^2 \text{ bit}^{-1}, \quad (3)$$

где: *N* – количество событий, Φ – интегральный поток излучений, θ – угол между падающей частицей и нормалью к поверхности ЗУ, *B* – информационная емкость ЗУ.

Интенсивность сбоев *E_r* принимается как:

$$E_r = \frac{N}{t} = \frac{N}{Bt} \quad (4)$$

Связь между интенсивностью и сечением сбоев в случае излучения с постоянной плотностью потока частиц ϕ , где $\Phi = \phi t$, выражается как $E_r = \sigma \phi \cos \theta$, где *t* – продолжительность экспозиции.

Для расчета сечения сбоев были использованы данные по наземным испытаниям, в которых регистрация сбоев и отказов проводилась в момент облучения ядрами С, О, Mg с энергией ~ 4,5 ГэВ/нуклон и альфа-частицами с *E* = 5МэВ. Все типы отказов наблюдались с равной вероятностью 0–1 и 1–0. Двойных, тройных и катастрофических отказов не было зарегистрировано. Максимальный интегральный поток ядер составлял $2 \cdot 10^8$ ч/см². Полученные данные по сечению сбоев представлены в таблице № 2.

Таблица 2 – Сечение сбоев для различных частиц

Тип излучения	Энергия частиц, ГэВ/нуклон	Емкость	Сечение σ , см ² сбоев	1/ σ см ⁻²	Поток частиц, част/см ²
O ¹⁶	4,5	16Кх1	0.1E-08	8E+08	3E+09
		2Кх8	0.5E-08	1E+08	7E+09
Mg ¹⁸	4,5	64Кх1	0,5E-06	2E+06	5E+07
C ¹²	4,5	64Кх1	0.5E-06	2E+06	3E+07
α-частицы	5 МэВ	64Кх1	0.5E-07	2E+07	1E+08

На основе полученных данных была определена дозовая зависимость интенсивности сбоев и отказов.

ДОЗОВАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СБОЕВ МОДУЛЕЙ ПАМЯТИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ТЯЖЕЛЫМИ ЧАСТИЦАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Дозовая зависимость отказов является величиной, определяющей взаимодействие одиночных или потоков частиц. По условиям эксперимента плотность расфокусированного пучка при облучении ядрами кислорода и магния была постоянной и подобрана таким образом, чтобы обеспечить одиночные попадания ядер в ячейку ЗУ. На рисунке 1 представлена дозовая зависимость сечения сбоев для ядер О, Mg с энергией ~ 4,5 ГэВ/нуклон и альфа-частиц с *E* ~ 5 МэВ. Область стабилизации следует считать для ядер О при интегральном потоке $\Phi = 5 \cdot 10^7 \div 2 \cdot 10^8$ част/см², а для ядер Mg при интегральном потоке $\Phi = 2 \cdot 10^6 \div 2 \cdot 10^7$ част/см².

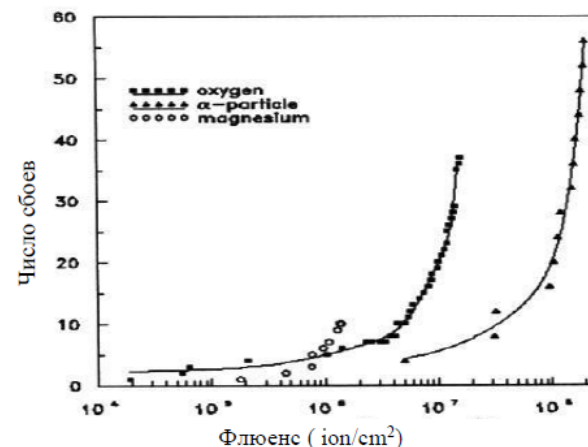


Рисунок 1 – Дозовая зависимость интенсивности сбоев ЗУ для различных ядер

Анализ результатов показал, что интенсивность сбоев ячеек ЗУ от флюенса падающих частиц выражается в изменении наклона кривых зависимости. Для ядер О ярко выражено изменение области $\Phi = 5 \cdot 10^7$ ч/см², а для ядер Mg – в области $\Phi = 10^6$ ч/см². По нашему мнению, изменение наклона кривой на рисунке 2 указывает на вклад дополнительного (вторичного) излучения, в том числе: ядер отдачи, фрагментов и сопутствующего излучения, образующихся при ядро-ядерном взаимодействии ядер кислорода и магния с материалом мишени.

Это предположение подтверждает и зависимость сечения сбоев от флюенса частиц. По условиям эксперимента сбои вызывались одиночными актами взаимодействия, поэтому сечение сбоев и среднего числа потока частиц на один отказ не должно меняться от потока частиц.

Значительное изменение сечения сбоев в начале облучения связано с технологической выборкой изделия, что соответствует общепринятым представлениям о радиационной надежности.

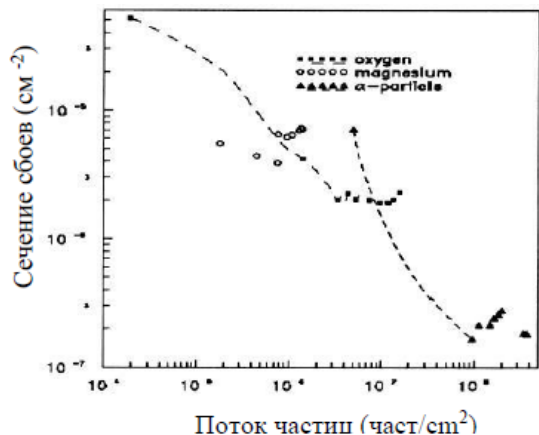


Рисунок 2 – Дозовая зависимость сечения сбоев для различных ядер

Сильное смещение области стабилизации дозовой зависимости при облучении α -частицами связано с уменьшением вероятности попадания α -частиц в чувствительную ячейку кристалла в связи с распределением α -частиц в 2 π - геометрии.

Для сравнения использовались значения сечения сбоев при облучении ЗУ протонами с энергией E=100 и 200 МэВ, представленные в таблице № 3.

Таблица 3 – Значения сечения сбоев при облучении ЗУ протонами с энергией E=100 и 200 МэВ

п/п	Тип излучения	Энергия, МэВ	Интегральный поток (част/см²)	$\theta^{(0)}$	Число сбоев	Число отказов	Сечен. сбоев σ	Сечение отказов σ
1	p ⁺	200	1.6E+11	0	51	0	3.19E-10	<
2	p ⁺	100	1.12E+09	0	0	0	<	<

Анализ сечений сбоев при воздействии различными одиночными частицами высоких энергий показал, что сечение сбоев ячеек модулей памяти значительно уменьшается при увеличении энергии падающих частиц и информационной емкости ячеек.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СБОЕВ И ОТКАЗОВ ЯЧЕЕК МОДУЛИ ПАМЯТИ

Используя полученные значения сечений сбоев при взаимодействии частиц O, Mg, C с энергией ~ 4,5 ГэВ/нуклон с ячейками модулей памяти был выполнен прогноз интенсивности сбоев на 2,5 года и расчет сечений сбоев от величины вертикальной геомагнитной жесткости. Прогноз интенсивности сбоев представляет собой зависимость интенсивности сбоев от вертикальной геомагнитной жесткости. На рисунке 3 представлена зависимость интенсивности сбоев от сечения сбоев.

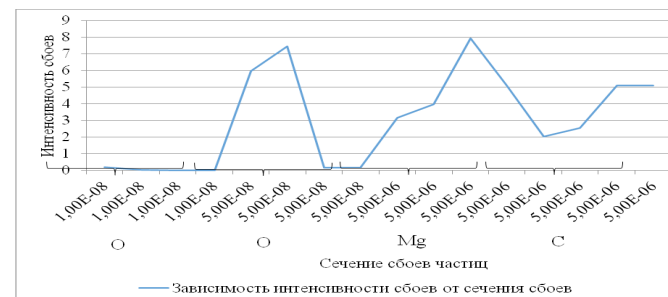


Рисунок 3 – Зависимость интенсивности сбоев от сечения сбоев

Обнаружено, что интенсивность сбоев сохраняет свое значение даже для значительно отличающихся сечений для различных ядер. Выполнена верификация расчетных значений и данных, полученных на ОК «Мир». К настоящему времени это пока единственные экспериментальные данные по регистрации сбоев и отказов по траектории низкоорбитального КА за 2,5 года. На рисунках 4–7 представлены зависимости интенсивности сбоев для различных интервалов вертикальной жесткости.



Рисунок 4 – Интенсивность сбоев и вертикальная геомагнитная жесткость

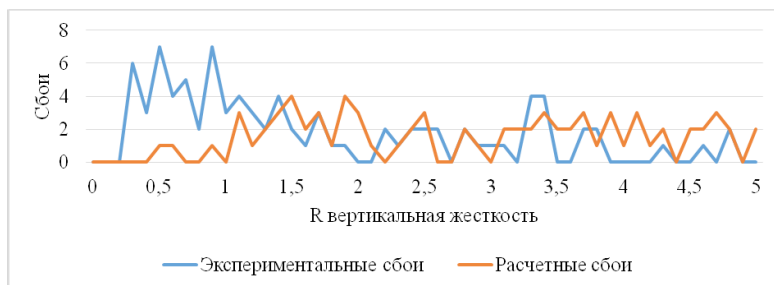


Рисунок 5 – Интенсивность сбоев и вертикальная геомагнитная жесткость

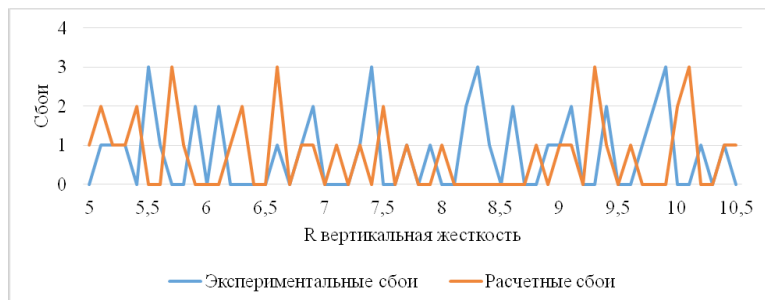


Рисунок 6 – Интенсивность сбоев и вертикальная геомагнитная жесткость



Рисунок 7 – Интенсивность сбоев и вертикальная геомагнитная жесткость

Анализ полученных данных показал, что имеется определенная зависимость интенсивности сбоев от вертикальной геомагнитной жесткости. Значительное расхождение расчетных значений в области малых жесткостей (0–1 ГВ) показывает, что наличие даже небольших изменений значений жесткости может привести к увеличению интенсивности отказов ячеек модулей памяти на низкоорбитальных КА. Это значит, что локальные магнитные неоднородности, возникающие по траектории КА, могут быть причиной сбоев.

Мы предполагаем, что именно сбои и отказы ячеек модулей памяти в условиях микрогравитации, возникающие вследствие инверсии логического состояния ячеек, протекают по механизму, отличающегося от наземных условий.

ВЫВОДЫ

Выполнена оценка интенсивности отказов ячеек модулей памяти для низкоорбитальных КА. Разработан алгоритм и выполнен расчет интенсивности отказов ячеек модулей памяти для траектории МКС и других низкоорбитальных КА. Выполнена оценка корреляции максимальных значений потоков частиц и плотности магнитных силовых линий геомагнитного поля. Показано, что максимальные значения потоков частиц находятся в области малых и средних широт.

Выполнен прогноз интенсивности отказов модулей памяти на 2,5 года по траектории низкоорбитальных КА. Показано, что наличие небольших изменений в области малых значений геомагнитной жесткости (0–1 ГВ) может привести к увеличению интенсивности отказов ячеек модулей памяти на низкоорбитальных КА. Это значит, что локальные магнитные неоднородности, возникающие по траектории низкоорбитальных КА, могут привести к сбоям ячеек модулей памяти.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Van-Harten, Jordans R., Pourshaghghi H.** Necessity of fault tolerance techniques in Xilinx kintex 7 FPGA devices for space missions : a case study. In: Euromicro Conference on Digital System Design (DSD), IEEE. – 2017. – P. 299–306.

2 **Rahim R. B. A., Sabri S. F., Hasbullah N. F.** Radiation characteristics and SEU rates in NEqO environment using SPENVIS // In: Computer and Communication Engineering (ICCCE). International Conference on, IEEE. – 2016. – P. 454–458.

3 **Kretschmar U., Gomez-Cornejo J., Astarloa A., Bidarte U., Del Ser J.** Synchronization of faulty processors in coarse-grained TMR protected partially reconfigurable FPGA designs // Reliability Engineering & System Safety 151. – 2016. – P. 1–9.

4 **Грищенко, В. Ф., Купчишин, А. И.** Образование пространственно-самоорганизованных структур в полупроводниках // Труды 4 международной конференции «Радиационно-термические эффекты и процессы в неорганических материалах». – Томск : ТПУ, 2004. – С. 409–412.

5 **Prieto-Alfonso H., Del Peral L., Casolino M., Tsuno K., Ebisuzaki T., Frias M. R.** Radiation hardness assurance for the jem-euso space mission // Reliability Engineering & System Safety 133. – 2015. – P. 137–145.

6 **Keller, A. M., Whiting, T. A., Sawyer, K. B., Wirthlin, M. J.** Dynamic SEU sensitivity of designs on two 28-nm SRAM-based FPGA architectures // IEEE Transactions on Nuclear Science 65 (1). – 2018. – P. 280–287.

7 National Aeronautics and Space Administration, NASA Thesaurus Vol.1-hierarchical listing with definitions, 2012. [Electronic resource]. – URL: <https://www.sti.nasa.gov/thesvol1.pdf> [accessed 28 March 2018].

8 **Villalta, I., Bidarte, U., Gómez-Cornejo, J., Jiménez, J., Lázaro, J.** SEU emulation in industrial socs combining microprocessor and FPGA // Reliability Engineering & System Safety 170. – 2018. – P. 53–63.

9 **Hands, A., Morris, P., Dyer, C., Ryden, K.** Single Event Effects in Power MOSFETs and SRAMs due to 3 & 14 MeV neutrons // RADECS Proceedings. – 2010. – V3. – P. 56–58.

10 **Schwank J. R., Dodd P. E., Shaneyfelt M. R., Felix J. A., Hash G. I., Ferlet-Cavrois V., Paillet P., J. Baggio, P. Tanguyuyong, Blackmore E.** Issues for Single-Event Proton Testing of SRAMs. IEEE Transactions on Nuclear Science. – 2004. – V51. – № 6. – P. 3692–3700.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

В. Ф. Грищенко¹, С. Төлөндіұлы², А. Нұрланқызы³

Төмен орбиталық ғарыш аппараттарының борттық электронды аппаратураларының жады модульдерінің істен шығу қарқындылығын есептеу

¹Ионосфера институтының зертханасының меңгерушісі
Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы;
^{2,3}Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-зерттеу технологиялық университеті,
Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы.
Материал 12.08.19 баспаға түсті.

V. F. Gryshchenko¹, S. Tolendiuly², A. Nurlankyzy³

Calculation of the failure rate of the memory modules of the onboard electronic equipment of low-orbit spacecraft

¹Head of Laboratory Institute of Ionosphere,
Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan;
^{2,3}School of Information and Telecommunication Technologies,
K. I. Satbayev Kazakh National Research Technical University,
Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan.
Material received on 12.08.19.

Борттық электрондық аппаратураның сенімділігі оның компоненттерінің сенімділігімен ғана емес, бағдарламалық қамтамасыз ету жұмысының тұрақтылығымен (БҚ) анықталады. Ұяшықтардың логикалық жай-күйінің инверсиясымен байланысты электрондық жүйелердің жадының модульде істен шығулар мен істен шығулар жиі орын алады. Қазіргі уақытта Ғарыш кеңістігі факторларының әсері кезінде жад модульдерінің ұяшықтарының инверсиясын тек жердегі модельдеуші жағдайларда ғана зерттеуге болады. Бұл ретте мұндай жағдайларда ғарыш кеңістігі факторларының кешенді әсерін жаңғырту мүмкін еместігін ескеру қажет. Бұл жұмыста МКС және басқа да төмен орбиталық траекториялары үшін жад модульдерінің ұяшықтарының істен шығуының қарқындылығын есептеу алгоритмі әзірленді және орындалды, сондай-ақ төмен орбиталық траекториясы бойынша жад модульдерінің істен шығуының қарқындылығын 2,5 жылға болжау орындалды.

The reliability of the onboard electronics is determined not only by the reliability of its components, but also by the stability of the software (SW) operation. Very often, failures occur in the memory modules of electronic systems associated with the inversion of the logical state of the cells. By now, it is possible to investigate the inversion of cells of memory modules under the influence of space factors only in ground-based simulation conditions. It should be borne in mind that in such conditions it is impossible to reproduce the complex effect of space factors. In this paper, we developed an algorithm and calculated the failure rate of memory modules for the ISS trajectory and other low-orbit spacecraft, as well as predicted the failure rate of memory modules for 2.5 years along the low-orbit spacecraft trajectory.

ГРНТИ 55.03.14; 55.13.15

А. И. Денчик¹, Ж. К. Мусина², А. А. Ткачук³

¹к.т.н., профессор, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан;

²к.т.н., ассоц. профессор, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан;

³магистр, ст. преподаватель, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан

e-mail: ¹pavlodarec99@mail.ru; ²mussina_zhanara@mail.ru;

³tkachukandrey1985@mail.ru

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЗНАКОВ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

В данной статье для проведения исследований выбран метод главных компонент. Который использовался для анализа особенностей конструкторско-технологической подготовки производства. Проводимый анализ осуществлялся по пяти объектам. Цель анализа выявить наиболее приемлемый объект для производства в условиях заданного технологического оснащения. Применение метода главных компонент позволило значительно упростить анализ, вследствие замены двадцати одного исследуемого параметра, тремя латентными факторами, обозначаемые – F1, F2, F3, сохранив при этом всю полезную информацию. Выполненная интерпретация латентных факторов на основе распределения двадцать первого влияющего параметра наполнила физическим смыслом каждый из факторов: F1 – технико-технологическая готовность предприятия; F2 – инвестиционная привлекательность изделия; F3 – рыночная позиционированность изделия. С помощью факторного анализа выявлено доминирующее значение F1 из этих трех факторов.

Ключевые слова: конструкторско-технологическая подготовка производства (КТПП), латентный фактор, матрица, метод главных компонент, технологичность, технологичный функциональный аналог изделия (ТФАИ), производственный объект, изделие.

ВВЕДЕНИЕ

В Казахстане проводится масштабная работа по повышению эффективности научной и научно-технической деятельности, обеспечению научно-технического и инновационного развития.

Ключевым фактором в этом направлении является снижение барьеров для вовлечения ученых в коммерциализацию, а также стимулирование частного сектора к сотрудничеству с вузами и научными организациями. Благодаря этому самостоятельные предприниматели и малые предприятия получают большой стимул к развитию.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

С целью повышения уровня коммерциализации в ПГУ имени С. Торайгырова исследовался вопрос выбора изделия для его производства в условиях учебных мастерских машиностроительного факультета.

Процедура «принятие решения» является широко распространенной, как в условиях различных отраслей народного хозяйства, так и по характеру рассматриваемых вопросов. Накопленный опыт предполагает, что процедура принятия решения должна осуществляться в рамках системного анализа объекта исследований [1, 2].

Рассмотрим алгоритм процедуры «принятие решения» на примере определения целесообразности производства, одного из 5 рассматриваемых объектов, в условиях производственной базы машиностроительного факультета ПГУ имени С. Торайгырова.

Алгоритм принятия решения предполагает его реализацию в три этапа (рисунок 1).



Рисунок 1 – Алгоритм принятия решения

Первый этап заключается в подготовке и предварительной обработке исходных данных и включает в себя выполнение 3-х пунктов:

1 Обработка результатов анкетирования, экспериментальных данных, данных наблюдения – выявление исходных признаков для факторного анализа, составление матрицы исходных данных – *X*.

2 Преобразование исходной матрицы признаков *x* в матрицу нормализованных данных – *Z*.

3 На основе матрицы нормализованных данных – *Z*, строим исходную корреляционную матрицу – *R*.

Для проведения исследований в результате анализа был отобран 21 признак оказывающий влияние на конструкторско-технологическую подготовку при запуске в производство нового объекта. Затем по разработанной анкете проводилось анкетирование среди специалистов и выпускников старших курсов. Обработке было подвергнуто более 110 анкет. Анкета предлагает оценить готовность-целесообразность к выпуску пяти объектов [3].

Оценка осуществляется по 21 признаку в условиях заданной производственной базы – ПГУ имени С. Торайгырова с известным технологическим оснащением. Текст анкеты для опроса специалистов с примером варианта ответов представлен на рисунке 2.

ОЦЕНИТЕ СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ КТПП ПРИ ОСВОЕНИИ НОВЫХ ИЗДЕЛИЙ		ИЗДЕЛИЕ					
ПЕРЕЧЕНЬ ПАРАМЕТРОВ КТПП ВЛИЯЮЩИХ НА ОСВОЕНИЕ НОВОГО ИЗДЕЛИЯ		ИЗДЕЛИЕ 1	ИЗДЕЛИЕ 2	ИЗДЕЛИЕ 3	ИЗДЕЛИЕ 4	ИЗДЕЛИЕ 5	
ЕД. ИЗМ.		ДУШ	ПЫЛЕСОС САДОВОЙ	ПРИВОД ВРАЩЕНИЯ ШАМПЮРОВ	ЭЛЕКТРО ДВИГАТЕЛЬ	САДОВАЯ ВОЗДУХОДУВКА	
2	3	4	5	6	7	8	
1	ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ КОМПЛЕКТНОСТЬ	%	20	60	100	100	80
2	ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ	%	10	10	90	0	10
3	СЛОЖНОСТЬ ОСНАСТКИ	%	50	70	5	75	70
4	ДОСТУПНОСТЬ МТС РЕГИОН – 1 ГОСУДАР - 0,5 МЕНТОС - 0	0:1	1	0	0,5	1	0
5	МЕТЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	%	25	70	50	70	70
6	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО- НАУЧНАЯ ДОРАБОТКА	%	75	85	60	85	80
7	ТРУДОЕМКОСТЬ КТПП (0; 0,5; 1)	0:10	75	90	75	85	90
8	ТЕХНИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ ИЗДЕЛИЯ (0; 0,5; 1)	0:10	80	100	75	100	90
9	ТОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ИЗДЕЛИЯ	0:1	80	80	70	70	80
10	ШЕРОХОВАТОСТЬ ИСП. ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ	0:1	80	80	70	70	80
11	ТРУДОЕМКОСТЬ СЕРТИФИКАЦИИ ИЗДЕЛИЯ (0; 0,5; 1)	0:10	75	90	80	90	80
12	ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ФИРМЫ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ	0:10	45	70	60	80	70
13	КВАЛИФИКАЦИЯ РАБОТНИКОВ ФИРМЫ	%	75	75	80	25	75
14	ДИЗАЙН	0:10	9	9	5	7	8
15	ВЕС ИЗДЕЛИЯ	кг	8	12	3	5	8
16	ОНИДАВАЯА ПРИБЫЛЬ	%	20	15	10	20	15
17	СТОИМОСТЬ ПРОТОТИПА	тен	3000	60000	15000	15000	45000
18	СЕБЕСТОИМОСТЬ ИЗДЕЛИЯ	тен	1000	60000	10000	7000	45000
19	ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ СПРОС	0:10	75	50	30	40	50
20	ПРОЦЕНТНЫЕ СТАКИ НА КРЕДИТ	%	20	15	20	12	20
21	НАЛИЧИЕ НА РЫНКЕ	%	95	80	55	60	80

Рисунок 2 – Образец анкеты для проведения опроса на предмет определения готовности-целесообразности выпуска 5 объектов

По результатам анкетирования формировались исходные данные для факторного анализа в натуральном и нормализованном виде (рисунки 3, 4; матрицы X и Z).

Table showing the natural initial matrix X with columns for various parameters like technology complexity, accessibility, metrology, etc., and rows for different items like lawn mower, vacuum cleaner, etc.

Рисунок 3 – Натуральная исходная матрица X

Table showing the standardized initial matrix Z with columns for the same parameters as X, but with standardized values.

Рисунок 3 – Стандартизованная исходная матрица Z

Нормализация осуществлялась согласно выражения

Z_i = (X_i - X_cp) / S

Исходная корреляционная матрица R (рисунок 5), определялась из исходной матрицы нормализованных данных – Z с помощью программ IBM SPSS Statistics или MS Office Excel.

Large correlation matrix R with 11 columns and 11 rows, showing correlation coefficients between various parameters.

Рисунок 5 – Исходная корреляционная матрица R

Второй этап заключался непосредственно в выполнении факторного анализа и включал в себя выполнение следующих пунктов:

- 1 Определение собственных чисел – λi, собственных векторов корреляционной матрицы R.
2 Построение диаграммы «Факторная осыпь» по значениям собственных чисел – λi. Выделение числа значимых латентных факторов – F1, F2, F3 из условия λi ≥ 1 (рисунок 6), λ1= 12,3; λ2 =6,4; λ3= 2,2.
3 Определение процента совокупной дисперсии – 99,7 % объясняемой действием только латентных факторов F1, F2, F3 на основе значения собственных чисел λi ≥ 1.

4 Определение значения общности для воспроизведенной матрицы R_B, ∑ λi= 20,939 как части общей-полной дисперсии равной 21, которая объясняется действием только латентных факторов – F1, F2, F3.

Для определения количества латентных факторов были найдены собственные числа корреляционной матрицы λ1 = 12,3; λ2 = 6,4; λ3 = 2,2 – до вращения и после λ1 = 7,6; λ2 = 6,9; λ3 = 6,3.

Определено сколько процентов совокупной дисперсии объясняет каждое собственное число: до ротации – 58,6 %; 30,5 %; 10,6 % и после ротации 36,3 %; 33,1 %; 30,3 %.

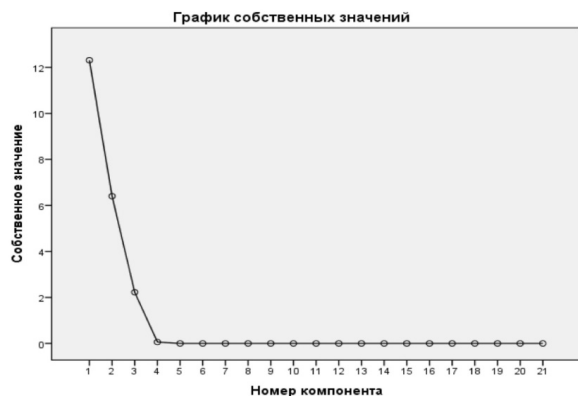


Рисунок 6 – Диаграмма «факторная осыпь»

Вычислен накопленный процент совокупной дисперсии, объясняемый действием выявленных латентных факторов $F1, F2, F3$ – 99,7 % (рисунок 7).

Объясненная совокупная дисперсия									
Компонент	Начальные собственные значения			Извлечение суммы квадратов нагрузок			Ротация суммы квадратов нагрузок		
	Всего	% дисперсии	Суммарный %	Всего	% дисперсии	Суммарный %	Всего	% дисперсии	Суммарный %
1	12,312	58,628	58,628	12,312	58,628	58,628	7,612	36,246	36,246
2	6,402	30,487	89,115	6,402	30,487	89,115	6,956	33,122	69,368
3	2,225	10,596	99,711	2,225	10,596	99,711	6,372	30,343	99,711
4	,061	,289	100,000						
5	1,564E-15	7,450E-15	100,000						
6	9,396E-16	4,474E-15	100,000						
7	4,728E-16	2,252E-15	100,000						
8	3,638E-16	1,732E-15	100,000						
9	2,750E-16	1,309E-15	100,000						
10	1,600E-16	7,619E-16	100,000						
11	8,016E-17	3,817E-16	100,000						
12	3,050E-17	1,452E-16	100,000						
13	-2,787E-17	-1,327E-16	100,000						
14	-1,732E-16	-8,247E-16	100,000						
15	-2,052E-16	-9,773E-16	100,000						
16	-3,874E-16	-1,845E-15	100,000						
17	-5,861E-16	-2,791E-15	100,000						
18	-6,209E-16	-2,957E-15	100,000						
19	-9,470E-16	-4,509E-15	100,000						
20	-1,772E-15	-8,437E-15	100,000						
21	-3,660E-15	-1,743E-14	100,000						

Рисунок 7 – Накопленный процент совокупной дисперсии

Диаграмма «факторная осыпь» или «каменная осыпь» показывает, что не значимые факторы осыпались, а три значимых $\lambda_i \geq 1$ возвышаются [4, 5].

Собственные числа собственных векторов значимых факторов – λ_i : $\lambda_1 = 12,3$; $\lambda_2 = 6,4$; $\lambda_3 = 2,2$.

Полученная матрица выделенных компонентов-факторов – A , или матрица факторной нагрузки – представляет значения коэффициентов корреляции для каждого из исходных признаков с каждым из выявленных факторов – $F1, F2, F3$. Чем теснее связь данного признака с рассматриваемым фактором, тем выше значение факторной нагрузки (рисунок 8).

Повернутая матрица компонентов ^a A				
	Повернутая матрица компонентов A	Компонент - фактор		
		1	2	3
1	ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ КОМПЛЕКТНОСТЬ	-,810	,042	,584
2	ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ	-,831	,081	,550
3	СЛОЖНОСТЬ ОСНАСТКИ	,911	,412	-,004
4	ДОСТУПНОСТЬ МТС РЕГИОН.- 1 ГОСУДАР.- 0,5 МЕЖГОС. - 0	-,062	-,079	,995
5	МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	-,695	-,202	,690
6	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО- НАУЧНАЯ ДОРАБОТКА	,546	,837	,012
7	ТРУДОЕМКОСТЬ КТПП (0; 0.5; 1)	,917	,305	-,256
8	ТЕХНИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ ИЗДЕЛИЯ (0; 0.5; 1)	,768	,615	,176
9	ТОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ИЗДЕЛИЯ	,837	,540	,084
10	ШЕРОХОВАТОСТЬ ИСП.ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ	,745	,163	-,647
11	ТРУДОЕМКОСТЬ СЕРТИФИКАЦИИ ИЗДЕЛИЯ (0; 0.5; 1)	,780	,600	,175
12	ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ФИРМЫ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ	-,742	-,101	,662
13	КВАЛИФИКАЦИЯ РАБОТНИКОВ ФИРМЫ	-,693	-,522	,497
14	ДИЗАЙН	,062	,079	-,995
15	ВЕС ИЗДЕЛИЯ	,176	,932	,316
16	ОЖИДАЕМАЯ ПРИБЫЛЬ	-,006	-,994	-,067
17	СТОИМОСТЬ ПРОТОТИПА	,373	,910	-,110
18	СЕБЕСТОИМОСТЬ ИЗДЕЛИЯ	,320	,923	-,181
19	ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ СПРОС	,118	-,328	-,937
20	ПРОЦЕНТНЫЕ СТАВКИ НА КРЕДИТ	,130	,974	-,164
21	НАЛИЧИЕ НА РЫНКЕ	,132	-,033	-,991

Метод выделения факторов: метод главных компонент.
а. Вращение сошлось за 6 итераций.

СОБСТВЕННЫЕ ЧИСЛА λ	7,612	6,955	6,372
-----------------------------	--------------	--------------	--------------

Рисунок 8 – Матрица выделенных компонентов-факторов

Выполненный факторный анализ методом главных компонент позволил проанализировать полученные результаты на предмет ранжирования объектов по степени воздействия них факторов $F1, F2, F3$.

С этой целью обрабатывалась матрица B (рисунок 9) значений коэффициентов выделенных факторов $F1, F2, F3$ для каждого из исходных признаков и матрица Z – матрица исходных нормализованных данных. По результатам обработки была получена матрица факторного веса $F = Z \times B$ (рисунок 10), где представлены численные значения выделенных факторов $F1, F2, F3$ для каждого из имеющихся объектов [1, 2].

Матрица коэффициентов значений компонентов B				
	Компонент			
		1	2	3
1	ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ КОМПЛЕКТНОСТЬ	-0,143	0,089	0,026
2	ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ	-0,157	0,103	0,014
3	СЛОЖНОСТЬ ОСНАСТКИ	0,171	-0,037	0,080
4	ДОСТУПНОСТЬ МТС РЕГИОН – 1 ГОСУДАР - 0,5 МЕЖГОС - 0	0,111	-0,069	0,207
5	МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	-0,067	0,011	0,077
6	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО- НАУЧНАЯ ДОРАБОТКА	0,021	0,109	0,015
7	ТРУДОЕМКОСТЬ КТПП (0; 0,5; 1)	0,158	-0,046	0,034
8	ТЕХНИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ ИЗДЕЛИЯ (0; 0,5; 1)	0,127	0,018	0,089
9	ТОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ИЗДЕЛИЯ	0,145	-0,003	0,082
10	ШЕРОХОВАТОСТЬ ИСП. ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ	0,090	-0,030	-0,060
11	ТРУДОЕМКОСТЬ СЕРТИФИКАЦИИ ИЗДЕЛИЯ (0; 0,5; 1)	0,132	0,013	0,091
12	ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ФИРМЫ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ	-0,096	0,042	0,059
13	КВАЛИФИКАЦИЯ РАБОТНИКОВ ФИРМЫ	-0,043	-0,049	0,056
14	ДИЗАЙН	-0,111	0,069	-0,207
15	ВЕС ИЗДЕЛИЯ	-0,051	0,164	0,030
16	ОЖИДАЕМАЯ ПРИБЫЛЬ	0,132	-0,217	0,046
17	СТОИМОСТЬ ПРОТОТИПА	-0,048	0,157	-0,035
18	СЕБЕСТОИМОСТЬ ИЗДЕЛИЯ	-0,071	0,172	-0,057
19	ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ СПРОС	-0,033	-0,033	-0,164
20	ПРОЦЕНТНЫЕ СТАВКИ НА КРЕДИТ	-0,124	0,209	-0,079
21	НАЛИЧИЕ НА РЫНКЕ	-0,077	0,034	-0,191

Метод выделения факторов: метод главных компонент.
Метод вращения: варимакс с нормализацией Кайзера.

Рисунок 9 – Матрица коэффициентов значений компонентов B

МАТРИЦА F			
	F1	F2	F3
ЛЕЙКА-ДУШ	-0,44	-1,13	-1,32
ПЫЛЕСОС САДОВЫЙ	0,38	1,08	-0,37
ПРИВОД ШАМПУРОВ	-1,50	0,16	0,97
ЭЛЕКТРО ДВИГАТЕЛЬ	1,11	-0,93	1,04
САДОВЫЙ ВОЗДУХОДУВ	0,45	0,82	-0,32

Рисунок 10 – Матрица факторного веса F

Анализ матрицы факторного веса позволил выполнить ранжирование объектов исследования. Результаты ранжирования представлены на диаграмме (рисунок 11).

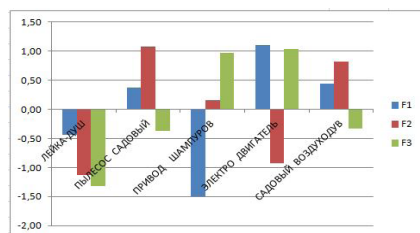


Рисунок 11 – Диаграмма ранжирования объектов исследования

Факторными весами называют количественные значения выделенных факторов для каждого из имеющихся объектов. Объекту с большим значением факторного веса присуща большая степень проявления свойств, определяемых данным фактором.

Факторы определяют как стандартизованные показатели с нулевым средним и единичной дисперсией. Поэтому положительные факторные веса соответствуют тем объектам, которые обладают степенью проявления свойств больше средней, а отрицательные факторные веса соответствуют тем объектам, для которых степень проявления свойств меньше средней.

ВЫВОДЫ

Выполненный факторный анализ результатов исследования «Оценка степени влияния исходных признаков при КТПП нового изделия» позволил:

- 1 Выявить действие 3-х латентных факторов $F1, F2, F3$.
- 2 Установить распределение 21-го исходного признака между факторами – $F1, F2, F3$.

3 Выполнить интерпретацию латентных факторов $F1, F2$ и $F3$ на основе группирования коррелирующих исходных признаков по выявленным латентным факторам и сформулировать названия отражающие сущность каждого фактора:

$F1$ – технико-технологическая готовность предприятия (ТТПП) к выпуску изделия;

$F2$ – инвестиционная привлекательность изделия (ИПИ);

$F3$ – рыночная позиционированность изделия (РПИ).

4 Факторный анализ показал что фактор технико-технологическая готовность предприятия (ТТПП) – $F1$ предопределяет степень готовности предприятия к выпуску каждого из 5 анализируемых объектов.

5 Факторный анализ показал, что доминирующее значение из 3-х факторов имеет фактор $F1$, т.к. $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3$.

6 Рассматривая изделие и предприятие, как двухкомпонентную систему, отметим, что только совокупность признаков в рамках фактора $F1 = f(n)$, в отличии от $F2, F3$, определяет совместимость этих 2-х компонентов в одну действующую систему, со стороны производства $F1 = f(n)$ – это характеристика его *технико-технологической готовности*, а со стороны объекта $f1 = f(n)$ – характеризует *производственную технологичность изделия* в смысле совокупности требований со стороны изделия к предприятию его технологическому оснащению.

7 Таким образом, факторный анализ показал, что при всей многовариантности технологических решений условием успешного запуска изделия в производство является обеспечение минимум одного соответствия

показателей – производственная технологичность изделия = технико-технологическая готовность.

Данное соответствие может обеспечиваться как за счет коррекции 1-го так и 2-го компонента системы, т.е. изделия или предприятия.

Мы предлагаем дорабатывать или разрабатывать новое технологичное изделие и тем самым изменить производственную технологичность изделия в соответствии с требованиями производственной базы – ориентир для изменения или корректировки признаков изделия это $F1 = f(n_i)$.

Одним из направлений такого подхода – повышения производственной технологичности изделий при запуске в производство новой продукции является разработка технологичного функционально аналога изделия – ТФАИ.

Под разработкой технологичного функционального аналога изделия – ТФАИ, будем понимать такой процесс изменения конструкции и технологии изготовления образца-аналога, при котором сохраняется его функциональное назначение, и обеспечивается 100 %-ая возможность изготовления ТФАИ в условиях заданного предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Иберла, К.** Факторный анализ / перевод с немецкого Ивановой В. М. – М. : Статистика, 1980. – 395 с.

2 **Лоули, Д., Максвелл, А.** Факторный анализ как статистический метод / перевод с английского Ю. Н. Благовещенского. – М. : Издательство «Мир», 1967 – 141 с.

3 **Айкен, Ж. К., Денчик, А. И.** Основные этапы разработки технологичного функционального аналога душевой лейки // Materials of the XV International scientific and practical Conference «Cutting-edge science – 2019» – Technical science : Sheffield : Science and education LTD (England), 2019. – P. 26–30.

4 **Миллер, С. А., Денчик, А. И. и др.** Недостатки традиционного подхода создания нового изделия и запуска его в производстве. Принцип ТФАИ / Международная научно-практическая конференция «Х Торайгыровские чтения», – Павлодар : изд-во ПГУ, 2018. – С. 179–183.

5 **Миллер, С. А., Денчик, А. И. и др.** Особенности разработки функционального аналога изделия (ТФАИ) в условиях учебно-производственных мастерских Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова // Материалы научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XIX Сатпаевские чтения». – Павлодар : Изд-во ПГУ, 2019. – С. 118–122.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

А. И. Денчик¹, Ж. К. Мусина², А. А. Ткачук³

Өндірістің конструкторлық-технологиялық дайындығының негізгі белгілерін факторлық талдау

^{1,2,3}Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,

С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

A. I. Denchik¹, Zh. K. Mussina², A. A. Tkachuk³

Factor analysis of the basic signs of design and technological preparation of production

^{1,2,3}Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Бұл мақалада өндірістің конструкторлық-технологиялық дайындығының ерекшеліктерін талдау үшін басты компоненттер әдісі қарастырылған. Жүргізілген талдау бес объект бойынша жүзеге асырылды. Талдаудың мақсаты: берілген технологиялық жабдықтау жағдайында өндіріс үшін неғұрлым қолайлы объектіні анықтау мәселесі болды. Факторлық талдаудың басты компоненті әдісін қолдану жиырма бір зерттелетін параметрді үш латентті факторлармен F1, F2, F3 белгіленетін. ауыстыруға мүмкіндік берді, бұл ретте барлық ақпаратты сақтай отырып. Латенттік факторлардың орындалған интерпретациясы жиырма бірінші әсер етуші параметрді бөлу негізінде әрбір фактордың физикалық мағынасына толтырды: F1 – кәсіпорынның техникалық – технологиялық дайындығы; F2 – бұйымның инвестициялық тартымдылығы; F3-бұйымның нарықтық позициялануы. Факторлық талдау арқылы осы үш фактордың басым мәні анықталды.

This article describes the method of main components for the analysis of the features of the design and technological preparation. The analysis was carried out on five objects. The purpose of the analysis was identification of the most acceptable object for production under the conditions of a given technological equipment. Application of the main component method of the factor analysis allowed to replace twenty-one

studied parameters by three latent factors, designated – F1, F2, F3, while retaining all the information. The performed interpretation of the latent factors based on the distribution of the twenty-first influencing parameter filled each of them with physical meaning: F1 – technical and technological readiness of the enterprise; F2 – investment attractiveness of the product; F3 – market positioning of the product. Using factor analysis revealed the dominant value of these three factors.

ГРНТИ 44.31.35

**К. М. Дюсенов¹, С. Б. Садыкова²,
Н. Р. Картджанов³, Б. К. Шапкенов⁴**

¹к.т.н., доцент, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан;

²магистр, преподаватель, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан;

³магистр, ст. преподаватель, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан

e-mail: ¹kdyussenov@yandex.ru; ²kundyzy@mail.ru;

³nurlan-k-e@yandex.kz; ⁴argin_intel@mail.ru

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАВИТАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

В статье рассматривается эффективность генерации тепла методом вихревой кавитации в системах автономного отопления. Проводится сравнительный анализ эффективности вихревых теплогенераторов (ВТГ) с традиционными системами теплоснабжения, таких как электрический котел (ТЭН), котлы на органических топливах: уголь, дрова, сжиженный газ, природный газ и дизельное топливо. Приведены расчет затрат на отопления различными системами теплоснабжения и выводы по сравнению с ВТГ. Раскрывается вопрос целесообразности использования ВТГ в системах автономного теплоснабжения. Статья может представлять интерес для исследователей и специалистов в энергетике.

Ключевые слова: кавитация, вихревой теплогенератор, эффективность, эффект Ранка-Хилша, вихревая трубка.

ВВЕДЕНИЕ

Практическое применение и использование физических эффектов кавитации в виде широкого спектра инженерных приложений находит нарастающее распространение в различных областях. Достаточно глубокий анализ и обобщение множества предыдущих работ в области термодинамического эффекта гидродинамической кавитации даны в работах, например, в работах [1] или [2], где экспериментально установлен факт интенсификации теплообмена при различных условиях течения жидкости. Ряд промышленных компаний, таких как американская Dynamics, Inc. и украинская ТЕКМАН в течение многих лет успешно используют практическое применение гидродинамической кавитации для тепловой генерации, а также применяют эффекты кавитационных эффектов экстра смешивания для получения высокоэффективных видов биотоплива. Ряд успешных инсталляций в промышленных и энергетических приложениях [3, 4] управляемого эффекта гидродинамической кавитации также доказали свою эффективность.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В данной работе представлены результаты анализа эффективности использования кавитационных технологий для автономного теплоснабжения.

Вихревые теплогенераторы это установки, которые позволяют получать тепловую энергию в специальных устройствах путем преобразования кинетической энергии вращения электродвигателя.

История создания первых вихревых теплогенераторов уходит корнями в первую треть двадцатого века, когда французский инженер Жозеф Ранк столкнулся с неожиданным эффектом, исследуя свойства искусственно создаваемого вихря в разработанном им устройстве – вихревой трубе. Сущность наблюдаемого эффекта заключалась в том, что на выходе вихревой трубы наблюдалось разделение сжатого воздушного потока на теплую и холодную струю.

Исследования в данной области были продолжены немецким изобретателем Робертом Хилшем, который в сороковых годах прошлого столетия улучшил конструкцию вихревой трубы Ранка, добившись увеличения разности температур двух воздушных потоков на выходе из трубы. Однако как Ранку, так и Хилшу не удалось теоретически обосновать наблюдаемый эффект, что отсрочило его практическое применение на многие десятилетия. Следует отметить, что относительно удовлетворительное теоретическое объяснение эффекта Ранка-Хилша с точки зрения классической аэродинамики не найдено до сих пор.

Идея использовать в качестве рабочего тела в вихревой трубе не сжатый воздух, а воду, была революционной, поскольку вода, в отличие от газа,

несжимаема. Следовательно, эффекта разделения потоков на холодный и горячий ожидать не стоило. Однако результаты превзошли все ожидания: вода при прохождении по «улитке» быстро нагревалась.

По мнению некоторых исследователей, аномальное повышение температуры жидкости вызвано микрокавитационными процессами, а именно «схлопыванием» микрополостей (пузырьков), заполненных газом или паром, которые образуются в ходе вращения воды в циклоне.

Между тем, данный принцип был взят на вооружение, что привело к разработке работающих моделей тепло- и электрогенераторов, реализующих описанный выше принцип. В данный момент времени на территории России, некоторых республик бывшего Советского Союза и ряда зарубежных стран успешно функционируют сотни вихревых теплогенераторов различной мощности, произведенных рядом отечественных научно-производственных предприятий.

Выделение тепла в данных теплогенераторах происходит благодаря эффекту кавитации. Кавитация (от лат. Cavita – пустота) – процесс парообразования и последующей конденсации пузырьков пара в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами, образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных паром самой жидкости, в которой возникает. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности во время полупериода разрежения (акустическая кавитация), существуют и другие причины возникновения эффекта. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырёк схлопывается, излучая при этом энергию.

Явление кавитации носит локальный характер и возникает только там, где есть условия ее возникновения и перемещаться в среде возникновения не может.

Большой энергетический потенциал каверн, имеющих высокую температуру вызывает эрозию металлов, с которыми соприкасается жидкость, в которой развивается кавитация. Поэтому кавитация во многих случаях нежелательна. Например, она вызывает разрушение гребных винтов судов, рабочих органов насосов, гидротурбин и т.п., кавитация вызывает шум, вибрации и снижение эффективности работы. При разрушении каверн освобождается большой потенциал энергии, что может вызвать повреждения. Эксперименты показали, что вредному, разрушительному воздействию кавитации подвергаются даже химически инертные к кислороду вещества (золото, стекло и др.), хотя и намного более медленному. Это доказывает,

что помимо фактора химической агрессивности газов, находящихся в пузырьках, важным является также фактор забросов давления, возникающих при схлопывании пузырьков.

Этот вредный и опасный эффект можно использовать для нагрева теплоносителя если сконденсировать каверны в центре сосуда, подобные устройства уже имеют удачные инсталляции по всему миру. Такие как: Company Hydro Dynamics, Inc., ТЕКМASH, ООО «Вихревые теплосистемы», ООО «ЮСМАР», ООО «Нотека-С», НПП «Альтернативные Технологии Энергетики и Коммуникации», Научно-производственное предприятие «Ангстрем», ОАО «Завод КОММАШ», ООО «Центр-Лес», ООО УК «ОРБИ», INTERENERGOIRESURS Ltd, ООО «Экотепло», «ГосМКБ «Радуга» им. А. Я. Березняка».

Некоторые исследователи отмечают ряд преимуществ вихревых теплогенераторов в инженерной и эксплуатационной практике. В частности, их установка не требует согласований с органами энергонадзора и котлонадзора; объем технического обслуживания минимален (1 раз в 6 месяцев смазка и проверка подшипников и уплотнений генератора).

Экономичность:

1 отсутствие затрат на прокладку тепловых и газовых сетей;

2 отсутствие затрат на водоподготовку (качество воды, степень её загрязнения в системе отопления и минерализации не влияет на работу нагревателя);

3 благодаря оригинальному методу нагрева, накипь в системе отопления не образуется;

4 отсутствие необходимости закупки, транспортировки, хранения топлива, и затрат денежных средств, связанных с этим.

Безопасность и экологичность в работе:

1 работа теплогенератора исключает использование загрязняющих окружающую среду веществ (газ, уголь, дрова, дизельное топливо) и, соответственно;

2 отсутствует выделение продуктов горения и распада воздуха при этом вероятность взрыва или пожара исключена;

3 применение современных приборов контроля безопасности полностью исключает неуправляемый рост температуры и давления в системе отопления.

Простота обслуживания:

1 для монтажа достаточно присоединить подающий и обратный патрубки теплогенератора к соответствующим патрубкам системы отопления;

2 процесс нагрева и контроль работы системы отопления осуществляется с помощью блока автоматического управления. Специальной подготовки обслуживающего персонала не требуется.

Для проверки выше отмеченных преимуществ проведём энергетический и экономический анализ эффективности генерации теплоты методом вихревой кавитации, так как экономическая эффективность является главным критерием производства.

Исходные данные

ВТГ теплопроизводительность 13760 ккал/ч.

• Обогреваемый объём/площадь (V/S) = 400 м.куб/160 м².

• С учетом работы ВТГ средняя потребляемая мощность электродвигателя ВТГ (W) 18 кВт.

• Тариф оплаты электропотребления 14 тг/кВт·ч.

• Утвержденный тариф теплотребления 2581 тг/Гкал.

• Оплата эксплуатационных расходов ВТГ – 222 дня.

• Оплата центрального теплотребления – 222 дня.

• Затраты на 1 м² – 100Вт

Расчёт годовой экономии

Внедрения ВТГ

• Суточное время работы электродвигателя теплогенератора ВТГ (по графику) 12 часов в сутки.

• Оплата потребленной электрической энергии при эксплуатации ВТГ за 1 час работы (18 x 14) = 252 тг/ч.

• Суточная оплата составляет (12 x 252) = 3024 тг/сут.

• Ежемесячная составляет (3024 x 31 день) = 93744 тг/мес.

• Сезонная составляет (3024 x 222 дня) = 671328 тг/год.

• Оплата централизованной потребленной тепловой энергии за 1 час (0,01376 x 2851) = 35,5 тг/ч.

• Суточная составляет (24 x 35,5) = 852,35 тг/сут.

• Ежемесячная составляет (852,35 x 31 день) = 2642,83 тг/мес.

• Сезонная составляет (852,35 x 222 дня) = 189221,6 тг/год.

Как показывает расчет, вихревые теплогенераторы не могут конкурировать с централизованными источниками теплоты, так как при базовом тарифе на электро энергию и тепло тепловая энергия получаемая вихревым теплогенератором 3,5 раза дороже чем из центрального теплоснабжения. Но существуют местности без доступа к централизованным источникам теплоты, в таких условиях рационально сравнивать ВТГ с другими источниками автономного теплоснабжения. Поэтому в таблице 1 сравнительный анализ автономных источников теплоты (как пример, взяты показатели использования тепловых генераторов типа ВТГ)

Таблица 1 – Удельная себестоимость отопления при использовании различных типов автономных источников теплоты

	Котёл на угле	Котёл на дровах	Сжиженный газ	Природный газ	«Дизель» котёл	Электрокотёл (ТЭН)	ВТГ-25
	25 кВт	25 кВт	25 кВт	25 кВт	25 кВт	25 кВт	25 кВт
Работа котла, час/сутки.	12	12	12	12	12	12	12
Энергоноситель.	Уголь	Дрова	Сжиженный. Газ	Природный газ	Дизельное. топливо.	Электоро энергия	Электро. Энергия
Стоимость единицы, рубль.	13 за кг	3000 за м ³	75 за л	60 за м ³	220 за л	14 за кВт·ч	14 за кВт·ч
Расход топлива, электро. энергии.	14 кг/час	0,05 м ³ /час	4 л/час	4 м ³ /час	4 л/час	25 кВт·ч	28 кВт·ч
Расход электро. энергии, кВт/сутки.						300	336
Расход электро. энергии, кВт/мес.						9000	10080
Расходы, тенге/месяц	65520	54000	108000	86400	316800	126000	141120
Расходы за сезон тенге/6 месяцев	393120	324000	648000	518400	1900800	756000	846720

Из таблицы видно, что кавитационные способы генерации теплоты в настоящее время могут конкурировать только с высокофорсированными автономными системами отопления (АСО) на базе дизельного топлива или электрических нагревателей, если конечно КПД последних сильно упадет из-за образования накипи в нагревательных элементах.

По сравнению с другими системами АСО ВТГ являются не эффективными в силу низкой стоимости других видов энергоносителей. Но даже при высокой стоимости угля и газа эффективность ВТГ не возрастет, так как стоимость электроэнергии всегда пропорциональна цене основных природных энергоносителей. В сравнении экологических аспектов ВТГ имеет только локальное преимущество, потому что в глобальных масштабах при генерации электричества на ТЭС окружающая среда больше загрязняется.

С точки зрения эксплуатации ВТГ, как и ТЭНы не имеют дополнительных затрат. С позиции подключения к существующим системам отопления вихревые теплогенераторы являются самыми простыми и удобными, а капитальные затраты на проектирование низкими. Такие экономические преимущества заметны при сравнении с тепловыми насосами, которые требуют больших капитальных затрат. А также при вихревой кавитационной

генерации теплоты не требуются специальные системы подготовки воды, которые требуют обоснованных доказательств, а отсутствие прямого электронагрева при помощи традиционных ТЭН делает установку более безопасной в эксплуатации.

ВЫВОДЫ

Несмотря на указанные преимущества ВТГ, в нем используется электродвигатель для привода насоса, что всегда дороже электроподогревателя в котле. А также стоимость энергии получаемой вихревой кавитации дороже традиционных методов. Хотя и ВТГ является способом диверсификации методов производства теплоты, но с экономической точки зрения они являются не эффективными.

Процессы кавитации можно эффективно использовать в других сферах человеческой деятельности, в ряде научных исследований включая [5, 6, 7], получены эффекты роста эффективности процессов тепло и массо переноса при воздействии ультразвуковой кавитации. Также показало свою высокую эффективность практическое применение и использование физических эффектов кавитации в сферах дезинфекции воды [8] и в агротехнических приложениях [9, 10].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Franc, J.-P.** Physics and Control of Cavitation, Design and Analysis of High Speed Pumps. – Grenoble, France : RTO-EN-AVT-143, 2006. [Electronic resource]. – Available at <http://www.rto.nato.int/abstract.asp>.
- 2 **Schneider B. Kosar, A., Kuo C.-J., Mishra C., Cole G. S. Scaringe R. P. Peles Y.** Cavitation Enhanced Heat Transfer in Microchannels // Journal of Heat Transfer. – Vol. 128. – 2006. – P. 1293–1301.
- 3 **Дюсенов, К. М.** Некоторые аспекты эффективности генераторов теплоты на основе управляемых процессов кавитации // Энергосбережение и водоподготовка, – М., 2004. № 4.
- 4 **Dyussenov, K. M., Sergievsky, E. D.** (2006) Generation effect of the heating a liquid by means of controlled cavitation. Boiling Heat Transfer // Proc. 6th International Conf. on Boiling Heat Transfer. 2006. – P. 135–139.
- 5 **Zhou, D. W., Liu, D. Y., Hu, X. G., Ma, C. F.** Effect of acoustic cavitation on boiling heat transfer // J. Experimental Thermal and Fluid Science, 26. – 2002. – P. 931–938.
- 6 **Nomura, S., Nakagawa, M.** Analysis of an ultrasonic field attenuated by oscillating cavitation bubbles // J. Acoustic Science & Technology. – Vol. 22, 4. 2001 – P. 283–291.

7 **Xiulan, J. C., Yan, H. R., Cheng, Y.** Numerical simulation on enhancement of natural convection heat transfer by acoustic cavitation in a square enclosure, *J. Applied Thermal Engineering*. – Vol. 29. – 2009. – P. 1973–1982.

8 **Loraine, G., Chahine, G., Hsiao, C. T., Choi, J. K., Aley, P.** Disinfection of gram-negative and gram-positive bacteria using DynaJets® hydrodynamic cavitating jets // *J. Ultrason Sonochemistry*. – Vol. 19(3). – 2012. – P.710–715.

9 **Howard, S. N., Grantz, D. A., Meinzer, F. C., Goldstein, G., Gayle, C. M., and Crisosto, C.** Genotypic Variability in Vulnerability of Leaf Xylem to Cavitation in Water-Stressed and Well-Irrigated Sugarcane // *J. Plant Physiology*. – Vol. 100 –1992. – P. 1020–1028.

10 **Byrne, G. F., Begg, J. E., Hansen, G. K.** Cavitation and resistance to water flow in plant roots // *Journal of Agricultural Meteorology*. – Vol.18 (2011). – Issue 1. – P. 21–25.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

К. М. Дюсенов¹, С. Б. Садыкова², Н. Р. Картаджанов³, Б. К. Шапкенов⁴

Автономды жылыту жүйелері үшін кавитациялық технологияларды пайдаланудың тиімділігінің кейбір мәселелері

^{1,2,3}Көлік-энергетика факультеті,

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы;

⁴Энергетикалық факультет,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

К. М. Dyussenov¹, S. B. Sadykova², N. R. Kartjanov³, B. K. Shapkenov⁴

Some questions of the efficiency of using cavitation technologies for autonomous heating systems

^{1,2,3}Faculty of Transport and Energy,

L. N. Gumilyev Eurasian National University,

Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan;

⁴Faculty of Energy,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақалада автономды жылыту жүйесіндегі құйынды кавитация әдісімен жылу генерациясының тиімділігі қарастырылады. Құйынды жылу генераторларының (ҚЖГ) тиімділігін электр қазандығы (ТЭН), органикалық отындардағы қазандықтар: көмір, отын, сұйытылған газ, табиғи газ және дизель отыны сияқты дәстүрлі жылумен жабдықтау жүйелерімен салыстырмалы талдау жүргізіледі. Жылумен жабдықтаудың әр түрлі жүйелерімен жылуландыруға жылу шығыны есептелген және ҚЖГ-мен салыстырғанда қорытындылары келтірілген. Дербес жылумен жабдықтау жүйелерінде ҚЖГ-ны пайдаланудың орындылығы мәселесі ашылады. Мақала энергетикадағы зерттеушілер мен мамандар үшін қызығушылық тудыруы мүмкін.

The article discusses the efficiency of heat generation by the method of vortex cavitation in autonomous heating systems. A comparative analysis of the effectiveness of vortex heat generators (VHG) with traditional heating systems, such as electric boilers (TEN), boilers for organic fuels: coal, wood, liquefied gas, natural gas and diesel fuel. The calculation of the cost of heating by various heating systems and conclusions compared to the VHG. The question of the feasibility of using VHG in autonomous heating systems is revealed. The article may be of interest to researchers and experts in the energy sector.

Д. З. Есхожин¹, Е. С. Ахметов², К. Д. Есхожин³

¹д.т.н., профессор, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

²к.т.н., доцент, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

³к.т.н., доцент, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан

e-mail: ¹deshojin@mail.ru; ²erzhanas_75@mail.ru; ³5180664@mail.kz1

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ДИНАМИКИ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ БИЧА

В статье рассматриваются вопросы динамики молотильного барабана, семена при обмолоте получают значительное количество механических повреждений – дробления и микроповреждения, которые доходили до 40 и более процентов. Они снижают товарные и хлебопекарные качества зерна, ухудшают их стойкость к хранению и заболеваниям и снижают всхожесть семян. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований некоторых динамических показателей молотильного барабана с переменной скоростью бича, который был создан для снижения механических повреждений семян при обмолоте.

Ключевые слова: молотильный аппарат, переменная скорость бича, механические повреждения семян, дробление и микроповреждения, статическая уравновешенность, динамическая уравновешенность, тензометрирование.

ВВЕДЕНИЕ

Целью исследования является теоретическое и экспериментальное исследование частного вопроса динамики – уравновешенности молотильного барабана с переменной скоростью бича.

Материалы и методы. Материалами исследования являются необмолоченная хлебная масса, лабораторная молотильная установка

с барабаном с переменной скоростью бича, силовая установка с бесступенчатым регулированием частоты вращения, тензометрическое оборудование. Теоретические исследования основаны на положениях общей теоретической механики и высшей математики. Экспериментальные исследования основаны на графической регистрации на светочувствительной бумаге частоты вращения, крутящего момента и реакции тензопоры на динамические колебания установки.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Завершающим этапом производства зерновых культур является уборка. Зерноуборочный комбайн является основной уборочной машиной, и от его работы во многом зависит количество и качество зерна, так как процесс уборки связан взаимодействием рабочего органа комбайна и биологического материала в жестких условиях. Исследования показали, что семена при обмолоте получают значительное количество механических повреждений – дробление и микроповреждения [1, 2, 3].

Микроповреждения семян при обмолоте доходили до 40 и более процентов. Они снижают товарные и хлебопекарные качества зерна, ухудшают их стойкость к хранению и сопротивляемость к различным грибковым и бактериальным заболеваниям, и самое главное, снижают всхожесть семян. Так по данным Ф. М. Куперман, С. А. Чазова, Н. В. Цицына и А. Н. Пугачева полнота всходов семян с поврежденными зародышами снижаются по сравнению с неповрежденными со 100 до 73 %, каждый процент микроповреждения уменьшает урожай на 1–1,5 % и средний ожидаемый доход от снижения дробления составляет 4,0 % и микроповреждения – 20,0 % от базовой себестоимости урожая [4, 5, 6].

Целью настоящей работы является разработка молотильного аппарата с бичами барабана, скорости которых возрастают в молотильном зазоре постепенно, что наиболее полно отвечает агробиологическим особенностям растений. В этом случае, в начальной части молотильного зазора, бичи обмолачивают полностью созревшее, полноценное зерно, так как оно наименее связано с колосом, затем, по мере продвижения хлебной массы, при постепенно возрастающей скорости бичей и уменьшающемся зазоре происходит домолот и всего остального зерна.

Для того, чтобы бичи барабана имели переменную скорость, они должны участвовать в сложном движении. На рис. 1-а бич А участвует в двух вращательных движениях – вокруг своей оси O_1 и центральной оси O [7]. В зависимости от соотношения угловых скоростей ω и ω_1 можно получить траекторию бичей в виде эллипса, кардиоиды, улитки Паскаля и окружности [8]. Для обмолота зерновых культур наиболее подходит траектория в виде

кардиоиды, так как не имеет точек возврата, двойных и более точек, и зона возрастания скорости охватывает наибольшую область. Параметрическое уравнение для нее имеет вид:

$$x_i = r_c [K_c \cos \omega t_i + \cos 2\omega t_i]; \tag{1}$$

$$y_i = r_c [K_c \sin \omega t_i + \sin 2\omega t_i].$$

Здесь ωt_i означает, что в определенный момент времени t каждый кривошип получает свое значение угла поворота – $\omega t_1, \omega t_2, \omega t_3, \dots, \omega t_n$.

При работе любого механизма огромное значение имеет его уравновешенность. Поэтому, целью настоящей работы является исследование частного вопроса динамики – уравновешенности барабана, с переменной скоростью бича, рис. 1-б.

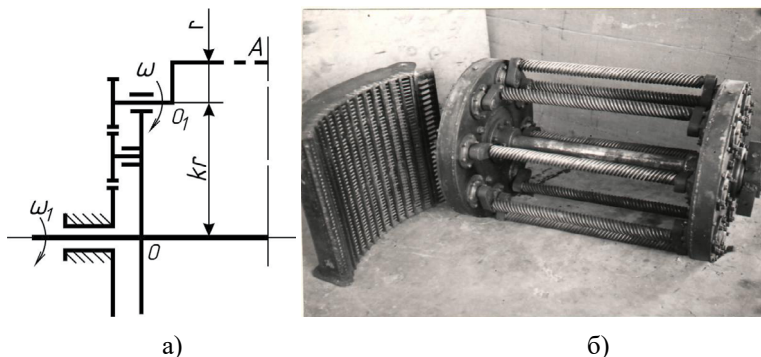


Рисунок 1 – Схема планетарного механизма привода с переменной скоростью бича

На рис. 2 представлена схема исследуемого молотильного барабана, где изображены лишь кривошипы и бичи.

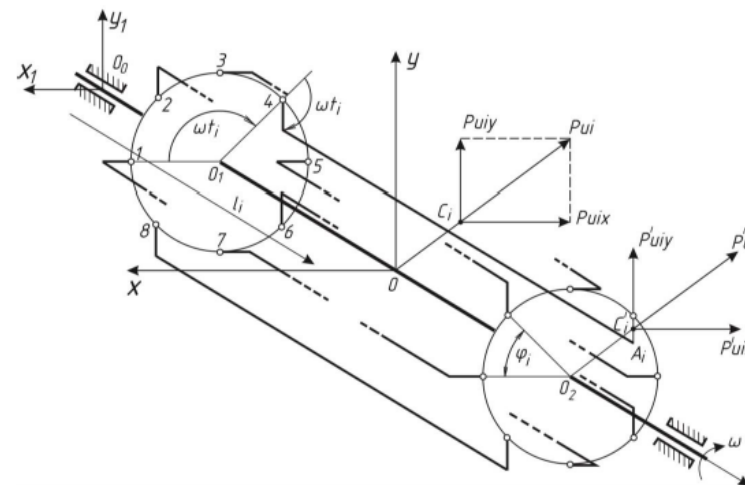


Рисунок 2 – Схема барабана с переменной скоростью бича

Массы звеньев кривошип-бич можно привести к точке C_i , которая является центром масс для этих звеньев, [9].

Определим координаты центра масс системы точек C_i , совершающих сложное движение: XOY и симметричны относительно нее. Следовательно, центр масс механизма находится на плоскости XOY, т.е.

$$z_s = 0.$$

$$x_s = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}; \tag{2}$$

$$y_s = \frac{\sum_{i=1}^n m_i y_i}{\sum_{i=1}^n m_i}.$$

где: $\sum_{i=1}^n m_i x_i, \sum_{i=1}^n m_i y_i$ – суммы статических моментов масс C_i относительно координатных осей X и Y,

Из рис. 2 видно, что центр масс C_i звеньев кривошип-бич совершает движение, в соответствии с законом движения бича (1) (для кардиоидальной схемы), лишь с другими параметрами r и k т.е.:

$$\begin{aligned} x_i &= r_c[k_c \cos(\varphi_i + \omega t) + \cos 2(\varphi_i + \omega t)]; \\ y_i &= r_c[k_c \sin(\varphi_i + \omega t) + \sin 2(\varphi_i + \omega t)]. \end{aligned} \quad (3)$$

где: φ_i – угол между радиусами-векторами $0, 1, 0, 2, \dots$ и соответствующими кривошипами в момент $t = 0$, по направлению угловой скорости ω , а ωt – приращение этого угла за время t .

Подставляя (3) в (2) и учитывая, что $m_1 = m_2 = \dots m_n$ получим:

$$\begin{aligned} x_s &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_c[k_c \cos(\varphi_i + \omega t) + \cos 2(\varphi_i + \omega t)]; \\ y_s &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_c[k_c \sin(\varphi_i + \omega t) + \sin 2(\varphi_i + \omega t)]. \end{aligned} \quad (4)$$

где: n – число материальных точек C_i .

Для уравнивания рассматриваемого механизма необходимо, чтобы проекции на оси координат результирующей силы инерции и главные моменты сил инерции относительно осей X, Y, Z равнялись нулю, т.е. удовлетворялись условия:

$$\begin{aligned} P_{ux} &= 0; & M_{ux} &= 0; \\ P_{uy} &= 0; & M_{uy} &= 0; \\ P_{uz} &= 0; & M_{uz} &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Проекция на оси координат X, Y и Z главного вектора сил инерции всех звеньев, а также проекции главного момента всех сил инерции:

$$\begin{aligned} P_{ux} &= - \sum_{i=1}^n m_i \ddot{x}_i; & M_{ux} &= - \sum_{i=1}^n l_i m_i \ddot{y}_i; \\ P_{uy} &= - \sum_{i=1}^n m_i \ddot{y}_i; & M_{uy} &= - \sum_{i=1}^n l_i m_i \ddot{x}_i; \end{aligned} \quad (6)$$

$$M_{uz} = - \sum_{i=1}^n m_i (x_i \ddot{y}_i - y_i \ddot{x}_i).$$

где: $\ddot{x}_i, \ddot{y}_i, \ddot{z}_i$ – проекции ускорений точек C_i , на координатные оси.

Из выражений (5) и (6) следует, что в данном случае, при выполнении условий $P_{ux} = 0$ и $P_{uy} = 0$, M_{uz} также будет равняться нулю.

Определим в вторые производные из уравнения (3):

$$\begin{aligned} \ddot{x}_i &= \omega^2 \frac{d^2 x_i}{d(\varphi_i + \omega t)^2} + \varepsilon \frac{dx_i}{d(\varphi_i + \omega t)}; \\ \ddot{y}_i &= \omega^2 \frac{d^2 y_i}{d(\varphi_i + \omega t)^2} + \varepsilon \frac{dy_i}{d(\varphi_i + \omega t)}. \end{aligned} \quad (7)$$

При этом, условие уравнивания рассматриваемой системы с учетом (7) и после некоторых преобразований примет следующий вид:

$$\begin{aligned} m \cdot \sum_{i=1}^n r_c[k_c \sin(\varphi_i + \omega t) + \sin 2(\varphi_i + \omega t)] &= 0; \\ m \sum_{i=1}^n r_c[k_c \cos(\varphi_i + \omega t) + \cos 2(\varphi_i + \omega t)] &= 0; \\ ml \sum_{i=1}^n r_c[k_c \cos(\varphi_i + \omega t) + \cos 2(\varphi_i + \omega t)] &= 0; \\ ml \sum_{i=1}^n r_c[k_c \sin(\varphi_i + \omega t) + \sin 2(\varphi_i + \omega t)] &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

где: $l_1 = l_2 = \dots = l$,
 $m_1 = m_2 = \dots = m$.

Продифференцировав выражения (4) по углу поворота кривошипа и умножив обе части их на массу центра масс механизма, получим:

$$\begin{aligned} m \sum_{i=1}^n r_c[k_c \sin(\varphi_i + \omega t) + \sin 2(\varphi_i + \omega t)] &= nm \frac{dx_s}{d(\varphi_i + \omega t)}; \\ m \sum_{i=1}^n r_c[k_c \cos(\varphi_i + \omega t) + \cos 2(\varphi_i + \omega t)] &= nm \frac{dy_s}{d(\varphi_i + \omega t)}; \end{aligned}$$

Сопоставив первые два уравнения условия (8) с полученными выражениями заметив, что их левые стороны соответственно равны. Следовательно, с учетом, что $nm \neq 0$ можно записать:

$$\begin{aligned} \frac{dx_s}{d(\varphi_i + \omega t)} &= 0; \\ \frac{dy_s}{d(\varphi_i + \omega t)} &= 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Равенства (9) выполняется при условии

$$x_s = const; \tag{10}$$

$$y_s = const.$$

Выражения (9) и (10) приводят к известному положению [9] о том, что для статического уравнивания любых подвижных систем, центр масс всех звеньев этой системы должен иметь постоянное место, в частности, должен располагаться в центре вращения. Это условие и доказано полученными выражениями (9) и (10), так как неподвижной точкой данной системы является центр ее вращения.

Рассмотрим теперь последние два уравнения условия уравнивания барабана (8). Нетрудно заметить, что множители, стоящие под знаками суммы этих уравнений, представляют собой первые производные от координат x_i и y_i точек C_i по аргументу $(\varphi_i + \omega t)$, т.е.

$$r_c[k_c \cos(\varphi_i + \omega t) + \cos 2(\varphi_i + \omega t)] = \frac{dy_i}{d(\varphi_i + \omega t)};$$

$$r_c[k_c \sin(\varphi_i + \omega t) + \sin 2(\varphi_i + \omega t)] = \frac{dx_i}{d(\varphi_i + \omega t)}.$$

Следовательно, последние два уравнения условия (8) можно записать в другом виде:

$$ml \sum_{i=1}^n \frac{dy_i}{d(\varphi_i + \omega t)} = 0;$$

$$ml \sum_{i=1}^n \frac{dx_i}{d(\varphi_i + \omega t)} = 0.$$

Однако нам известно, что

$$ml_{yi} = J_{yzi};$$

$$ml_{xi} = J_{xzi}.$$

где, J_{yzi}, J_{xzi} – представляют собой центробежные моменты инерции точек C_i относительно оси вращения, а также плоскости, перпендикулярной к ней и проходящей через одну из опор. При этом, предыдущие выражения можем переписать:

$$\frac{dJ_{yz}}{d(\varphi_i + \omega t)} = 0; \tag{11}$$

$$\frac{dJ_{xz}}{d(\varphi_i + \omega t)} = 0.$$

Эти равенства выполняется при условии:

$$J_{yz} = const; \tag{12}$$

$$J_{xz} = const.$$

Выражения (11) и (12) также приводят к известному определению [9] о том, что динамическая уравнивание любой подвижной системы достигается при условии, когда центробежные моменты инерции относительно плоскостей $X_i O_0 Z$ и $Y_i O_0 Z$ равняются нулю или постоянны. Следовательно, рассматриваемая система уравнивается и динамически.

Таким образом, доказано, что бичи и кривошипные барабана являются системой полностью уравниваемой. При этом нельзя путать уравнивание отдельных пар кривошипов и бичей относительно своих осей вращения, с уравниванием всей системы относительно центральной оси вращения барабана, которую мы и имеем в виду.

Чтобы убедиться в достоверности полученных результатов, решим задачу другим способом.

Разложив выражения (4), определяющие координаты центра масс, системы, после ряда преобразований получим:

$$\begin{aligned} x_s &= \frac{1}{n} (r_c k_c \cos \omega t \sum_{i=1}^n \cos \varphi_i - r_c k_c \sin \omega t \sum_{i=1}^n \sin \varphi_i + \\ &+ r_c \cos 2\omega t \sum_{i=1}^n \cos 2\varphi_i - r_c \sin 2\omega t \sum_{i=1}^n \sin 2\varphi_i); \\ y_s &= \frac{1}{n} (r_c k_c \cos \omega t \sum_{i=1}^n \sin \varphi_i + r_c k_c \sin \omega t \sum_{i=1}^n \cos \varphi_i + \\ &+ r_c \cos \omega t \sum_{i=1}^n \sin 2\varphi_i + r_c \sin 2\omega t \sum_{i=1}^n \cos 2\varphi_i). \end{aligned} \tag{14}$$

Определим из этих выражений значения сумм

$$\sum_{i=1}^n \cos \varphi_i, \sum_{i=1}^n \sin \varphi_i, \sum_{i=1}^n \cos 2\varphi_i \text{ и } \sum_{i=1}^n \sin 2\varphi_i.$$

Углы φ_i – в этих выражениях в начальный момент времени имеют следующие величины, рис. 2.

$$\begin{aligned} \varphi_1 = 0, \quad \varphi_4 = \left(\pi + \frac{\pi}{4}\right), \quad \varphi_7 = \left(\pi + \frac{\pi}{2}\right), \\ \varphi_2 = \frac{\pi}{4}, \quad \varphi_5 = \pi, \quad \varphi_8 = \left(2\pi - \frac{\pi}{4}\right), \\ \varphi_3 = \frac{\pi}{2}, \quad \varphi_6 = \left(\pi + \frac{\pi}{4}\right). \end{aligned}$$

После подстановки значений φ_i в предыдущие выражения, получим:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \cos\varphi_i = 0, \quad \sum_{i=1}^n \cos 2\varphi_i = 0, \\ \sum_{i=1}^n \sin\varphi_i = 0, \quad \sum_{i=1}^n \sin 2\varphi_i = 0. \end{aligned} \tag{15}$$

Следовательно,

$$x_s = 0, \quad y_s = 0.$$

Эти равенства показывают, что центр масс данной системы лежит на оси вращения, значит, механизм статически уравновешен.

Этим же путем можно доказать и динамическую уравновешенность исследуемого механизма.

Методика экспериментальных исследований по проверке уравновешенности барабана

Для проверки результатов теоретических выводов об уравновешенности барабана, был проведен ряд экспериментов. Для этого молотильный барабан устанавливался на тензоопоры (левая и правая), специально изготовленные для этой цели. При этом предполагалось, что неуравновешенность, если она существует, будет оказывать влияние на давление в опорах с изменением угла поворота барабана [10].

Тензоопоры представляют собой шпильку, которые принимают на себя часть давления, оказываемого барабаном на раму, рис. 3. На плоскую часть шпильки наклеены активные датчики. От тензодатчиков сигналы поступают на электронный усилитель и осциллограф, где регистрируется на светочувствительную бумагу. Сигналы от тензоопор через усилитель передаются на осциллограф.

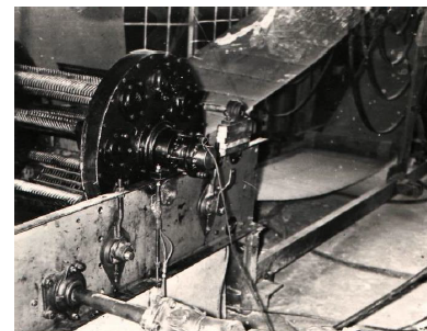


Рисунок 3 – Кардиодальный молотильный аппарат и привод барабана

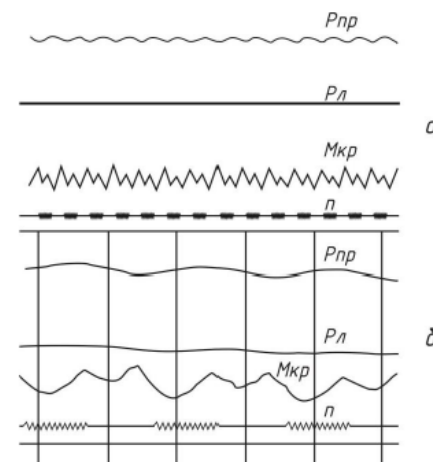


Рисунок 4 – Характерные участки осциллограмм при скорости: а – 40 мм/с, б – 160 мм/с; $P_{пр}$, $P_{л}$ – давления на правой и левой опорах; $M_{кр}$ – крутящий момент; n – частота вращения барабана

Давления на опорах записывали при следующих частотах вращения барабана: 300, 350, 400, 500, 600 и 700 об/мин при скорости вращения барабана: 300 об/мин.

Результаты экспериментальных исследований

В этих опытах нас не интересовали величины давлений на опорах, мы изучали в основном характер изменения этих давлений с изменением угла поворота барабана.

На рис. 4 представлены характерные отрезки из осциллограмм, полученные в результате этих опытов.

Если механизм уравновешен, то давления на опорах с изменением угла поворота вала должны оставаться постоянными. Как видно из рис. 4 в настоящем случае изменение давления на правой опоре носит синусоидальный характер, а на левой – прямолинейный (если учесть неточности изготовления, перекося в зацеплениях зубьев и др.). Прямолинейный характер изменения давления на левой опоре говорит о том, что здесь давление не изменяется с изменением угла поворота барабана. Синусоида, полученная на правой опоре, свидетельствует о непостоянстве давления. Однако при более глубоком изучении осциллограмм нетрудно заметить, что период изменения синусоиды совпадает с периодом изменения оборотов барабана.

В исследовании мы исходили из того, что источником неуравновешенности барабана могут служить бичи и кривошип. Если это так, т.е. бичи и кривошип являются причиной возникновения синусоиды, то период ее должен равняться 1/8 периода оборота барабана (т.к. барабан имеет 8 пар кривошипов и бичей). Однако в данном случае этого не наблюдается, следовательно, к возникновению синусоиды кривошипы и бичи не причастны.

Последующее, глубокое обследование барабана и его привода показало, что причиной синусоидального характера изменения давления на правой опоре является приводной шкив. Дело в том, что для привода барабана использованы двухдисковые шкивы – вариаторы привода барабана зерноуборочного комбайна, и непараллельность дисков, возникающая при установке и регулировке шкивов, явилась причиной возникновения дополнительных нагрузок и давления на опоре.

ВЫВОДЫ

Подытоживая изложенное в этом исследовании можно заключить:

1 Давления на опорах с изменением угла поворота барабана не изменяются, следовательно исследуемый барабан является системой уравновешенной, что подтверждает правильность теоретических выводов.

2 Необходимо тщательное изучение существующей схемы привода барабана с тем, чтобы устранить возможность возникновения на опорах дополнительных нагрузок и давления из-за неустойчивости привода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пугачев, А. Н. Определение степени перебивания хлебной массы при обмолоте // Механизация и электрификация с.-х. – № 7. – 1972.

2 Пугачев, А. Н. К снижению потерь зерна при созревании и уборке хлебов в условиях Центральные районы Нечерноземной зоны РСФСР // Интенсификация процессов уборки зерновых культур / Сб. научн. тр. – М. : ВИМ, 1987. – Т. 113. – С. 148–153.

3 Федорова, О. А. Снижение повреждаемости зерна при уборке зерновых культур за счет предварительного обмолота хлебной массы: автореф. кандидат технических наук : 01.03.03. – Волгоград : ВГСА, 2003. – С. 19.

4 Сухопаров, А. И. Сравнительные исследования работы двухбарабанных зерноуборочных комбайнов в условиях повышенного увлажнения // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства – Сб. науч. тр. – СПб. : ГНУ СЗНИИМЭСХ, 2006. – Вып 78. – С. 129–133.

5 Липовский, М. И., Перекопский, А. Н., Сухопаров, А. И. Молотильный аппарат для уборки зерна восковой спелости // Сельскохозяйственные вести – 2004 – № 4 – С. 5.

6 Жалнин, Э. В. Стратегия перспективного развития механизации уборки зерновых культур // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2004, № 9. – С. 3–16.

7 Есхожин, Д. З., Бок, Н. Б. Устройство для обмолота хлебной массы. Авторское свидетельство СССР на изобретение № 3709201 1972.

8 Есхожин, Д. З. Технологические схемы молотильного аппарата с активными бичами. Труды Целиноградского сельскохозяйственного института, т.8, вып. 8. – Целиноград, 1971.

9 Дронг, В. И. и др. Курс теоретической механики. Под ред. Колесникова К. С. М.МГТУ, 2005. – 736 с.

10 Есхожин, Д. З., Таирян, Ш. С. Экспериментальное исследование молотильного аппарата с переменной скоростью бича. Информационный листок Армянского ин-та науч. – тех. информации. – Ереван, 1973.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Д. З. Есхожин¹, Е. С. Ахметов², К. Д. Есхожин³

Ұрыштың айнымалы жылдамдықпен қозғалысында бастығыш барабан динамикасының кейбір сұрақтары

^{1,2,3}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

D. Z. Eskhozhin¹, E. S. Akhmetov², K. D. Eskhozhin³**Some questions of the dynamics of the threshing drum with variable speed**^{1,2,3}S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақалада тұқымдарды жинау кезінде механикалық зақымданудың айтарлықтай көлемі – 40 пайызға дейін немесе одан да көп ұсақтау және микрозақымдану пайда болады. Олар астықты азық-түлік пен пісіру қасиеттерін азайтады, оларды сақтауға және ауруларға төзімділіктері нашарлайды және тұқымдардың өсуін азайтады. Ұсақтау кезіндегі тұқымдарды механикалық зақымдануды азайту үшін құрылған, аппараттың айнымалы жылдамдығымен бастырығыш барабанның кейбір динамикалық параметрлерін теориялық және эксперименттік зерттеу нәтижелері келтірілген.

After threshing the seeds get a significant amount of mechanical damage – crushing and micro damages that reached 40 percent or more. They reduce the commodity and baking qualities of grain, worsen their resistance to storage and diseases, and reduce the germination of seeds. The results of theoretical and experimental studies of some dynamic parameters of a threshing drum with a variable speed of a scourge, which was created to reduce mechanical damage to seeds during threshing, are presented.

ГРНТИ 73.43.17

А. М. Жандарбекова¹, А. Х. Машекенова², С. Қ. Хамза³¹к.т.н., Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;²к.т.н., доцент, Факультет инженерии, Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, 070004, Республика Казахстан;³Департамент управления дорожным движением, ТОО «Астана-LRT», г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстанe.mail: ¹Azhandarbekova@bk.ru; ²assiya173@mail.ru; ³khamzaserik@gmail.com**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЖИМА РАБОТЫ СВЕТОФОРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

В данной работе рассмотрена возможность изучения влияния режима работы объектов светофорного регулирования на пропускную способность улично-дорожной сети и в целом улучшение ситуации дорожного движения. Приведены результаты анализа эффективности режима работы светофорного регулирования на примере объекта «пересечение улиц Косымыгулулы и Алматинская» города Нур-Султан. Дано обоснование по изменению схемы пофазного разезда и графика работы светофорной сигнализации. Обозначены методы определения показателей эффективности работы светофорного объекта – задержки движения. Сделан вывод о том, что обеспечение соответствия режимов работы светофорной сигнализации реальным условиям движения дает возможность решения проблемы заторов транспорта и тем самым положительно сказывается на безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: Объект светофорного регулирования, транспортный поток, безопасность дорожного движения, задержки движения, пропускная способность, улично-дорожная сеть.

ВВЕДЕНИЕ

Увеличивающаяся концентрация автомобильного транспорта в городе Нур-Султан за последние годы создает проблему заторов движения, что отрицательно сказывается и на состоянии безопасности дорожного движения. Пропускная способность пересечения в городских условиях на прямую влияет на пропускную способность улично-дорожной сети (УДС), особенно на дорогах с высоким уровнем интенсивности движения [1]. При этом на

магистральях регулируемого движения пропускная способность перекрестка зависит от оптимизации настроек режимов светофорного регулирования, определяемых соотношением интенсивностей пересекающихся потоков, долями поворотных потоков и интенсивностью пешеходного движения [2].

Следует отметить, что в последние годы в столице наблюдается не соответствие режимов работы светофорной сигнализации реальным условиям движения, которые являются основными причинами возникновения заторовых ситуации на УДС. В связи с этим исследования, направленные на актуализацию режимов работы объектов светофорного регулирования, являются одним из путей решения проблемы повышения пропускной способности УДС и безопасности дорожного движения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В рамках реализации программы «Координация движения автотранспорта и совершенствование организации дорожного движения в г. Астане» были проведены исследования по актуализации работы объектов светофорного регулирования в г. Нур-Султан.

Одним из объектов исследования являлось пересечение улиц Косшыгулулы и Алматинская (рисунок 1).



Рисунок 1 – Спутниковый снимок перекрестка ул. Косшыгулулы – ул. Алматинская (источник: yandex.kz/maps)

Следует отметить, что по данным натурных наблюдений было выявлено, что существующая схема пофазного разъезда и режим работы

на рассматриваемом светофорном объекте с учетом текущего трафика движения не обеспечивает пропуск конфликтующих между собой встречного и левоповоротных потоков. Поэтому вместо двухфазного режима был предложен четырехфазный режим с длительностью цикла регулирования 94 с. (рисунок 2, 3). При этом пересекающиеся и поворачивающиеся транспортные потоки направлены таким образом, что обеспечивают максимальную безопасность и производительность пересечения.

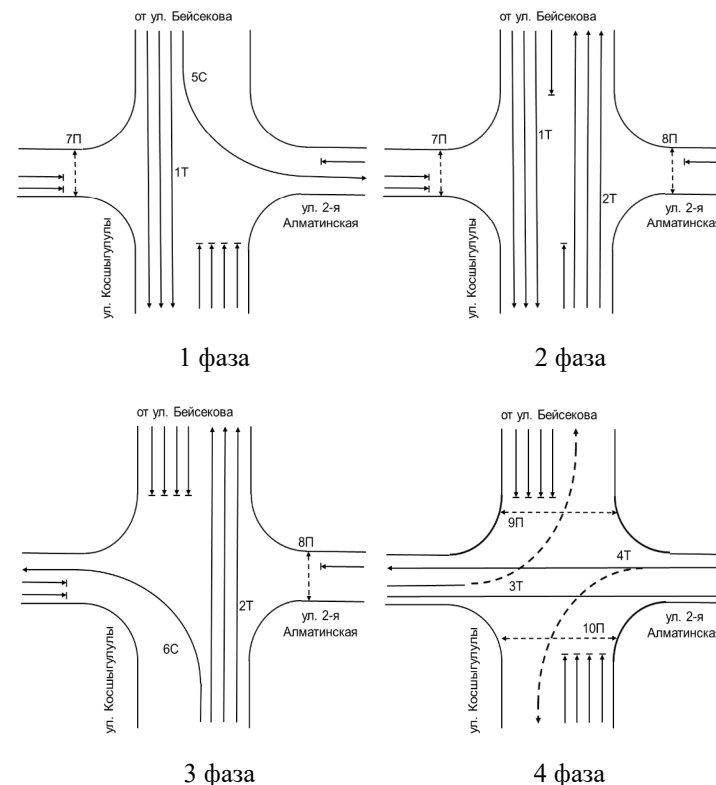


Рисунок 2 – Схема пофазного разъезда на пересечении улиц Косшыгулулы и Алматинская

Цикл Фаза	Время цикла = 94 сек																
	1				2				3				4				
Такт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Период	12	3	1	2	25	3	3	12	3	2	1	1	19	3	2	1	1
1Т	З	З	З	З	З	ЗМ	Ж	К	К	К	К	К	К	К	К	КЖ	КЖ
2Т	К	К	К	КЖ	З	З	З	З	ЗМ	Ж	Ж	К	К	К	К	К	К
3Т	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	КЖ	КЖ	З	ЗМ	Ж	Ж	К
4Т	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	КЖ	КЖ	З	ЗМ	Ж	Ж	К
5С	З	ЗМ	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К
6С	К	К	К	К	К	К	К	З	ЗМ	К	К	К	К	К	К	К	К
7П	З	З	З	З	З	ЗМ	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К
8П	К	К	К	К	З	З	З	З	ЗМ	К	К	К	К	К	К	К	К
9П	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	З	ЗМ	К	К	К
10П	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	З	ЗМ	К	К	К

Рисунок 3 – Режим работы светофорной сигнализации

Как известно, важнейшим показателем оптимальности режима регулирования и схемы организации движения на перекрестках является транспортная задержка [3, 4]. Указанная величина может быть определена экспериментально или расчетным путем.

В данном исследовании показатель эффективности работы светофорного объекта – задержка транспортных средств определена расчетным путем. Таким образом, средняя задержка в каждой фазе согласно [3] рассчитана по следующей формуле:

$$t = 0,9 \left[\frac{T_u \cdot (1 - \lambda_i)^2}{2 \cdot (1 - \lambda_i \cdot x_i)} + \frac{x_i^2}{2 \cdot N_i \cdot (1 - x_i)} \right], \quad (1)$$

где λ_i – отношение эффективной длительности фазы в данном направлении к длительности цикла регулирования

$$\lambda_i = \frac{t_{oi}}{T_u}; \quad (2)$$

T_u – длительность цикла регулирования, с;

t_{oi} – длительность основных тактов (разрешающего сигнала), с;

x_i – степень насыщения (загрузки) перекрестка в данном направлении

$$x_i = \frac{N_i \cdot T_u}{t_{oi} \cdot M_{ni}}. \quad (3)$$

N_i – интенсивность движения в данном направлении, ед/с;

M_{ni} – поток насыщения в рассматриваемом направлении, ед/с.

При этом были приняты следующие численные значения величин λ_i, x_i входящих в формулу 1 (таблица 2).

Таблица 1 – Полученные численные значения величин λ_i, x_i

λ_i	Значение	x_i	Значение
$\lambda_{1,2}$	0,49	x_1	0,58
$\lambda_{3,4}$	0,23	x_2	0,52
λ_5	0,16	x_3	0,6
λ_6	0,16	x_4	0,045
		x_5	0,86
		x_6	0,87

Результаты анализа эффективности работы светофорного объекта на пересечении улиц Косшыгулулы и Алматинская показывают, что средняя задержка транспортных средств значительно увеличилась (рисунок 4). На ряду с этим, такой путь решения имеет дополнительные преимущества, которые позволили решить проблему устранения конфликтующих потоков (бесконфликтного пропуска левоповоротного потока со стороны ул. Бейсекова).

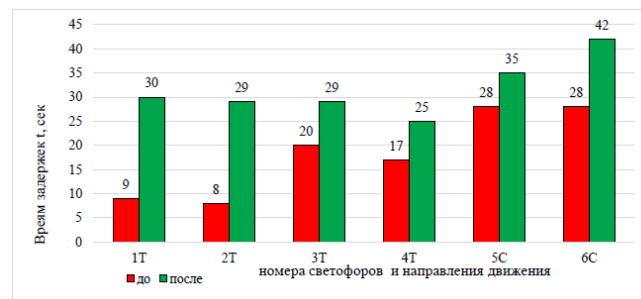


Рисунок 4 – Результаты расчета задержек движения по направлениям на пересечении улиц Косшыгулулы и Алматинская

Актуализация режима работы светофорного объекта на пересечении улиц Косшыгулулы и Алматинская позволила увеличить пропускную способность перекрестка при левых поворотах, снизить вероятность возникновения ДТП (исключает наезды на пешеходов при завершении поворота налево) и числа возможных конфликтных ситуации до 70 % и тем самым существенно повысить безопасность дорожного движения.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в данной работе рассмотрена возможность изучения влияния режима работы объектов светофорного регулирования на пропускную способность УДС и в целом улучшение ситуации дорожного движения.

В результате исследования установлено, что обеспечение соответствия режимов работы светофорной сигнализации реальным условиям движения дает возможность решения проблемы заторов и тем самым положительно сказывается на безопасности дорожного движения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Никитин, Н., Пацкан, В., Савина, Ю.** Методика и результаты анализа эффективности системы светофорного регулирования на кольцевом пересечении/ Организация и безопасность движения в крупных городах : Сборник трудов участников междунар. научн.-практ. конф. 2016. – СПб., 474–482 с.

2 **Писцов, А. В., Петров, А. И.** Анализ стартовых задержек на регулируемых пересечениях улично-дорожной сети // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2 (часть 2). <https://www.science-education.ru>

3 Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах // Федеральное дорожное агентство. (Росавтодор). – М., 2015.

4 **Кременец, Ю. А., Печерский, М. П., Афанасьев, М. Б.** Технические средства организации дорожного движения : Учебник для вузов. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

А. М. Жандарбекова¹, А. Х. Машекенова², С. Қ. Хамза³

Жұмыс режимінің тиімділігін талдау бағдаршам объектілерін

¹С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы;

²инженерия факультеті,

Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті,
Өскемен қ., 070004, Қазақстан Республикасы;

³Жол қозғалысын басқару департаменті, «Астана LRT» ЖШС,
Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

А. М. Zhandarbekova¹, А. Kh. Mashekenova², S. K. Hamza³

Analysis of the effectiveness of traffic lights operation

¹S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan;

²Faculty of Engineering,

D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University,
Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan;

³Transport Control Service of Astana, «Astana LRT» LLP,
Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Берілген жұмыста бағдаршаммен реттеу нысандарының жұмыс режимінің қоше-жол желісінің өткізу қабілетіне және жол қозғалысы жағдайының жақсаруына әсерін зерттеу мүмкіндігі қарастырылады. «Қосшығұлұлы және Алматы көшелерінің қиыласы» нысаны мысалында бағдаршаммен реттеу жұмыс режимінің тиімділігін талдаудың нәтижелері келтірілген. Фазалық айырылым сұлбасын және бағдаршам дабылдамасының графигін өзгерту бойынша негіздеме жасалған. Бағдаршам нысаны жұмысының тиімділігі көрсеткіштерін – қозғалыс кідірістерін анықтаудың әдістері көрсетілген. Бағдаршам дабылдамасының жұмыс режимін нақты қозғалыс жағдайына сәйкестігін қамтамасыз ету көлік кептелістерінің проблемасын шешуге мүмкіндік беретіні, сонымен жол қозғалыс қауіпсіздігіне жағымды әсерін тигізетіндігі туралы қорытынды жасалған.

This paper considers the possibility of studying the influence of traffic lights operation mode on the traffic capacity of road network and in general, improvement of traffic situation. Results of the traffic light efficiency regulation analysis are given on the example of the object «Intersection of Koshygululy and Almaty streets» of the Nur-Sultan city. Given the rationale for changing the scheme of per-phase driving and the schedule of traffic light signaling. Methods of determining the indicators of efficient performance of traffic lights – traffic delays are marked. It was concluded that ensuring conformity of traffic light signaling modes with real traffic conditions makes it possible to solve the problem of traffic congestion and thus has a positive effect on road safety.

G. I. Zholdangarova¹, N. B. Baikenova², A. E. Anarbayev³

¹S7 Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

²senior lecturer, Department of Electrical Engineering and Automation, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³senior lecturer, Department of Electrical Engineering and Automation, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

e-mail: ³alibek_anarbaev@mail.ru

FOREIGN EXPERIENCE IN MANAGING FINANCIAL SUSTAINABILITY OF ENTERPRISES IN DEVELOPED COUNTRIES

The development of the technique of analyzing the financial state of an enterprise is promoted by: an extensive scientific and methodological basis of the works of scientists and specialists from foreign and neighboring countries: Z. S. Blaga, E. Helfert, J. Richard, L. A. Bernstein, G. V. Savitskaya, V. V. Kovalev, O. V. Efimova, A. D. Sheremeti, others; extensive experience in practical research; a wide range of special software, from simple analytical programs to integrated management accounting systems.

Keywords: financial and economic state, method of analysis, financial condition, financial reporting, methodological approach, approach to the analysis, leading directions.

INTRODUCTION

In order to create a common methodological approach to the analysis of the financial condition of enterprises in the Republic of Kazakhstan, the Law «On Accounting and Financial Reporting» is in force. Law of the Republic of Kazakhstan (with amendments and additions as of December 26, 2012)». The law regulates the system of accounting and financial reporting in the Republic of Kazakhstan, which establishes the principles, basic quality characteristics and rules of accounting and financial reporting.

As one of the leading directions in the development of the financial policy of an enterprise, a method of analyzing the financial and economic condition

of the enterprise is proposed. The composition of researchers in this field is constantly growing. A. Sinyagin, N. V. Balikhina, A. F. Ivanenko, M. V. Yurevich, N. N. Belousova, Yu. A. Mikhailov et al. Previously published techniques are reissued and supplemented by A. D. Sheremet, E. V. Negashev, O. V. Efimova and others. All this testifies to the wide demand for this scientific literature.

MAIN PART

In a market economy, «financial condition» becomes not just a phrase, it determines the reliability of potential partners, the ability to pay off your current debts at any time, not to go bankrupt in the pursuit of profit, etc.

On the other hand, Kazakhstani economists are focused on the needs of analysis subjects. In the scientific and economic literature, recommendations are given on how to analyze the financial condition of an enterprise.

What method is preferable when assessing the financial condition in one or another case becomes a problem of choice, because of their diversity. To resolve this issue, it is worthwhile to classify the indicators and standards that characterize the financial condition by the authors and major groups.

«Methodological provisions for establishing unsatisfactory balance structure and assessing the financial condition of enterprises» are focused solely on assessing and forecasting bankruptcy of an enterprise. The analysis was carried out on the basis of liquidity indicators, i.e., a one-sided assessment of the financial condition was carried out.

In order to conduct the most complete analysis of the financial condition of the company when drawing up conclusions, performing expertise, monitoring financial condition, it is recommended to use the «Guidelines for analyzing the financial condition of organizations.» In accordance with the recommended methodology, a set of indicators is used, which are determined on the basis of data from financial reporting forms with the participation of additional data from source documents and accounting registers.

This methodology is focused on the use of public authorities that have direct access to the internal reporting of the enterprise. It allows you to calculate indicators that describe in detail the solvency, efficiency of use of capital of the enterprise and financial stability.

Analysis of the financial and economic state is one of the most important areas in the development of the financial policy of the enterprise. The method of analysis proposed in the «Methodological Guidelines for the Development of Financial Policy» is focused on the practical use of directors, chief accountants of enterprises, and heads of financial and economic services engaged in commercial activities in the production of products (services, works). The authors of this document do not stop in detail on methodological issues, making reference to the

economic literature. This methodology is focused on the assessment by investors of the financial condition of a potential economic entity for investing funds.

Thus, in their orientation, the official methodologies satisfy the requests of a significant number of users.

Outlined in the works of V. V. Kovaleva, E. V. Negasheva, A. D. Sheremeta, G. V. Savitskaya, O. V. Efimova, N. N. Selezneva, L. T. Gilyarovskaya and others, methods of analyzing the financial condition of the company, are intended for internal users of financial statements. Employees of accounting services of enterprises, financial directors, managers, auditors can carry out a full analysis of the financial condition of enterprises according to various selected methods. Although the selection of methods should take into account that, as practice shows, the results may be inconsistent.

Subjects conducting an analysis of the financial condition of an enterprise on the basis of published reporting forms may use any of the author's methods as a tool. Separate variants of the considered techniques are the assessment of bankruptcy (insolvency), investment activity of the enterprise, credit status. Among the issues of concern is the need to study the whole methodology and select those indicators that can be used to assess the financial condition of a company from the source data of external reporting. This is time-consuming, as it is enough to summarize the assessment of the financial condition of the company (for example, analysis of the financial condition of a potential supplier of materials, raw materials, services).

During the study, the following conclusions were made:

- there is no set of indicators for generalizing (which allows rapid assessment) and private (allows detailed assessment of the financial condition);
- there is no generally accepted system of indicators of financial condition;
- there are three approaches to the analysis of solvency: the first is based on indicators of financial stability, the second is a solvency analysis based on liquidity indicators, in the third case solvency is not analyzed at all. At the same time, some authors recommend calculating indicators, including financial stability and liquidity indicators, to assess solvency;
- in the majority of methods, there is no clear distinction between liquidity and solvency analysis;
- there is a difference in the number of indicators proposed for assessing the main directions of financial condition in various methodologies, i.e. often, when analyzing, it is necessary to have a qualitative content of indicators, their ability to reveal the level and dynamics of financial condition, and not the number of calculated coefficients;
- Comparison of indicators of financial condition, as a rule, is proposed in dynamics, standards are presented for a limited number of indicators without taking

into account individual and industry-specific features of an enterprise, formulas for calculating standards are single.

The considered methods of financial analysis give the opportunity to have an idea about the features of analytical work. Following the concepts of the technique – «this is a set of special techniques and methods of research» [34] – we found that, in general, the set of basic techniques used in studying the financial condition of an enterprise is the same for various authors. And as for the set of specific techniques used to implement general techniques, i.e. In particular, the techniques have some differences.

Horizontal and vertical analyzes of statements provide an opportunity to get a more general idea of the qualitative changes that took place in the structure of funds and their sources, as well as the dynamics of these changes. Such techniques are used in almost all methods. Differences are revealed in the number of tables used for the analysis, the degree of detail of the reporting items and the order of use of these techniques in the methods of analyzing the financial condition of enterprises. Author V. V. Kovalev, in particular, offers horizontal and vertical compacted netto-balance analysis to be carried out only when detailed financial analysis is necessary.

In the proposed E. V. Negasheva, A. D. Sheremet [3] and N. A. Nikiforova, L. V. Dontsova [7] and other methods, structural analysis is a necessary element for familiarization with the overall picture of financial condition. It is from him start the analysis. Liabilities and assets are gradually detailed down to the elements of the articles that make up the property groups and the sources of its formation, the results reduce the tables, which include both vertical and horizontal analysis.

«Vertical analysis demonstrates the structure of enterprise assets and their sources» [1]. It is carried out in order to identify the proportion of individual items of reporting in general, the final indicator and the subsequent comparison of the result with the data of the previous period, which allows forecasting and tracking structural shifts in the composition of economic assets and sources of their coverage. Author V. V. Kovalev points to two main features that determine the expediency and necessity of conducting a vertical analysis: smoothing the negative impact of inflation processes and the possibility of inter-farm comparisons.

Vertical analysis are subject to:

- modified reporting (with a transformed [3] or enlarged [1] nomenclature of articles);
- initial reporting [7].

Horizontal analysis makes it possible to find trends in individual articles or their groups that are included in the financial statements. This analysis consists in comparing the performance of previous periods with the reporting figures.

Two methods of horizontal analysis became most applicable:

– analysis of changes in reporting items in comparison with changes in other articles;

– simple comparison of articles reporting and analysis of their drastic changes.

At the same time, it is advised [35] to pay particular attention to cases where a change in the value of one indicator by its economic nature does not correspond to a change in the value of another indicator.

Vertical and horizontal analyzes complement each other.

Often, therefore, in practice they build analytical tables that characterize both the structure of the accounting reporting form and the dynamics of its individual indicators (A. D. Sheremet, E. V. Negashev, and others). These two types of analysis are especially valuable for inter-farm comparisons, since they make it possible to compare the reports of enterprises completely different in terms of production volumes and type of activity.

Trend analysis is significantly less used [36, 37]. It is used when it is necessary to track the development trend by indicators, to fulfill the forecast for the future.

A trend analysis compares each position of reporting with a number of previous periods and determines the trend, i.e. the main trend of the indicator, free from the individual characteristics and random influences of individual periods. This analysis is based on the calculation of the relative deviations of the reporting indicators for a number of years from the level of the base year.

Horizontal analysis, vertical and trend are called «types of comparative analysis» [4].

Professionals involved in financial analysis combines a common approach, which is based on the use of the method of analytical coefficients. It comes down to the calculation of indicators and ratios, according to the reporting data, the number of which is typed in average from 50 to 200 pieces.

In the current period, there has been a tendency to create a system of coefficients and indices defining all aspects of the enterprise's activities, which has led to an increase in the number of calculated indicators several times.

A number of other authors [35] mainly consider the ability to professionally evaluate the results of calculations. At the same time, they try to minimize the number of indicators (9–14 criteria). In our opinion, one should adhere to the opinion of the second group of specialists, who consider that the main thing in the analysis is not the number of indicators, but their qualitative content and ability to reveal the dynamics and level of financial condition and identify the reasons affecting its change.

Many scientific publications use different terms to describe the same formulas, and vice versa, the same terms apply to different coefficients or their constituent indicators, and also when writing formulas, different notations and abbreviations are used.

Another problem is connected with the difference of the variants of calculating the same coefficients according to the economic content proposed in the methods. For example, the autonomy ratio is generally calculated as the ratio of sources of own funds or equity to the total amount of all funds of an enterprise according to the balance sheet.

V. A. Malich proposes to calculate the indicator as «the ratio of sources of equity or equity to the total amount of all funds of the organization, i.e. to the total balance sheet» [32].

According to the method of V. V. Kovalev's denominator and numerator are adjusted for losses, the debt of the founders (participants) on contributions to the authorized capital and own shares repurchased from shareholders [1].

A. D. Sheremet, E. V. Negashev recommends more substantial amendments. In the numerator, own capital increases by the amount of future income and consumption funds, and decreases by the amount of losses repurchased from shareholders, own shares, debt of founders (participants) on contributions to authorized capital, revenues and target financing [3].

The correction of the denominator is carried out, as in the method of V. V. Kovalev.

In addition, there is an opinion that in the numerator the amount of additional capital as part of equity should be specified.

The denominator of the formula should use the indicator of net assets and accounts payable adjusted for the amount of fines, penalties for untimely calculations, inflation rate, etc. [38].

As a rule, the results of such calculations differ.

In our opinion, one should adhere to the principle of «economy» and believe that the costs (temporary and cost) for carrying out the analysis should not exceed the economic benefits obtained from the analysis. So, with a generalizing assessment of the financial condition of an enterprise by an external user, the adjustment of total and equity capital, proposed by V. V. Kovalev. At the same time, with a detailed assessment of the financial condition of the internal user of the reporting, the calculation of the independence (autonomy) indicator according to the last methodology is justified.

The analysis examines the dynamics and level of relative indicators of financial condition. In the analysis, absolute indicators calculated on the basis of statements (own circulating assets, net assets, etc.) are also important.

Some methods [5, 39, 3, 40] include factor analysis, during which it is possible to reveal the influence of individual causes (factors) on the effective indicator using stochastic or deterministic methods of research. Moreover, factor analysis can be as direct (i.e., analysis), i.e. consisting in the fragmentation of the effective indicator into its component parts, as well as the reverse (i.e., synthesis), when individual elements are combined into a common effective indicator.

The use of mathematical and statistical methods is considered only in individual methods (network graphs, matrices [11], regression and correlation analysis techniques [2], etc.).

The practice of analytical work demonstrates the need to take into account in analyzing and preparing assessments the influence of two main points: the subject's belonging to the object being analyzed and the distinctive features of the analysis in a modern, complex and diverse economic life.

Researchers point out a diverse number of subjects who need such detailed information about the financial situation in a company and its activities [3, 41, 42]. Each entity has its own point of view and has different interests from others when conducting a financial analysis, which is caused by a different financial attitude towards the company being analyzed. In order to assess the prospects of each subject and determine the direction of analysis that meets the interests of a particular subject, let us consider in more detail the differences and the specifics of their approach. An important role in this matter is assigned to the management of the enterprise, which should also evaluate the points of view of other subjects.

For shareholders, the issue of financial stability, future profits and solvency remains relevant. Dividends represent a payment of profit, which is made after the repayment of other types of debt (taxes, interest), therefore, shareholders are in the position of the last beneficiaries, who receive part of the profits of the enterprise. The cost of such shares depends directly on the future expected income (profit) from the shares, i.e. from the future cash flow and the risk to which invested capital is exposed. The analysis carried out in the interests of shareholders is based on a prospective assessment of future income from equity. Shareholders perceive the solvency of long-term debt and the liquidity of short-term liabilities in terms of their impact on the risk to which they are exposed.

Those lenders who issue short-term loans (suppliers, commercial banks, etc.) are primarily interested in the issue of liquidity, the ability of an enterprise to create money and fulfill its obligations in time. To meet the needs of this group, the analysis should provide an overview of the quality and nature of the movement of short-term liabilities and short-term assets, as well as help to examine the successive changes in cash flow (sales and inventories, repayment and arising of debt).

If the analysis of liquidity raises doubts about the ability of the enterprise to create the necessary cash, the lender focuses on the solvency of the enterprise. If an enterprise defaults on its obligations (to pay off debts), the question arises how high the degree of reliability of creditors protection is, guaranteed by the total value of assets. A lender is exposed to a certain risk of losing or partially losing their investments.

Providing short-term loans to lenders, the profitability of the enterprise is usually not the primary problem of relevance. Each bank, any supplier, however, is more willing to work with a profitable company, because cooperation with successful partners provides a guarantee of stable, strong relationships in the future. But neither the supplier nor the bank directly participate in the profits of the enterprise. The bank receives its fixed interest and payments, and the supplier receives the proceeds from trading activities. Presented by the representatives of the group in question, the main requirement is the presence of certain guarantees of receiving their money back in a relatively short time. The negative financial situation in the company affects the degree of risk faced by lenders. Therefore, in most cases, the purpose of their analysis is to assess the current financial stability and answer the question of whether the enterprise will fulfill its obligations if there is no profit.

Providing long-term loans (for example, bondholders or insurance companies and pension funds) are also interested in the issue of enterprise liquidity on short-term liabilities. That is, if they cause the enterprise to default on short-term obligations, this can lead to complications in relations with other groups of investors. In the same cases when a potential creditor has reason to expect that the debtor will have certain liquidity problems later, he probably will not want to give him a loan and invest money in the bonds of this company.

Providing long-term loans, as a rule, focus on the ability of the company to pay long-term liabilities. In order for an enterprise to pay interest and fulfill its obligations, it must remain profitable for quite a long time. Therefore, lenders who provide long-term loans are analyzing, i.e. forecast of the future financial activity of the enterprise, give an estimate of the expected income and stability of cash flows up to the term of fulfillment of long-term obligations.

Subjects such as government, public, trade unions – act with their own special interests. These include the ability to pay wages, the reliability of paying taxes, employment stability and environmental protection.

Giving recommendations to their clients about the placement of capital, consulting firms should have information on the reporting indicators of these companies.

Stock exchanges analyze the statements of enterprises for making decisions about their registration, suspension of activity on the exchange.

Audit firms give an opinion on the reliability of the reporting provided by the enterprise. Financial analysis becomes one of the most important elements of the audit. The auditor has the opportunity, using the methods of financial analysis, to identify the weakest points that require his special attention.

As noted earlier, the points of view of these groups of subjects on the performance of the enterprise are different. In most cases, they go beyond just

analyzing financial condition or only economic data and use in their assessment broader values and finer matters.

The closest to the enterprise, to its current activities, are responsible for the long-term prospects of its development managers, as owners, independently managing their company, and hired professionals. Management sees its main task in maximizing profits, and, consequently, to make the value of shares as high as possible. Therefore, in essence, the management's approach to the analysis is the same as that of the shareholders. However, shareholders simultaneously impose on management responsibility for production efficiency, sustainability and profitability of the enterprise in the long and short term; the fulfillment of obligations to creditors and the attraction of sufficient capital for the activities of the enterprise by obtaining loans and new investments (sale of shares) the efficiency of capital, labor and other resources. From this it follows that management should approach the analysis of the financial condition from the point of view of lenders who provide short-term and long-term loans, i.e. they must understand the position of the «other party».

Consequently, all economic entities, without exception, must conduct a financial analysis, at least in the form of a simple commercial calculation. The maximum effect is achieved by conducting a financial analysis at a fairly high level.

Analysis of the financial condition of the company is proposed to carry out from the perspective of both internal and external users.

Achieving the goals of internal analysis is carried out as a result of solving a certain interrelated set of analytical tasks:

- identifying the causes affecting the financial condition and its change;
- assessment of the nature and size of the influence of factors;
- an objective assessment of the achieved level of the financial condition of the company, as well as an assessment of the change in this level in comparison with the previous / upcoming period, with the business plan and regulatory values;
- organization of events for making management decisions on the mobilization of reserves;
- identification of reserves to improve the financial condition of the company, increase its solvency, financial stability and efficient use of capital advanced to the property.

For external users, the main tasks of analyzing the financial condition of the enterprise are:

- identifying the causes of deviations in the level of financial status from the regulatory and the nature of changes in the financial condition of the company in dynamics;
- an objective assessment of the achieved level of the financial condition of the company, as well as an assessment of changes at this level for the period analyzed;

– preparation of recommendations and conclusions in which conditions and a possibility of mutual relations with the analyzed enterprise are estimated.

Analysis of the financial condition, depending on the specific tasks that are determined by the developed management decisions, can be carried out in one form or another. All available methods of financial analysis can be classified according to the following features:

1 Depending on the information support and the subject of analysis:

– internal, where the subjects of analysis are: the management of the enterprise, as well as various officials (economists, managers, etc.); This analysis provides a more detailed examination of the financial condition of the company, identifying weaknesses in the structure of the balance sheet and profits, identifying the causes of insufficiency in the composition of the indicators, and also presenting specific recommendations in order to optimize the indicators of published reports. Thus, to ensure the timely conduct of the internal financial analysis, which allows you to regulate the formation of the opinion of external analysts, through information that ensures the attractiveness of the company for creditors and investors;

– external, such analysis is carried out by two groups of subjects, first of all, these are directly interested subjects in the results of the enterprise's activity, and secondly, the subjects that have an indirect interest in its activities. The first group consists of the shareholders (owners) of this enterprise, investors, creditors, other enterprises, state tax institutions that are potential or real partners of this enterprise. The second group includes those individuals who have an indirect interest, but protect the interests of the first group. These are various consulting and auditing firms, government agencies, stock exchanges, members of the press, news agencies, trade unions, etc.; external analysis is carried out according to the published and statistical reporting of the enterprise.

2 For the breadth of coverage of the studied problems:

– comprehensive financial analysis – carried out to obtain a comprehensive assessment of the financial condition of the company on the basis of forms of external financial statements, as well as transcripts of reporting items, analytical accounting data, independent audit results, etc.;

– express analysis – is carried out to obtain a general idea of the financial position of the enterprise on the basis of forms of external financial statements; It is based on the «selection of a small number of the most comparatively simple in calculation and essential indicators with constant monitoring of their dynamics» [74–1];

– oriented analysis of the financial condition – is carried out to solve the priority financial problems of the enterprise. For example, optimization of receivables on the basis of both the main forms of external financial statements and transcripts of only those reporting items that are associated with this problem;

– analysis of the financial condition, as part of a general review of the economic activity of the enterprise. This analysis is designed to obtain a comprehensive assessment of all aspects of the enterprise – finance, production, marketing and sales of supply, personnel, management, etc.

3 By frequency of:

– episodic analysis – is carried out to solve certain tasks, as a means for making certain management decisions;

– regular analysis – is carried out for the formulation of effective financial management of the enterprise on the basis of submission, on a specific date, monthly or quarterly, in a certain way of the processed results of a comprehensive analysis of financial condition.

4 Depending on the direction of the study object:

– plan-actual analysis – is carried out to identify and assess the causes of deviations of the planned indicators from the reporting;

– retrospective analysis – conducted to analyze the current problems and trends in the financial condition of the company;

– regulatory analysis – is carried out to determine whether the level of indicators at the enterprise to the normative values;

– perspective analysis – is carried out for the examination of financial plans, their reliability and validity from the standpoint of the existing potential and the current state.

5 Depending on the results of the analysis:

– active analysis with the identification of the reasons that created this situation, development horizons, the identification of reserves and practical recommendations;

– passive analysis, as a simple statement (disclosure, explanation) of the status quo.

6 Depending on the author of the method of financial analysis:

– author's technique – proposed by a group of authors, or a separate author;

– official methodology – developed and proposed by the relevant official bodies.

According to G. V. Savitskaya [124–18], for each type of analysis, its own method corresponds. We are of the opinion that the algorithm of traditional financial analysis should include the following procedures (steps):

1 Collecting the required information (the volume depends on the type of analysis of the financial condition and tasks).

2 Assessment of the level of reliability of information (using the results of an independent audit).

3 Information processing (compilation of aggregated reporting forms and analytical tables).

4 Using the components of the traditional methodology, conducting financial analysis procedures (horizontal analysis, vertical analysis, trend analysis, calculation of financial ratios, comparative analysis, etc.).

5 Formation of a conclusion on the financial condition of the enterprise based on the interpretation of the processed data.

According to experts [43], the analysis of the financial condition of enterprises requires consideration of the specific properties of the analysis in modern complex economic life. So, there is an opinion [43] that most often the results of the analysis of the financial condition of Kazakhstan enterprises are based on not sufficiently reliable information, while it can be distorted, for both objective and subjective reasons.

On the one hand, the rule of a «skilled» Kazakhstan manager is to conceal or underestimate any profits (incomes) obtained by any tricks. In fact, to assess the reliability of the initial information and, as a result, to obtain real results of the analysis of the financial condition, our legislation proposes a preliminary independent audit to detect unintended and deliberate errors. However, as practice shows, the presence of an audit does not create difficulties for owners to distort their accounts. Therefore, obtaining reliable information in this case is possible only when conducting a special study by services financed independently from the enterprise.

Another feature is that the desire for a detailed analysis of the financial condition has led to the development, calculation and superficial use of a clearly excessive amount of financial ratios, especially since most of them are in a functional relationship between themselves (for example, the autonomy ratio and the debt ratio).

Many researchers note [44] another feature of financial analysis. In accordance with domestic methods, the coefficients grouped in tables are the most common result of financial analysis, and allow you to explore the state of the enterprise from different perspectives, but the development of unambiguous conclusions is a laborious process. According to the results obtained by these methods, it is difficult to formulate and define a program of action. It is required to further analyze the results obtained for the parameters, many of which have not yet been determined and form the basis of the next labor-intensive stage – expert analysis. Leading to practical decisions, expert analysis carries a large share of subjectivity in the assessments, which with a high probability adversely affects the results of the study and the quality of management decisions.

In foreign practice, to narrow the expertly analyzed results of the analysis of the financial condition, indicators or aggregates are widely used. They are summed up on the basis of the selected series of indicators by multiplying each by the share in the total. The resulting aggregate is compared with standard values and a conclusion is made. The most well-known aggregated indicators are the Dow Jones stock index, the Altman Z-score, the Wilkinson formula. The

shares of intermediate indicators, as well as the standard values of the indices, are determined by experts through subsequent testing and statistical observations.

Western integral indicators, however, have a sufficiently distant form from Kazakhstan's practice. Especially it concerns the assessment of the likelihood of bankruptcy of enterprises.

Thus, the famous Z-score Altman is a five-factor model, calculated according to the bankruptcy data of 33 American companies in the 60s. There is doubt about the legality of the direct application of the indicator, calculated 30 years ago on a very limited sample, in Kazakhstan conditions of the «embryonic» development of market relations and the stock market. In particular, one of the factors of the model – the ratio of the market value of preferred and ordinary shares to liabilities – can be determined only for a limited number of Kazakhstani enterprises that have official market quotes.

Finally, they note that the initial reporting of the analyzed enterprises is distorted due to inflationary processes in the Kazakhstan economy, which mainly affect not the vertical (the main proportions remain unchanged), but the horizontal analysis.

Analysts have developed methods to eliminate the effect of inflation [1]:

1 widespread methods of revaluation of fluctuations in the levels of commodity prices:

- revaluation of accounting objects in the current value;
- evaluation of accounting objects in monetary units of the same purchasing power;
- a mixed approach (is the «golden mean» of the two above-mentioned methods);

2 on currency fluctuations (it is recommended to apply when exporting goods abroad or hyperinflation; the disadvantage of this method is that there is no completely stable currency).

All of the above about the analysis of the financial condition of Kazakhstan enterprises does not in the least diminish the importance of the analysis itself, which has been debugged and tested in countries with developed market economies. On the contrary, its value will significantly increase for external and internal users, taking into account these points, will allow the analysis of the financial condition not only to remain an integral element of financial management, but also significantly improve the validity of management decisions.

Above all, the situation will be changed by: improving the methods and approaches for assessing the market value of companies' shares; improvement of accounting rules; development and adjustment by independent rating agencies of standard values of financial ratios.

CONCLUSION

Summarizing, it should be noted that mass application of financial analysis is possible only when it is simple enough to be used in management, contains clear and clear conclusions, does not require specialized knowledge, is based on available information sources and ensures an optimal combination of costs for its implementation and results quality.

REFERENCES

- 1 **Krylov, E. I., Vlasov, V. M., Egorova, M. G.** Analysis of the financial condition of the company / SUAI. – SPb., 2002. – 182 p.
- 2 Finance of enterprises : a textbook / Ed. M.V. Romanovsky. – SPb. : «Ed. House «Business Press», 2000. – 528 p.
- 3 **Bocharov, V. V.** Financial analysis. – SPb. : Peter, 2001. – 240 p.
- 4 **Boronin, E. S.** Assessment of fixed assets in accordance with the concepts of maintaining the capital of the company // Accounting. – 2009. – № 17. – P. 62–66.

Material received on 12.08.19.

Г. И. Жолдангарова¹, Н. Б. Байкенова², А. Е. Анарбаев³

Дамыған елдердегі кәсіпорындардың қаржылық тұрақтылығын басқарудағы шетелдік тәжірибе

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{2,3}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

Г. И. Жолдангарова¹, Н. Б. Байкенова², А. Е. Анарбаев³

Зарубежный опыт управления финансовой устойчивостью предприятий в развитых странах

¹Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

^{2,3}Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Кәсіпорынның қаржылық жағдайын талдау әдістемесінің дамуына мыналар ықпал етеді: шетел және корші елдердің ғалымдары мен мамандарының кең ғылыми-әдістемелік негізі: З. С. Блага, Э. Хельферт, Дж. Ричард, Л. А. Бернштейн, Г. В. Савицкая, В. В. Ковалев, О. В. Ефимова, А. Д. Шеремети, басқалары; практикалық зерттеулерде мол тәжірибе; Қарапайым аналитикалық бағдарламалардан бастап басқарудың есептік жүйелеріне дейінгі арнайы бағдарламалық қамтамасыз етудің кең спектрі.

Развитию методики анализа финансового состояния предприятия способствуют: обширная научно-методическая база работ ученых и специалистов зарубежных и соседних стран: З. С. Блага, Э. Хельферт, Дж. Ричард, Л. А. Бернштейн, Г. В. Савицкая, В. В. Ковалев, О. В. Ефимова, А. Д. Шеремети, др.; большой опыт практических исследований; Широкий спектр специального программного обеспечения, от простых аналитических программ до интегрированных систем управленческого учета.

ГРНТИ 55.69.99; 87.53.18

**Р. Ю. Зарипов¹, Т. Т. Токтаганов², Н. С. Сембаев³,
Д. Б. Имангазинова⁴**

¹докторант PhD, преподаватель, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., доцент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴м.т.н., ст. преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹ramis.zaripov@mail.ru; ²toktaganov47@mail.ru; ³n.sembaev@mail.ru; ⁴imangazinovad@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

В работе рассмотрены проблемы, связанные с переработкой отходов животноводства и получением твердого топлива из них.

Топливный брикет – это альтернативный материал, который позволяет быстро и качественно растопить печь или камин и прогреть помещение.

Предложена конструкция установки для получения топливных брикетов из навоза. Установка состоит из рамы, бункера, трубопровода и шнекового устройства для переработки и получения спрессованного топливного брикета. Такие установки предназначены для работы в условиях крестьянских хозяйств и предприятий животноводства.

Разработанная установка позволяет производить до 500 кг топливных брикетов в сутки и полностью компенсировать потребность крестьянских хозяйств в твердом топливе.

Определены преимущества такого топлива перед традиционным. Описан эксперимент по сжиганию полученных топливных брикетов из биоматериала.

Ключевые слова: Топливный брикет, биоматериал, горение, отходы животноводства.

ВВЕДЕНИЕ

Наступающий топливный кризис заставил человечество задуматься о поисках принципиально новых источников энергии, которые смогли бы заменить традиционные газ и нефть. Появилось несколько достаточно перспективных вариантов. Среди них – солнечная, ветровая и другие виды энергетики. Одним из самых эффективных признано использование биотоплива, которое не только дает хороший результат, но и относится к числу максимально бюджетных вариантов. Производится такое топливо из разного сырья. Можно получить даже биотопливо из навоза своими руками это сделать достаточно просто. Биотопливо получается при биологической либо термохимической обработке биомассы. Для биологического процесса используются различные бактерии. В качестве биомассы используются разные виды животного или растительного сырья, а так же отходы жизнедеятельности животных или органические остатки производства.

Достаточно часто используются отходы древесины и растения. Различают несколько видов биотоплива:

– Твердое. К этому виду относятся: торф, топливные гранулы и брикеты, древесина, древесная щепа.

– Жидкое. Это биобутанол, биодизель, биоэтанол и биобутанол.

– Газообразное. Биоводород и биогаз. Самостоятельно можно получить почти любой из вышеперечисленных видов топлива. Однако получение некоторых связано с определенными проблемами. Например, сырьем для жидкого биотоплива является растительное масло, получить которое в больших количествах достаточно сложно и дорого. Кроме того, при производстве биодизеля приходится работать с ядовитыми веществами, например, с метанолом. Даже небольшой недочет в технологическом процессе приводит к потере качества производимого биотоплива. Наиболее простой вариант для самостоятельного производства – твердое топливо.



Рисунок 1 – Топливный брикет

Топливный брикет – это альтернативный материал, который позволяет быстро и качественно растопить печь или камин и прогреть помещение. При этом он имеет массу других преимуществ. На сегодняшний день этот вид топлива становится весьма популярным. Главными преимуществами данных элементов являются следующие:

– Длительная продолжительность горения. Пылать брикет может от 1 до 4 часов. При этом он постоянно выделяет тепло.

– Минимальное количество дыма, искр.

– Экологическая чистота, так как брикеты топливные своими руками производятся из растительных и других натуральных материалов.

– Экономичность. Стоимость одной тонны такого топлива значительно меньше такого же количества угля или дров. При этом энергоотдача гораздо лучше.

– Практичность. Пепел, который образуется после сгорания брикетов, можно использовать в качестве удобрения.

– Простота хранения. Представленный материал не занимает много места, может находиться в полиэтиленовых мешках. При этом он длительное время способен храниться в условиях повышенной влажности.

– Применение в любых видах топливного оборудования: каминах, котлах, печах.

– Неприхотливость в хранении.

Поэтому создание установок для получения топливных брикетов является актуальным направлением развития альтернативных источников энергии.

Среди профессионального оборудования можно выделить шнековый, ударно-механический и гидравлический пресс. Первый аппарат способен выдавать восьмиугольные элементы с небольшим отверстием по центру. Они отличаются максимальной плотностью, поэтому обеспечивают самую высокую продолжительность горения. Гидравлический пресс производит прямоугольные элементы, обладающие самой маленькой плотностью, что обеспечивает высокие расход материала.

Практическая значимость исследований заключается в удовлетворении потребностей крестьянских хозяйств и других субъектов в собственных установках, позволяющих производить твердое топливо.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Разработана компоновочная схема конструкции установки для получения топливных брикетов из отходов животноводства, определены основные параметры. Подобраны энергетические установки. Установка позволит обеспечить твердым высококалорийным топливом крестьянские хозяйства с минимальными затратами.

Проводя анализ существующих установок можно сделать вывод, что предлагаемая конструкция является принципиально новой и не имеет аналогов. На рисунке 2 представлен чертеж общего вида установки. Установка приводится в действие электродвигателем через цилиндрический редуктор с ременной передачей. Рабочим органом установки является вращающийся шнек. Предполагаемые технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики установки

Характеристика	Значение
Мощность электродвигателя, кВт	5,5
Производительность, кг/ч	50
Время непрерывной работы, мин	180
Масса установки, кг	300
Форма получаемых брикетов	Цилиндрическая
Диаметр выпускной трубы, мм	30

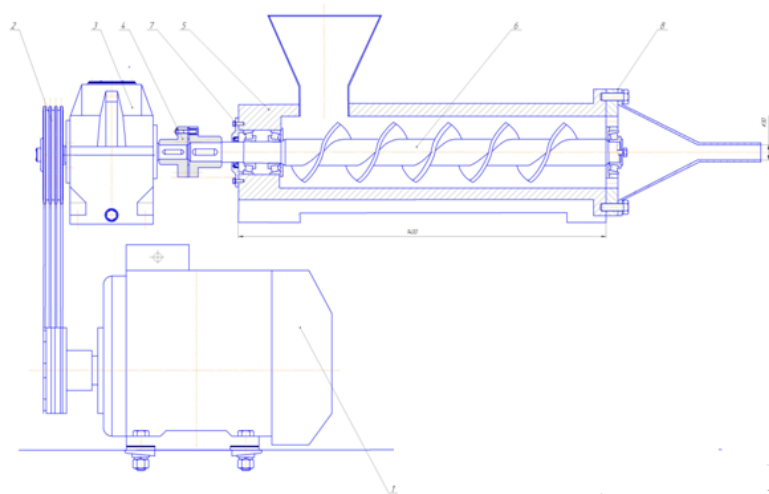


Рисунок 2 – Общий вид установки

Все фермерские и сельскохозяйственные предприятия, связанные с животноводством или разведением птицы, постоянно на повестке дня имеют один важный вопрос – это переработки навоза и помета. Особенно этот вопрос актуален для тех предприятий, где имеется большое количество голов скота на единицу площади, и нет свободных площадей или

специальных сооружений для хранения постоянно скапливающихся отходов жизнедеятельности животных и птицы. Еще острее этот вопрос становится в свете необходимости соблюдения законодательных норм и постановлений, направленных на урегулирование экологического равновесия при ведении животноводческой деятельности и по использованию (применению) органических удобрений. Всё выше сказанное требует взвешенного и продуманного подхода к хранению, переработке навоза (помета) и его использованию.

Есть несколько вариантов решения этого важного вопроса. И выбор одного или нескольких вариантов будут зависеть от целей, возможностей и способов ведения хозяйственной деятельности каждого предприятия. Конечно, если у хозяйства цель получить традиционные натуральные удобрения для растениеводства, и оно для этого имеет достаточно площадей или специальных сооружений, а также времени. То такое возможно способом компостирования для полусухих видов навоза (коровий), что занимает до года, или способом биоферментации для жидких и полужидких видов навоза (свиной), что несколько быстрее.

Предлагаемая установка позволит решить проблему переработки навоза и помета. Полученные топливные брикеты можно использовать в отоплении жилых помещений, что позволит отказаться от покупки угля и центрального отопления, тем самым экономит денежные средства.

1 тонна навоза – примерно 0.5 тонны брикетов, теплотворная способность 1 кг которых порядка 3.2 кВт*ч, т.е. тонна навоза дает 1600 кВт*ч. тепловой энергии (а не 65 кВт*ч, как от биогаза). То есть, энергии в 25 раз больше, а затрат на столько же меньше.

Установка состоит из рамы, бункера, трубопровода и шнекового устройства для переработки и получения спрессованного топливного брикета. Установка имеет электродвигатель мощностью 5,5 кВт с ременным приводом. Навоз помещается в бункер, в котором перемешивается до получения однородного состава, подается через трубопровод в шнековое устройство, где спрессовывается и образует форму брикета на выходе.

Основными целевыми покупателями установки являются фермерские хозяйства Павлодарской области. Основные фермерские хозяйства, которые являются потенциальными покупателями установки представлены в таблице 2.

В перечисленных фермерских хозяйствах имеются большие объемы накопленных отходов животноводства (навоза и помета), которые необходимо переработать или утилизировать. Приобретение таких установок позволит переработать накопленные отходы и получить топливные брикеты.

Большинство помещений данных хозяйств отапливается в холодное время года с помощью каменного угля и электроэнергии. Использование

топливных брикетов в качестве сырья для отопления позволит значительно снизить расходы.

Таблица 2 – Основные фермерские хозяйства Павлодарской области

1	ТОО «ТМС Жайма»	Павлодарская область, Баянаульский район, с. Каратомар.	Животноводство	Алдабергенов Батырбек Кабиболлаевич
2	ТОО «Галицкое»	Павлодарская область, Успенский район, с. Галицкое.	Растениеводство, животноводство	Касидин Александр Анатольевич
3	ТОО «Победа»	Павлодарская область, Щербактинский район, с. Орловка.	Растениеводство, животноводство	Поляков Александр Владимирович
4	ТОО имени Абая	Павлодарская область, Иртышский район, с. Голубовка.	Растениеводство, животноводство	Миллер Николай Александрович
5	ТОО «Абая»	Щербактинский район.	Животноводство	Арбиев Едиге Тюлебаевич
6	КХ «Болат»	Павлодарский С.о Шахат.	Животноводство	Сулейменов Серик Толеугазинович
7	КХ «Акпура»	Павлодарский С.о Заринский.	Животноводство	Наукунов Мубарак Какимович
8	КХ «Бакауов»	Железинский С.о Казахстанский	Животноводство	Бакауов Марат Жумабекевич
9	КХ «Алтай»	Лебяжинский С.о Казы	Животноводство	Мукин Сатпек

В настоящее время в Павлодарской области нет компаний и фирм, которые занимаются производством установок для брикетирования отходов животноводства.

Нами собран прототип установки и получены топливные брикеты в количестве 20 кг. Далее проведены эксперименты по сжиганию полученных топливных брикетов. Эксперимент по сжиганию проводился в лаборатории кафедры «Химии и химических технологий» ПГУ имени С. Торайгырова. Также испытание топливных брикетов проводилось в крестьянском хозяйстве ИП «Бакауов» Железинского района Павлодарской области.

Перед сжиганием брикеты необходимо высушить. Параметры сушки представлены в таблице 3. Сушка производилась в течение четырех часов при температуре от 40 до 100 (таблица 4).

Таблица 3 – Параметры сушки брикетов

Характеристика	Значение
Количество биоматериала, кг	1
Вес одного брикета, гр	122
Общий вес брикетов, гр	607
Температура сушки брикетов, °С	+40

Таблица 4 – Сушка брикетов

Характеристика	Значение
Сушка брикетов °С	+ 100
Время начала эксперимента, ч	10:00
Время завершения эксперимента, ч	16:00

Далее с помощью опилок и деревянной стружки произведен розжиг печи, после чего добавлен биоматериал. Параметры сжигания брикетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры эксперимента по сжиганию биомассы

Характеристика	Значение
Общая масса брикетов из биомассы (5 шт), гр	182 гр
Температура в печи при загрузке 1-го брикета, °С	+ 140
Масса опилок, гр	200
Деревянная стружка, гр	100
Время загрузки брикета из био массы, ч	10:05

В процессе сжигания проводились замеры температуры в зависимости от времени горения. На рисунке 2 представлен график процесса горения биотоплива. Эксперимент проводился в течение двух часов. Параметры горения представлены в таблице 6. Максимальная температура горения в печи составила 725

Таблица 6 – Изменение температуры горения при сжигании биомассы

Время снятия данных температуры	Температура в печи, °С
10:05	140
10:07	290
10:25	195
10:50	500
10:54	670
10:54	708
10:56	724
10:57	725
11:57	20

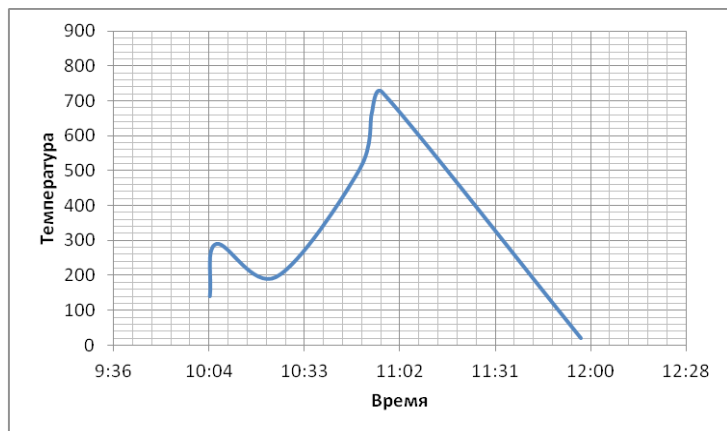


Рисунок 2 – График процесса изменения температуры в процессе сжигания биоматериала

Далее для сравнения проведен эксперимент по сжиганию угольных брикетов. В качестве розжига использовано жидкое стекло. Параметры эксперимента представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Параметры эксперимента по сжиганию угольных брикетов

Количество	Значение
Общая масса брикетов из угля (2 шт + 2 комплекса ж/с)	180 гр
1 комп жидкого стекла	5 гр
Масса золы	39 гр

На рисунке 3 представлен график изменения температуры при сжигании угольных брикетов.

Таблица 8 – Изменение температуры горения при сжигании угольных брикетов

Время снятия данных температуры	Характеристика
15:56	20
16:05	420
16:08	391
16:13	910
16:28	820
17:20	60

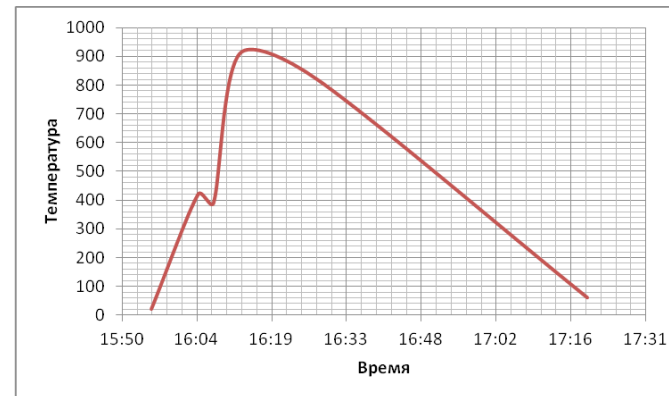


Рисунок 3 – График процесса изменения температуры в процессе сжигания угольных брикетов

ВЫВОДЫ

По результатам эксперимента можно сделать следующие выводы :

- При использовании угольного брикета температура в печи поднимается до 900 °С, при использовании брикета из биомассы до 727 °С;
- Время горения биотоплива больше, чем угольных брикетов;
- При горении биоматериала наблюдается резкое повышение температуры, в отличие от угольных брикетов.

Результаты эксперимента показали, что использование отходов животноводства в качестве биотоплива имеет целесообразность. Биотопливо по тепловым показателям не уступает углю.

Главными преимуществами использования биотоплива является:

- Отсутствие необходимости в его добыче и переработке;
- Низкая зольность по сравнению с углем;
- Низкая стоимость получаемых брикетов;
- Простота технологии производства.

Разработанная установка позволяет производить до 500 кг топливных брикетов в сутки и полностью компенсировать потребность крестьянских хозяйств в твердом топливе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Сидоренко, О. Д. Биологические технологии утилизации отходов животноводства: учеб. пособие / О. Д. Сидоренко, Е. В. Черданцев. – М. : Изд – во МСХА, 2011. – 74 с.

2 **Лер, Р.** Переработка и использование сельскохозяйственных отходов. – М. : Колос, 1979. – 411 с.

3 **Лысенко, В. П.** Переработка отходов птицеводства. – Сергиев Посад, 1998. – 149 с.

4 НТП 17-99 Нормы технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

R. Ю. Зарипов¹, Т. Т. Тоқтаганов², Н. С. Сембаев³, Д. Б. Имангазина⁴

Мал шаруашылығы қалдықтарынан отын брикеттерін алу

^{1,2,3,4}Металлургия, машинажасау және көлік факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

R. Zaripov¹, T. T. Toktaganov², N. S. Sembaev³, D. B. Imangazina⁴

Preparation of briquettes from animal waste

^{1,2,3,4}Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Жұмыста мал шаруашылығы қалдықтарын қайта өңдеуге және олардан қатты отын алуға байланысты мәселелер қаралды.

Отын брикеті-бұл нешті немесе Каминді тез және сапалы ерітуге және гимаратты жылытуға мүмкіндік беретін балама материал.

Қидан отын брикеттерін алу үшін қондырғының конструкциясы ұсынылған. Қондырғы рамадан, бункерден, құбырдан және сығымдалған отын брикетін өңдеуге және алуға арналған шнек құрылғысынан тұрады. Мұндай қондырғылар шаруа қожалықтары мен мал шаруашылығы кәсіпорындары жағдайында жұмыс істеуге арналған.

Әзірленген қондырғы тәулігіне 500 кг дейін отын брикеттерін өндіруге және шаруа қожалықтарының қатты отынға деген қажеттілігін толығымен өтеуге мүмкіндік береді.

Мұндай отынның дәстүрлі алдында артықшылықтары анықталды. Биоматериалдан алынған отын брикеттерін жағу бойынша эксперимент сипатталған.

The paper deals with the problems associated with the processing of animal waste and the production of solid fuel from them. Fuel briquette is an alternative material that allows you to quickly and efficiently melt the oven or fireplace and warm the room. The design of the installation for obtaining fuel briquettes from manure is proposed. The plant consists of a frame, a hopper, a pipeline and a screw device for processing and producing a compressed fuel briquette. Such installations are designed to work in the conditions of farms and livestock enterprises. The developed installation allows to produce up to 500 kg of fuel briquettes per day and fully compensate the need of farms for solid fuel. The advantages of such fuel over the traditional one are determined. Describes an experiment on the combustion of fuel briquettes obtained from the biomaterial.

**М. Б. Кайдар¹, А. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³,
В. П. Марковский⁴, А. П. Кислов⁵, А. Т. Шаймерденов⁶,
Р. Р. Русланов⁷, Е. Б. Тұрлыбек⁸**

¹менеджер, ТОО «Амангельды газ», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²м.т. и т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан;

⁵к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан;

⁶инженер, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан;

⁷магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан;

⁸магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан

e-mail: ¹m.kaidar@amangeldygas.kz; ²argin_intel@mail.ru; ³argin_intel@mail.ru;

⁴wadim54@mail.ru; ⁵kislovpsu@mail.ru

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ СТАТИЧЕСКИМИ ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ

Увеличение использования силовых полупроводниковых приборов в промышленности, таких как 6-12-24-пульсные выпрямители, устройства плавного пуска, частотные приводы, привело к появлению гармонических искажений в сетях. Искажения кривой напряжения, создаваемые этими приборами, приводят к сбоям в работе оборудования. В результате значительно снижаются качество и надежность работы систем автоматики, телемеханики и связи, значительно повышаются активные потери во всех элементах электрооборудования, происходит ускоренное старение изоляции электрооборудования, ухудшается качество работы систем сеточного и фазного управления вентилями и т.д. В

большинстве случаев оказывается невозможным эффективное использование батарей статических конденсаторов, возникает необходимость применения фильтров высших гармоник. Однако до настоящего времени применение их ограничено, ввиду их сложности, дороговизны и недостатка специалистов, работающих на стыке электроснабжения и промышленной электроники. Поэтому в статье поднята актуальная тема улучшения качества напряжения с помощью активных фильтрокомпенсирующих устройств.

Ключевые слова: фильтрокомпенсирующие устройства, гармонические искажения напряжения, компенсации реактивной мощности, модульные многоуровневые.

ВВЕДЕНИЕ

Фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ) предназначены для снижения гармонических искажений напряжения и компенсации реактивной мощности нагрузок потребителей в сетях электроснабжения промышленных предприятий и в электрических сетях.

Силовые фильтры высших гармоник имеет важное значение для оптимизации издержек предприятий промышленности, а также повышения стабильности их работы и снижения рисков. Использование силовых фильтров даёт возможность добиться более высоких промышленных показателей, а также использовать дополнительную нагрузку на сеть, что может оказаться достаточно важным при расширении. Силовые фильтры для предприятий в большинстве ситуаций имеют срок окупаемости менее года, что делает их использование экономически обоснованным и необходимым.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Во многих странах, в том числе и в Казахстане, статические тиристорные компенсаторы (СТК) установлены на большом количестве промышленных предприятий и объектов энергосистем. Мощность выпускаемых в настоящее время СТК достигает 200 Мвар, а номинальное напряжение применяемых в них тиристорных вентилей достигает 35 кВ.

Технически более совершенны активные фильтрокомпенсирующие устройства (АФКУ), выполненные на базе полностью управляемых силовых ключей. Они были предложены в 70-х годах [1, с. 153, 2, с. 156], однако, до 2009 года в мире выпускались только низковольтные АФКУ мощностью до нескольких Мвар. Создание высоковольтных АФКУ мощностью до 200 Мвар стало возможным с появлением модульных многоуровневых преобразователей [3, с. 461].

СТК. Данный тип компенсирующие устройства (КУ) позволяет компенсировать изменяющийся по величине реактивный ток нагрузки, ток обратной последовательности и частично высшие гармоники тока (в зависимости от применяемого состава фильтров). Его схема представлена на рисунке 1. Управляемая часть СТК состоит из трех тиристорно-реакторных групп (ТРГ), соединенных в треугольник. В состав ТРГ входят реактор L и тиристорные вентили TV . Неуправляемая часть СТК состоит из группы пассивных фильтров, обозначенных «ФКУ». На номинальной частоте их сопротивление имеет емкостной характер, поэтому ФКУ является источником реактивной мощности.

Принцип работы СТК основан на том, что компенсация реактивной мощности и тока обратной последовательности нагрузки может быть обеспечена использованием только реактивных элементов [4]. Величина уставок $\tilde{I}_{ТРГ.ab}$, $\tilde{I}_{ТРГ.bc}$, $\tilde{I}_{ТРГ.ca}$ фазных токов ТРГ определяется величинами прямой и обратной последовательности суммарных токов нагрузки и ФКУ [3, с. 461].

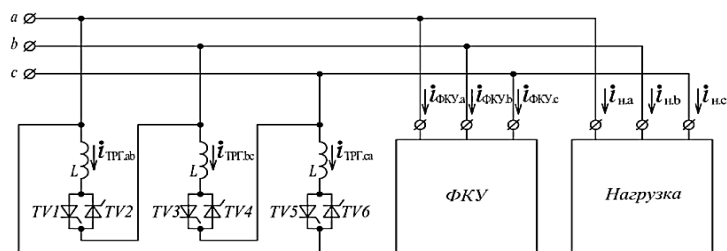


Рисунок 1 – Структурная схема СТК

Спектр токов $i_{ТРГ.ab}(t)$, $i_{ТРГ.bc}(t)$, $i_{ТРГ.ca}(t)$, содержит высшие гармоники. Для их компенсации параллельно с управляемой частью СТК подключают пассивные фильтры. Наиболее часто используемые типы фильтров – узкополосный, широкополосный и фильтр «С» типа. Узкополосный фильтр состоит из последовательно соединенных конденсатора C , реактора L и резистора R (рисунок 2, а). Добротность узкополосных фильтров обычно высокая (порядка 100), а потери не велики. Использование нескольких узкополосных фильтров приводит к появлению полюсов между нулями в частотной характеристике группы фильтров. Избежать этого можно, если обеспечить малое сопротивление фильтра в широком спектре частот. Для этого используют широкополосные фильтры, схема которых приведена на рисунке 2, б. Параллельное включение демпфирующего резистора R и реактора L обеспечивает широкую полосу пропускания, но и большие потери по сравнению с узкополосным. Для уменьшения потерь иногда применяют

фильтр «С» типа (рисунок 2, в). Параллельно резистору R подключают цепь, состоящую из конденсатора $C1$ и реактора L , настроенную на резонанс на номинальной частоте сети. Величина тока первой гармоники определяется $C2$. Однако в силу техникоэкономических ограничений данные фильтры обычно применяются для фильтрации гармоник не высокого порядка (2 или 3).

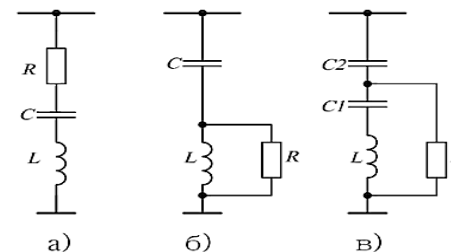


Рисунок 2 – Схемы пассивных фильтров

Состав фильтров, применяемых в СТК, определяется спектрами токов не только тиристорно-реакторных групп ТРГ, но и нагрузки. При работе ТРГ в симметричном режиме, спектр его линейных токов содержит только нечетные гармоники не кратные 3, а при работе в несимметричном – все нечетные. Спектр токов нагрузки может быть как дискретным, так и непрерывным. Дискретный спектр характерен для электролизных выпрямителей, тяговых подстанций и других нагрузок, использующих тиристорные преобразователи. Непрерывный спектр характерен для дуговых сталеплавильных печей (ДСП), поэтому в применяемых на металлургических предприятиях СТК цепи ФКУ могут быть настроены на гармоники близкие к максимумам плотности спектра тока нагрузки, например на 2-ю, 3-ю, 4-ю и 5-ю.

АФКУ. Изначально под термином активный фильтр понимался преобразователь напряжения (ПН), подключенный параллельно нагрузке и выполнявший функцию фильтрации токов высших гармоник. В настоящее время под этим термином понимают группу устройств, различающихся по способу подключения, типу используемого преобразователя, функциям и алгоритмам регулирования, но имеющих общее свойство – использование полностью управляемых полупроводниковых силовых ключей.

На рисунке 3 приведены схемы подключения АФ, где i_n – ток нагрузки, i_k – ток поперечно подключаемого КУ, i_n – ток, потребляемый из сети, u_n – напряжение в точке присоединения нагрузки, u_n – напряжение в точке подключения к сети. Вентильная часть ПН условно изображена транзистором и диодом, серийный трансформатор обозначен TU , а фазный реактор и конденсатор цепи постоянного тока обозначены $L_{пн}$ и C_{dc} соответственно.

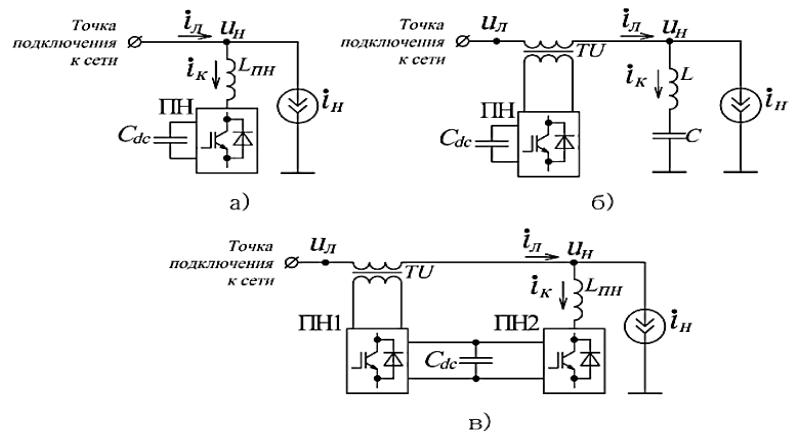


Рисунок 3 – Эквивалентные однофазные схемы подключения АФ

На рисунке 3,а показана схема поперечного подключения АФ, в которой реализуется принцип компенсации токов. Из всех представленных схем подключения АФ только в данной схеме принципиально возможно использование преобразователя тока вместо ПН. Однако, в настоящий момент промышленно выпускаемые АФКУ выполнены на базе ПН [4, с. 327–335]. На рисунке 3,б показана схема продольного подключения АФКУ, позволяющая реализовать два типа компенсации: динамическую компенсацию искажений напряжения и фильтрацию токов высших гармоник нагрузки. Первый тип описан в [4, с. 327–335], второй подразумевает создание с помощью ПН и трансформатора TV фильтра «пробки» для высших гармоник тока, которые шунтируются пассивным фильтром, состоящим из реактора L и конденсатора C . В данной схеме обеспечивается широкополосная фильтрация высших гармоник вне зависимости от частотной характеристики пассивного фильтра. Недостатком такого подхода является искажение формы напряжения u_H , что противоречит цели – нормализации показателей качества электроэнергии (ПКЭ) в точке присоединения нагрузки. На рисунке 3, в представлена схема подключения продольно-поперечного АФ, которая позволяет осуществлять одновременно компенсацию токов и искажений напряжения. Данный тип АФ имеет ту же структуру, что и объединенный регулятор перетоков мощности (ОРМП), но отличается алгоритмами управления. Применение продольно и поперечно подключаемых типов АФ подробно разобрано в [1, с. 153, 2, с. 156].

Здесь рассматривается только поперечно подключаемый АФ на базе преобразователя напряжения, выполняющий функции фильтрации токов высших гармоник, токов обратной последовательности и реактивного тока

нагрузки, поэтому будем называть его активным фильтрокомпенсирующим устройством.

Для создания АФКУ могут быть использованы следующие топологии трехфазных ПН [5, С. 371–379]:

- с плавающим конденсатором (flying capacitor) (рисунок 4),
- с привязкой средней точки через диоды (neutral point clamped),
- модульные многоуровневые (modular multilevel).

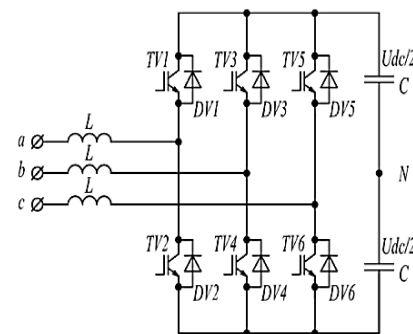


Рисунок 4 – Схема двухуровневого ПН с плавающим конденсатором

В состав данного типа ПН входит один емкостной накопитель энергии, условно разделенный точкой N на два одинаковых конденсатора C , и шесть силовых вентилей, состоящих из транзисторов TV и обратных диодов DV . ПН позволяет формировать мгновенные значения фазных напряжений двух уровней: $u + \frac{U_{dc}}{2}$ и $u - \frac{U_{dc}}{2}$.

ПН, работающий в режиме источника тока, управляемого напряжением, использует алгоритмы широтно-импульсной модуляции. Параметры ШИМ (способ модуляции, частота несущей) определяют точность слежения за уставками токов. С ростом частоты переключений снижаются высшие гармоники тока, эмитируемые ПН, улучшается точность слежения за уставками тока, но при этом и растут коммутационные потери в силовых ключах. Связанный с этим нагрев полупроводниковых структур в мощных ПН становится фактором, ограничивающим рост частоты переключений. В частности, по этой причине долгое время выпускались маломощные низковольтные АФКУ. Кроме того, применение высоковольтных вентилей связано с необходимостью последовательного соединения силовых модулей, использованием специальных транзисторов и создания сложных транзисторных драйверов. Большее количество уровней позволяет получать требуемую точность

слежения за уставками токов при меньшем количестве переключений транзисторов. На рисунке 5 представлена широко распространенная схема трехуровневого преобразователя с привязкой средней точки через диоды. В состав данного типа ПН входят два емкостных накопителя энергии h , шесть диодов ($DV5, DV6, DV11, DV12, DV17$ и $DV18$) и двенадцать силовых вентилей, состоящих из транзисторов ($TV1, TV2, TV3, TV4, TV7, TV8, TV9, TV10, TV13, TV14, TV15$ и $TV16$) и обратных диодов ($DV1, DV2, DV3, DV4, DV7, DV8, DV9, DV10, DV13, DV14, DV15$ и $DV16$). ПН позволяет формировать мгновенные значения фазных напряжений трех уровней:

$$1) +\frac{U_{dc}}{2}, 2) 0 \text{ и } 3) -\frac{U_{dc}}{2}.$$

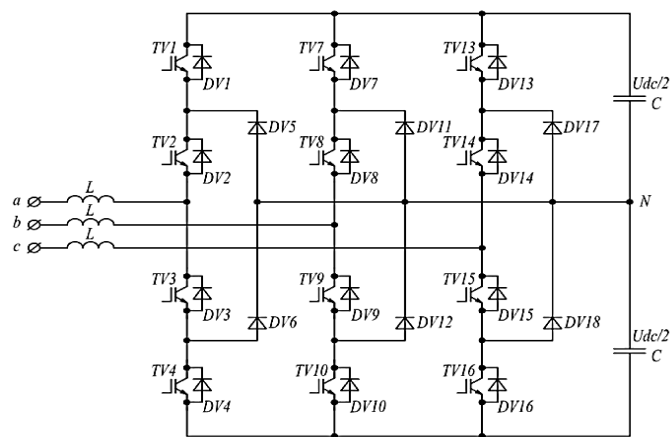


Рисунок 5 – Схема трехуровневого ПН с привязкой средней точки через диоды

Оба рассмотренных типа ПН могут быть выполнены и на большее количество уровней, однако, данные схемы не нашли широкого практического применения из-за сложности балансирования энергии между конденсаторами [5]. В схеме модульных многоуровневых преобразователей отсутствуют вышеперечисленные недостатки. Фазы ММП состоят из реактора L и последовательно соединенных силовых модулей. Показанный на рисунке 6,в силовой модуль состоит из конденсатора C и четырех силовых ключей, включенных по мостовой схеме. Силовые ключи состоят из транзисторов TV и обратных диодов DV . Каждый модуль способен формировать на своих зажимах три уровня напряжения: $+U_c, 0$ и $-U_c$. Количество уровней фазного напряжения равно $2N+1$, где N – количество модулей в фазе. На рисунке 6,а представлен ПН с соединением фаз в звезду (схема «Y»). Данное решение

позволяет компенсировать реактивный ток нагрузки и высшие гармоники тока [6, с. 3–32; 7, с. 366–374], но имеет ограниченную возможность симметрирования тока нагрузки [6, с. 3–32; 7, с. 366–374].

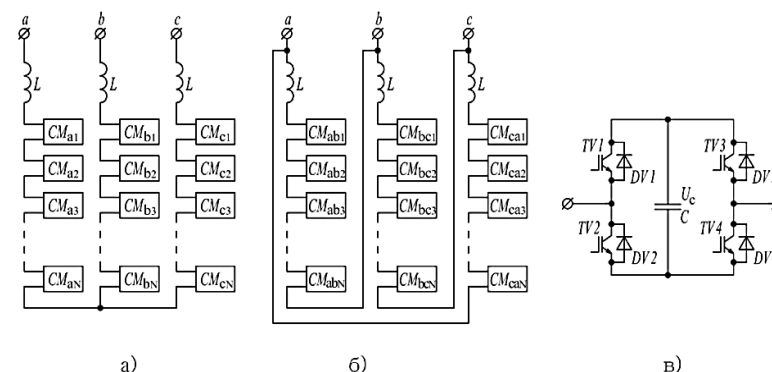


Рисунок 6 – Модульные многоуровневые ПН на полных мостах

Наличие тока обратной последовательности приводит к перераспределению энергии, запасенной в емкостных накопителях фаз ПН. Управляемое перераспределение энергии между фазами возможно за счет регулирования фазы и амплитуды напряжения нулевой последовательности (смещения нейтрали) [6, с. 3–32; 7, с. 366–374], при этом линейные токи и напряжения ПН не изменяются. ПН с соединением фаз в треугольник (схема «D») представлен на рисунке 6,б. Данный вид преобразователя, как и СТК, позволяет компенсировать реактивный ток и ток обратной последовательности, а также осуществлять фильтрацию токов высших гармоник. Активные фильтры с данным типом ПН выпускаются компаниями Siemens (под названием «SVC plus») с 2009 года [7, с. 366–374].

На рисунке 7,а изображена схема «2Y» модульного многоуровневого преобразователя, предложенная в 2003 году инженерами компании Siemens для передач постоянного тока (HVDC) [6, с. 3–32; 7, с. 366–374]. Каждая фаза данного ПН делится на два плеча, состоящих из реактора и силовых модулей, соединенных последовательно.

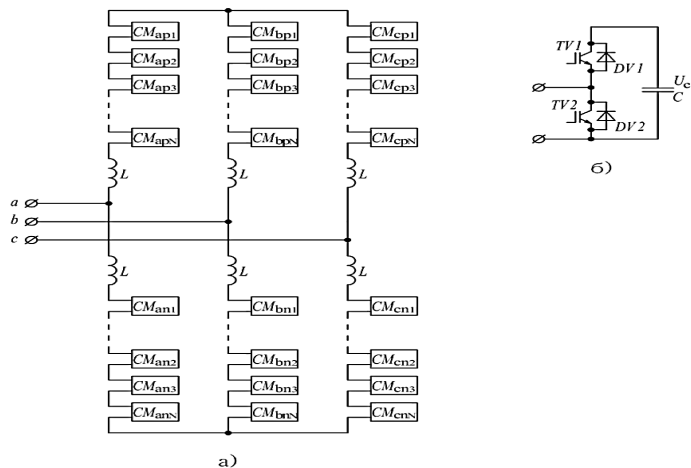


Рисунок 7– Модульный многоуровневый ПН на полумостах

Схема модуля представлена на рисунке 7,б, где конденсатор C и силовые ключи соединены по схеме полумост.

Силовые ключи состоят из транзисторов TV и обратных диодов DV . Каждый модуль способен формировать на своих зажимах два уровня напряжения: U_c (модуль включен) и 0 (модуль выключен). Количество уровней фазного напряжения равно $N \cdot U_c$, где N – количество модулей в плече. В каждый момент времени алгоритмы работы данного вида ПН обеспечивают постоянное и одинаковое для всех фаз количество включенных модулей. При этом напряжение между полюсами, образованными нейтральными звездами, практически постоянно и равно сумме напряжений включенных в фазе модулей. Данная схема ПН применима для создания АФКУ, подключаемых поперечно, продольно и продольно-поперечно.

Основные принципы работы различных модульных многоуровневых преобразователей (ММП) изложены во многих работах, в частности в [1, с. 153; 2, с. 176] рассматриваются вопросы моделирования и управления ППТ на базе ММП со схемой соединения фаз в две звезды, а работы [3–5, 7, с. 366–374] посвящены КУ на базе ММП.

ВЫВОДЫ

Применение активных (динамических) фильтров обеспечит:

- поддержку требуемого коэффициента мощности установок нагрузки в строго заданных пределах;
- одновременное устранение несимметрии напряжения по фазам;

- устранение тока гармоник нулевой последовательности;
- подавление всего (либо заданного) спектра высших гармоник;
- компенсацию просядок и скачков напряжения, уменьшение фликкер-эффекта;
- уменьшение потерь мощности;
- устранение ложных срабатываний устройств релейной защиты;
- снижение общих расходов на электроэнергию за счёт снижения потерь электроэнергии в питающей и распределительной сети;
- уменьшение потерь активной мощности при максимуме нагрузки энергосистемы; снижение потерь реактивной мощности в питающей и распределительной сетях вследствие уменьшения токовых нагрузок средствами компенсации;
- подключение дополнительной активной нагрузки за счет частичной токовой разгрузки силовых трансформаторов и питающих кабелей;
- уменьшение нагрузки элементов распределительной сети (подводящих линий, трансформаторов и распределительных устройств), тем самым продление их срока службы;
- снижение стоимости оборудования вновь вводимых трансформаторных подстанций и стоимости сооружения питающей и распределительной сети, обусловленное уменьшением токовых нагрузок;
- максимальное использование мощности автономных дизель-генераторов (судовые установки, электроснабжение геологических партий, стройплощадок, установок разведочного бурения и т.д.);
- устранение глубокой «просадки» напряжения на линиях электроснабжения удаленных потребителей и исключение генерации реактивной энергии в сеть в часы минимальной нагрузки;
- обеспечение оперативной коррекции коэффициента мощности для устройств с сильнопеременной нагрузкой и стабилизацию питающего напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей : Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с. – ISBN 978-601-238-674-5.

2 Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б. Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей: монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. – Алматы : Эверо, 2016. – 176 с. – ISBN 978-601-310-762-2.

3 **Шапкенов, Б., Калиев, Б., Кайдар, А.** Теория и практика энергетических преобразователей. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций. Изд. Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 2014, 461 с.

4 **Темирханов, Е. У., Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Сейтказин, С. Б., Акаев, А. М.** Причины возникновения высших гармонических в сетях переменного тока и результат их воздействия. Материалы Международной научно-практической конференции «ҮШ Торайғыровские чтения», посвященной 25-летию независимости Республики Казахстан. – Павлодар: 2016 г., т. 6, – с. 327–335. ISBN 978-601-238-669-1(Т.6).

5 **Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Ахметов, Т. М., Дербесов, А. А., Асыллов, Н. Е., Шонаев, Д. Т.** Концепция энергоэффективной топологии преобразователя частоты газоперекачивающих насосов. / Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «ХҮШ Сағпаевские чтения». – Павлодар: ПГУ им. С. Торайғырова, 2017, Ч.1, – С. 371–379. ISBN 978-601-238-706-3 Ч. 1. – 2017. – 401 с.

6 Экспертное заключение от 21.06.2017 года № 07/17 по результатам экспертизы промышленной безопасности по рабочему проекту «2-я очередь главной понизительной подстанции №2» на Аксуском заводе ферросплавов, филиала АО «ГНК «Казхром» РК на соответствие требованиям нормативной документации по промышленной безопасности, действующей в Республике Казахстан (ОВОС). ГП «Г И П Р О П Р О М». 2017, с. 32.

7 **Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Темирханов, Е. У., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Тюлюгенова, Л. Б.** Сетевые токовые гармоники и их негативное влияние. Материалы Международной научно-практической конференции «ҮШ Торайғыровские чтения», посвященной 25-летию независимости Республики Казахстан. – Павлодар : 2016 г., т. 6, – с. 366–374. ISBN 978-601-238-669-1(Т.6).

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

М. Б. Кайдар¹, А. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, А. П. Кислов⁵, А. Т. Шаймерденов⁶, Р. Р. Русланов⁷, Е. Б. Тұрлыбек⁸

Статикалық сүзгіш орнын толтыратын құрылымдарынмен кернеу сапа сын жақсарту

¹ШЖС «Амангельды газ»,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²АҚ «БС Экономикалық жағдаят аймақ ХимПарк Тараз»,
Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

^{3,4,5,6,7,8}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 12.08.19 баспаға түсті.

M. B. Kaidar¹, A. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³, V. P. Markovsky³, A. P. Kislov³, A. T. Shaimerdenov⁴, R. R. Ruslanov⁵, E. B. Turlybek⁵

Improvement of voltage quality by static filter compensating devices

¹«Amangeldy Gas» LLP,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

²JSC «MK SEZ HimPark Taraz»,
Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

^{3,4,5,6,7,8}S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 12.08.19.

Мұндай 06/12/24-импульстік түзеткіштер, жұмсақ стартер, жиілік жетектері өнеркәсіп қуат жартылай өткізгіш құрылғыларды пайдалану, арттыру, желілердегі гармоникалық бұрмалау әкелді. Осы құрылғылардың құрылған кернеу бұрмалау қисық, жабдықтар дұрыс жұмыс істемеуіне әкелді. Айтарлықтай қысқарды сапасы мен сенімділігін автоматтандыру жүйелерін және коммуникация нәтижесінде, айтарлықтай электр жабдықтарын барлық компоненттері қызметі шығындар арттырады, электр оқшаулау жедел қартаюы және т.б., тор жүйелері және фазалық бақылау клапандар сапасын нашарлататын, бар. Көп жағдайда, бұл конденсатор банктердің тиімді пайдалану мүмкін емес, ол жоғары гармоникалық сүзгілерді пайдалану қажет болады. Алайда, әлі күнге дейін оларды пайдалану, себебі олардың күрделілігі, құны мен билік және өнеркәсіптік электроника тоғысында жұмыс мамандар тапшылығы шектеулі болып табылады. Сондықтан, мақала белсенді

фил-трокомпенсирууучи құрылғылармен кернеу сапасын жақсарту маңызды тақырыпты көтерді.

Increasing the use of power semiconductor devices in the industry, such as 6-12-24-pulse rectifiers, soft starters, frequency drives, has led to the appearance of harmonic distortion in networks. Distortion of the voltage curve created by these devices leads to malfunctions in the equipment operation. As a result, the quality and reliability of automatics, telemechanics and communication systems are significantly reduced, active losses in all elements of electrical equipment are significantly increased, aging of electrical equipment insulation is accelerating, the quality of grid and phase control of valves is deteriorating, etc. In most cases it turns out to be impossible to effectively use static capacitor batteries, it becomes necessary to use higher harmonic filters. However, to date, their use is limited, because of their complexity, high cost and lack of specialists working at the junction of power supply and industrial electronics. Therefore, the article raises the current topic of improving the quality of voltage using active filter-compensating devices.

ГРНТИ 44.29.01

**М. Б. Кайдар¹, А. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³,
В. П. Марковский⁴, А. П. Кислов⁵, А. Т. Шаймерденов⁶,
Н. М. Маденов⁷, Е. В. Сумин⁸**

¹менеджер, ТОО «Амангельды газ», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²м.т. и т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁶инженер, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁷магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁸магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹m.kaidar@amangeldygas.kz; ²argin_intel@mail.ru; ³argin_intel@mail.ru;

⁴wadim54@mail.ru; ⁵kislovpsu@mail.ru

АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Традиционно для борьбы с нелинейными искажениями в сети применяются пассивные фильтры (дрессели, LC-фильтры и пр.). Их эффективность зависит от множества факторов, и в частности – от мощности источника электроэнергии. В автономных электроустановках их использование не дает желаемого результата из-за большого внутреннего сопротивления источников и переменного характера нагрузок. Кроме того, применение пассивных фильтров с конденсаторами может представлять опасность для электростанций. На долевых режимах нагрузки LC-фильтры оказываются источниками реактивной мощности ёмкостного характера, которая при определенной величине вызывает срабатывание защит генераторов.

Альтернативным решением по компенсации высших гармоник в электроустановках являются активные (динамические) фильтрокомпенсирующие устройства (АФКУ).

В статье рассмотрены вопросы улучшения качества напряжения тремя способами: компенсацией токов, вызывающих искажения параметров напряжения; компенсацией искажений напряжения в точке подключения нагрузки и изменением схемы электроснабжения.

Ключевые слова: фильтрокомпенсирующие устройства, гармонические искажения напряжения, компенсации реактивной мощности, показатели качества электроэнергии.

ВВЕДЕНИЕ

Гармоники тока, создаваемые нелинейными нагрузками, могут представлять собой серьезные проблемы для систем электропитания. Гармонические составляющие представляют собой токи с частотами, кратными основной частоте источника питания. Высшие гармоники тока, накладываемые на основную гармонику, приводят к искажению формы тока. В свою очередь искажения тока влияют на форму напряжения в системе электропитания, вызывая недопустимые воздействия на нагрузки системы.

Наиболее распространенным оборудованием, генерирующим высшие гармоники тока в сеть, являются:

- статические преобразователи (выпрямители, системы бесперебойного питания, тиристорные регуляторы, импульсные источники питания и т.д.);
- электродуговые печи постоянного и переменного тока;
- устройства с насыщающимися электромагнитными элементами;
- электродвигатели переменного тока с регулируемой скоростью вращения.

Указанные устройства являются генераторами высших гармоник тока в системе электропитания. В зависимости от места своего подключения и процентного соотношения с линейными нагрузками в этой системе они тем или иным образом будут оказывать влияние на другие нагрузки. Увеличение общего действующего значения тока при наличии высших гармонических в системе приводит к перегреву всего оборудования распределенной сети электропитания, снижению коэффициента мощности, снижению электрического и механического КПД нагрузок, ухудшению характеристик защитных автоматов и завышению требуемой мощности автономных электроэнергетических установок.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В энергосистеме Казахстана существуют мощные нелинейные, несимметричные или резкопеременные потребители, питающиеся от сети с относительно малым током короткого замыкания (КЗ). Примерами таких потребителей являются предприятия цветной (ПАЗ) и черной (АЗФ) металлургии, Экибастузские угледобывающие предприятия, тяговые подстанции железных дорог, насосные нефтепроводов, и Канала им. К. Сатпаева. Качество электроэнергии на электрически близких к этим потребителям подстанциях может не удовлетворять требованиям ГОСТ. Низкое качество электроэнергии приводит к снижению выработки или браку выпускаемой продукции, уменьшению срока службы или порче технологического оборудования и другим негативным последствиям, приводящим в конечном итоге к экономическим убыткам как виновников искажений показателей качества электроэнергии (ПКЭ), так и смежных с ними потребителей.

Например, из-за низкого качества электроэнергии на шинах открытого распределительного устройства 220 кВ (ОРУ–220 кВ) на подстанции ГПП-2 220 кВ г. Аксу, питающей Аксусский завод ферросплавов, филиал АО «ТНК «Казхром» РК, периодически происходят отказы технологического оборудования, взрываются трансформаторы тока. На рисунке 1 приведена осциллограмма напряжения и тока фазы А на низкой стороне трансформатора собственных нужд Аксуской ГРЭС. Высшие гармонические являются проявлением влияния дуговых печей Аксуского ферросплавного завода, являющегося одним из основных потребителей Аксуской ГРЭС.

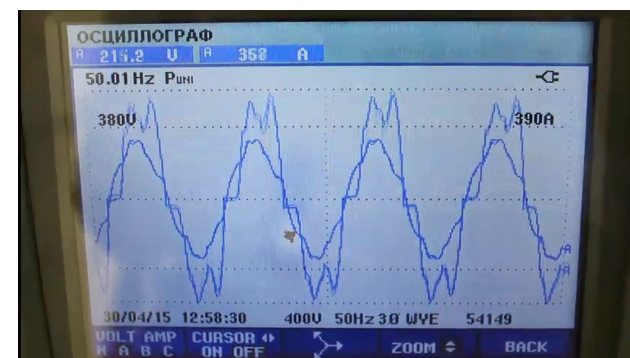


Рисунок 1 – Ток и напряжение в фазе А 0,4 кВ (Аксуская ГРЭС)

С 1970-х годов для симметрирования тяговой нагрузки железных дорог, уменьшения фликера, вызванного работой дуговых сталеплавильных

печей (ДСП), и в ряде других задач применяются статические тиристорные компенсаторы (СТК) – компенсирующие устройства (КУ), выполненные на базе не полностью управляемых (не запираемых) силовых ключей. Развитие силовой электроники привело к созданию КУ, использующих полностью управляемые силовые ключи и обладающих рядом преимуществ по сравнению с СТК.

К устройствам на базе полностью управляемых ключей относят различные типы активных фильтрокомпенсирующих устройств (АФКУ): поперечно подключаемые АФКУ; продольно подключаемые АФКУ, называемые динамическими компенсаторами искажений напряжения; продольно-поперечно подключаемые кондиционеры электроэнергии.

АФКУ были предложены в 70-х годах, однако, до 2000-х годов в мире выпускались только низковольтные АФКУ мощностью до нескольких Мвар. Создание мощных высоковольтных АФКУ, пригодных для симметрирования тяговой нагрузки и компенсации токов ДСП, стало возможным с появлением новых схем преобразователей напряжения (ПН). В настоящее время выпускаются мощные высоковольтные АФКУ, выполненные на базе модульных многоуровневых преобразователей напряжения со схемой соединения фаз в треугольник. Существуют и другие схемы соединения фаз модульных многоуровневых преобразователей напряжения, в частности схема соединения в две звезды. В настоящее время данная схема используется в передачах постоянного тока, однако, при модернизации ее системы управления она может применяться и для создания АФКУ. Преимущества данной схемы по сравнению со схемами соединения фаз в треугольник или в звезду заключаются в том, что она может быть использована во всех типах АФКУ (подключаемых продольно/поперечно и продольно-поперечно), а также в различных устройствах с накопителями энергии.

Величины показателей качества электроэнергии (ПКЭ) согласно ГОСТ Р 54149-2010 определяются формой напряжения в точке передачи электрической энергии. Источниками искажений ПКЭ, рассматриваемых в данной работе, являются нагрузки, потребляющие переменный реактивный ток, либо высшие гармоники тока, либо токи обратной последовательности. Вышеперечисленные токи создают падение напряжения на сопротивлении сети, что приводит к искажению параметров напряжения в точке подключения потребителя. Нормализация ПКЭ возможна несколькими принципиально разными способами:

- компенсацией токов, вызывающих искажения параметров напряжения;
- компенсацией искажений напряжения в точке подключения нагрузки;
- изменением схемы электроснабжения.

Компенсация токов.

Введем два допущения:

– ток нагрузки определяется главным образом первой гармоникой напряжения;

– при подключении КУ параллельно с нагрузкой изменение величины тока нагрузки пренебрежимо мало.

В этом случае нагрузка может быть заменена эквивалентным источником тока.

Однофазная схема системы, состоящей из нагрузки, КУ и сети, представленной эквивалентным источником напряжения за индуктивностью L показана на рисунке 2, где I_n – ток нагрузки, I_k – ток КУ, I_n – суммарный ток нагрузки и КУ.

При симметричном синусоидальном эквивалентном источнике напряжения для компенсации искажений напряжения достаточно обеспечить потребление из сети симметричного синусоидального активного тока, то есть скомпенсировать искажающую нагрузку. При постоянной нагрузке достаточно применения соответствующих типов неуправляемых КУ таких, как ФКУ или БСК. Расчет параметров этих неуправляемых КУ хорошо изучен и достаточно подробно освещен, в частности в [1, С. 147–155]. Для компенсации переменной нагрузки используют управляемые тиристорные и транзисторные КУ [2, с. 290–300].

В некоторых случаях сеть не может быть представлена эквивалентным симметричным и синусоидальным источником напряжения за сопротивлением. Если источники искажений подключены к различным узлам сложной схемы, то ухудшение ПКЭ в точке присоединения какого-то потребителя может быть обусловлено работой оборудования, присоединенного к нескольким другим узлам энергосистемы. Подобный случай характерен для сетей, питающих железнодорожные транзиты [3, 4]. При этом для нормализации ПКЭ у какого-то одного потребителя может потребоваться установка нескольких КУ на различных ПС.

Динамическая компенсация искажений напряжения. Однако, возможно и принципиально другое решение – непосредственная компенсация искажений напряжения на шинах ответственных/чувствительных к ПКЭ потребителей. В рассечку цепи питания ответственного потребителя включается серийный трансформатор, а к его вторичной обмотке подключается ПН, компенсирующий искажения сетевого напряжения [5, с. 327–335]. Однофазная схема сети с нагрузкой, представленной источником тока, КУ и источником напряжения за индуктивностью L представлена на рисунке 3, где i_n – ток нагрузки, u_n – напряжение в точке подключения серийного трансформатора к сети, u_n – напряжение в точке подключения нагрузки, u_k – напряжение на

зажимах ПН. Мгновенное значение уставки напряжения \tilde{u}_k , формируемого ПН, определяется [6, с. 366–374]:

$$\tilde{u}_k(t) = u_c(t) - \tilde{u}_c(t),$$

где $\tilde{u}_c(t)$ – напряжение, соответствующее первой гармонике прямой последовательности сетевого напряжения.

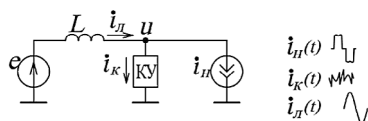


Рисунок 2 – Компенсация токов искажающей нагрузки

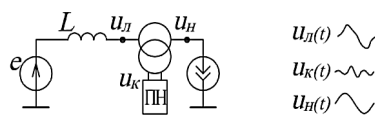


Рисунок 3 – Динамическая компенсация искажений напряжения

Достоинством данного подхода является способность нормализации ПКЭ у потребителя установкой КУ в том же узле, недостатком – необходимость установки сериесного трансформатора [7, с. 3–32].

Схемные решения являются альтернативой использованию КУ для улучшения ПКЭ. В ряде случаев этот вид мер по обеспечению ПКЭ практически беззатратен. Например, равномерное распределение однофазных потребителей по фазам позволяет уменьшить несимметрию напряжения, однако, при переменном характере нагрузок данный подход неприменим. В ряде других случаев схемные решения могут быть единственным способом улучшения ПКЭ. Например использование управляемых статических КУ для ослабления фликера, вызванного работой ДСП, может быть не достаточно для достижения требуемых ГОСТ показателей. В подобных случаях может потребоваться дорогостоящее строительство дополнительных ЛЭП для уменьшения эквивалентного сопротивления сети.

ВЫВОДЫ

У отдельно взятого потребителя повышение качества электроэнергии может быть обеспечено применением динамической компенсации искажений напряжения. При необходимости нормализации ПКЭ в целом энергорайоне необходима компенсация токов искажающих нагрузок.

АФКУ может быть использовано для фильтрации токов нагрузки и искажений сетевого напряжения. Создание мощных высоковольтных АФКУ целесообразно на базе модульных многоуровневых преобразователей. Среди рассмотренных видов модульных многоуровневых ПН схема «2У» может

быть использована для всех вариантов подключения АФКУ: поперечного, продольного и продольно-поперечного. АФКУ может быть использовано для улучшения всех нормированных ПКЭ, за исключением импульсных напряжений и отклонений частоты.

Наиболее перспективной областью применения АФКУ является компенсация токов переменных искажающих нагрузок, таких как дуговые сталеплавильные печи, преобразовательные установки нефтеперекачивающих станций, тяговые подстанции на железнодорожном транспорте, тиристорный привод прокатных станов и т.д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Темирханов, Е. У., Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П. Защита и мониторинг режимов сталеплавильных печей на «KSP Steel» и ТОО «Кастинг» быстродействующими микропроцессорными системами БМРЗ-100. Вестник ПГУ, Серия энергетическая, 2016 г., № 3, – С. 147–155. ISBN 1811-1858.

2 Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Акимжанов, Т. Б., Кондратюк, А. В., Сабитова, М. К. Гибкие микропроцессорные защиты от аварийных режимов распределительных сетей. Материалы Международной научно-практической конференции «ҮШ Торайғыровские чтения», посвященной 25-летию независимости Республики Казахстан. – Павлодар : 2016 г., т. 6, с. 290-300. ISBN 978-601-238-669-1(Т.6).

3 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с. ISBN 978-601-238-674-5.

4 Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б. Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей: монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. – Алматы : Эверо, 2016. – 176 с. ISBN 978-601-310-762-2.

5 Темирханов, Е. У., Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Сейтказин, С. Б., Акаев, А. М. Причины возникновения высших гармонических в сетях переменного тока и результат их воздействия. Материалы Международной научно-практической конференции «ҮШ Торайғыровские чтения», посвященной 25-летию независимости Республики Казахстан. – Павлодар : 2016 г., т. 6, – с. 327–335. ISBN 978-601-238-669-1(Т.6).

6 Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Темирханов, Е. У., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Тюлюгенова, Л. Б. Сетевые токовые гармоники и их негативное влияние. Материалы Международной

научно-практической конференции «УІІІ Торайгыровские чтения», посвященной 25-летию независимости Республики Казахстан. – Павлодар : 2016 г., т. 6, с. 366-374. ISBN 978-601-238-669-1(Т.6).

7 Экспертное заключение от 21.06.2017 года № 07/17 по результатам экспертизы промышленной безопасности по рабочему проекту «2-я очередь главной понизительной подстанции № 2» на Аксуском заводе ферросплавов, филиала АО «ТНК «Казхром» РК на соответствие требованиям нормативной документации по промышленной безопасности, действующей в Республике Казахстан (ОВОС). ГП «ГИПРОПРОМ». 2017, – с. 32.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

М. Б. Кайдар¹, А. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, А. П. Кислов⁵, А. Т. Шаймерденов⁶, Н. М. Маденов⁷, Е. В. Сумин⁸

Белсенді сүзгі компоненттері бар құрылғылар

¹ШЖС «Амангельды газ»,

Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы;

²АҚ «БС Экономикалық жағдаят аймақ ХимПарк Тараз»,

Шу қ., Қазақстан Республикасы;

^{3,4,5,6,7,8}С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

М. В. Kaidar¹, А. В. Kaidar², В. К. Shapkenov³, V. P. Markovsky⁴, А. P. Kislov⁵, А. T. Shaimerdenov⁶, N. M. Madenov⁷, E. V. Sumin⁸

Active filter composition devices

¹«Amangeldy Gas» LLP,

Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

²JSC «MK SEZ HimPark Taraz»,

Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

^{3,4,5,6,7,8}S. Toraighyrov Pavlodar state University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Дәстүрлі түрде желідегі сызықтық емес бұрмаланулармен күресу үшін пассивті фильтрлер (түтіктер, LC сүзгілер және т.б.) қолданылады. Олардың тиімділігі көптеген факторларға, атап айтқанда электр қуатының көзіне байланысты. Автономды электр қондырғыларында оларды пайдалану көздердің үлкен ішкі кедергісі мен жүктің ауыспалы сипатына байланысты қажетті нәтиже

бермейді. Сонымен қатар, конденсаторлармен пассивті фильтрлерді пайдалану электр станциялары үшін қауіпті болуы мүмкін. Жүктемені болу режимінде LC-сүзгілер реактивті қуат-сыйымдылық сипаты болып табылады, ол белгілі бір мәнде генераторларды қорғауға әкеледі.

Электр қондырғыларында жоғары гармоникаларды өтеудің балама шешімі белсенді (динамикалық) сүзгі өтейтін құрылғылар болып табылады (АФК).

Мақалада кернеу сапасын жақсарту үш жолмен жүзеге асырылады: кернеу параметрлерінің бұрмалануына әкелетін токтардың өтелуі; жүктемені қосу және электрмен жабдықтау схемасын өзгерту нүктесінде кернеу бұрмалануын өтеу.

Traditionally, passive filters (chokes, LC filters, etc.) are used to combat nonlinear distortions in the network. Their effectiveness depends on many factors, and in particular on the power of the electricity source. In autonomous electrical installations, their use does not give the desired result due to the large internal resistance of the sources and the variable nature of the loads. In addition, the use of passive filters with capacitors can be dangerous for power plants. On the load sharing modes LC-filters are sources of reactive power-capacitive character, which at a certain value causes the protection of generators.

An alternative solution for compensation of higher harmonics in electrical installations are active (dynamic) filter compensating devices (AFCU).

The article deals with the improvement of the voltage quality in three ways: by compensating the currents that cause distortion of the voltage parameters; compensation of voltage distortions at the point of connection of the load and change of the power supply scheme.

Н. И. Калантаевская¹, С. И. Латыпов², К. Т. Кошекоев³

¹PhD докторант, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет Инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

²PhD докторант, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет Инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

³д.т.н., профессор, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет Инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан

e-mail: ¹natasha0487@mail.ru; ²slatypov@mail.ru; ³kkoshekov@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА
ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ
НА ТОЧНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

Статья посвящена вопросам прогнозирования энергопотребления в г. Петропавловск, Республика Казахстан. Экспериментальным путем производится анализ влияния различных факторов на точность прогнозирования электрической нагрузки. В качестве базы знаний для обучения нейронной сети предлагается использование ретроспективные данные о потребляемой мощности, температуру окружающей среды, тип дня недели. Моделирование производится в программной среде MATLAB. Обучение нейронной сети производится методом обратного распространения ошибки.

Ключевые слова: Прогнозирование нагрузки, нейронные сети, обучающая выборка, ошибка прогноза.

ВВЕДЕНИЕ

С переходом Казахстана к балансирующему рынку электрической энергии особую актуальность приобретает вопрос прогнозирования электрической нагрузки. Работа балансирующего рынка купли-продажи электрической энергии строится на свободной торговле электрической

энергией, причем оплачивают участники рынка только разницу между фактически потребленной мощностью и предоставленной заявкой о потреблении. Чем меньше разница между планом и фактом потребления, тем меньше расходов несет участник рынка. Таким образом, существующие правила функционирования балансирующего рынка электрической энергии стимулируют участников рынка к составлению наиболее точного прогноза потребления электрической энергии.

Прогноз дает информацию для последующего планирования спроса, обеспечения надежного снабжения потребителей, минимизацию затрат на производство, поставку и поддержание качественных показателей электрической энергии [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Существуют различные методы и способы прогнозирования нагрузки. Наиболее часто применяемы на практике это различные сочетания статистических методов. Не во всех случаях данный метод дает хороший результат. Главным образом, это объясняется тем, что различные объекты прогнозирования имеют свою специфику, и множество факторов влияющих на энергопотребление, характерны именно для этого объекта. Особенностью энергопотребления является сложность в установлении функциональных зависимостей между факторами влияющими на энергопотребление и фактической нагрузкой, а также о степени влияния каждого фактора в отдельности и их комбинаций.

Способ прогнозирования позволяющий получит достоверный результат с неопределенными, либо не полными входными параметрами является использование средств машинного обучения, а именно искусственных нейронных сетей.

Искусственные нейронные сети – это устройства, основанные на параллельной обработке информации всеми звеньями. Они обладают способностью к обучению и обобщению накопленных знаний. Нейронным сетям присущи черты искусственного интеллекта. Натренированная на ограниченном множестве данных сеть способна обобщать полученную информацию и показывать хорошие результаты на данных, не использовавшихся в процессе обучения. К выполняемым нейронными сетями функциям относятся аппроксимация, классификация, прогнозирование [2].

В зависимости от решаемой задачи используются различные архитектуры нейронных сетей. Многослойный персептрон является архитектурой нейронной сети, позволяющий наиболее полно учесть особенности процесса прогнозирования энергопотребления. Принцип работы нейронной сети при прогнозировании заключается в подаче информации на

входной слой сети, далее происходит обучения нейронной сети и выходным параметром является прогнозируемая переменная. Так многослойный персептрон содержит один или несколько слоев помимо входного, данные слои являются скрытыми. Подавая информацию с входного слоя на скрытый, нейронная сеть позволяет устанавливать и использовать наиболее значимые факторы, влияющие на результат.

Таким образом, многослойный персептрон позволяет обрабатывать большой объем входной информации за малое время, имеет возможности строить зависимости при зашумленной или неинформативной входной информации, позволяет выявлять скрытые зависимости между входными и выходными данными.

В качестве функции активации нейронной сети выбран сигмоид. Данная функция имеет следующий вид:

$$y_j = \frac{1}{1 + \exp(-v_j)}, \quad (1)$$

где v_j – индуцированное локальное поле (т.е. взвешенная сумма всех синаптических входов плюс пороговое значение) нейрона j ;

y_j – выход нейрона.

Данная функция гладкая и всюду дифференцируема. Основным достоинством использования сигмоидальной функции при прогнозировании является ее способность усиливать слабые сигналы и не насыщаться от сильных, также сигмоид не бинарен, что делает активацию гладкой, а не ступенчатой.

Реализация задачи прогнозирования электрической нагрузки осуществляется с помощью пакета расширения среды MATLAB Neural Network Toolbox. Обучения нейронной сети производится методом обратного распространения ошибки.

Полный алгоритм обучения нейронной сети с помощью процедуры обратного распространения строится следующим образом: [3]

ШАГ 1. Подать на входы сети один из возможных образов и в режиме обычного функционирования нейронной сети, когда сигналы распространяются от входов к выходам, рассчитать значения последних.

$$s_j^{(q)} = \sum_{i=0}^L y_i^{(q-1)} w_{ij}^{(q)}, \quad (2)$$

где s_j – взвешенная сумма входных сигналов нейрона j , то есть аргумент активационной функции w_{ij} – весовой коэффициент синаптической связи, соединяющей i -й нейрон слоя $(q-1)$ с j -м нейроном слоя q , n – коэффициент скорости обучения, $0 < n < 1$, L – число нейронов в слое $(q-1)$ с учетом нейрона с постоянным выходным состоянием +1, задающего смещение; $y_i^{(q-1)} w_{ij}^{(q)}$ – i -й вход нейрона j слоя q .

$$y_i^{(q)} = f(s_i^{(q)}), \quad (3)$$

где $f(s_i^{(q)})$ – сигмоид,

$$y_r^{(0)} = x_r, \quad (4)$$

где x_r – r -я компонента вектора входного образа.

ШАГ 2. Рассчитать $\delta^{(Q)}$ для выходного слоя по формуле

$$\delta_j^{(Q)} = (y_j^{(Q)} - d_j) \frac{dy_j}{ds_j}, \quad (5)$$

Рассчитать изменения весов $\Delta w^{(Q)}$ слоя Q .

$$\Delta w_{ij}^{(Q)} = -n \delta_j^{(Q)} y_i^{(Q-1)}, \quad (6)$$

ШАГ 3. Рассчитать $\delta^{(q)}$ и $\Delta w^{(q)}$ для всех остальных слоев, $q = (Q-1) \dots 1$.

$$\delta_j^{(q)} = \left[\sum_r \delta_r^{(q+1)} w_{jr}^{(q+1)} \right] \frac{dy_j}{ds_j}, \quad (7)$$

$$\Delta w_{ij}^{(q)} = -n \delta_j^{(q)} y_i^{(q-1)}, \quad (8)$$

ШАГ 4. Скорректировать все веса в нейронной сети:

$$w_{ij}^{(q)}(t) = w_{ij}^{(q)}(t-1) + \Delta w_{ij}^{(q)}(t), \quad (9)$$

ШАГ 5. Если ошибка сети существенна, перейти на шаг 1. В противном случае – конец.

Первый этап при прогнозировании энергопотребления является составление обучающей выборки. От качества исходной базы данных напрямую зависит точность прогнозирования. Входной информацией являются данные прямо, либо косвенно влияющие на энергопотребление. Целью данной работы является выявление экспериментальным путем как меняется точность прогноза в зависимости от входной информации.

Энергопотребление является многофакторным процессом. В данном исследовании модель энергопотребления принята как нелинейной функцией следующего вида:

$$W = f(W_1, W_2, T, N, t), \quad (10)$$

Где W – фактическое энергопотребление, МВт
 W_1 – энергопотребление за прошлые сутки, МВт
 W_2 – энергопотребление в аналогичный день в прошлом году, МВт
 T – температура окружающего воздуха в день фактического энергопотребления, °С
 N – тип дня недели (рабочий, выходной или праздничный),
 t – час суток.

Энергопотребление имеет устойчивые систематические изменения во времени и количество потребленной энергии в аналогичную дату в прошлом году является основой для прогнозирования, трендовой составляющей прогноза. За температуру окружающей среды взята средняя температура воздуха с градацией в 3 часа в рассматриваемый день. Дни недели классифицированы по следующему признаку, является текущий день рабочим или относится к выходным и праздничным дням.

В данной работе для построения обучающей выборки используются данные потребляемой нагрузки городом Петропавловском Северо-Казахстанской области. Данные предоставлены АО «Северо-Казахстанская Распределительная Электросетевая Компания».

В ходе эксперимента в обучающий задачник последовательно добавлялись факторы, влияющие на энергопотребление. В качестве прогнозируемого дня взято 01.07.2018 г. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Наилучший результат моделирования с ошибкой в 1,922 % приведен на рисунке 1.

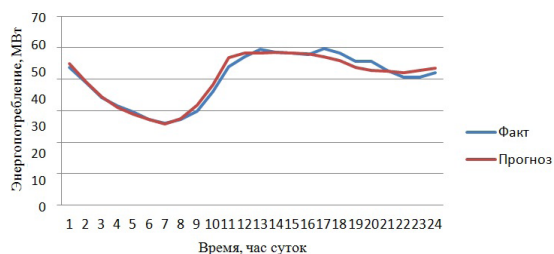


Рисунок 1 – Прогнозируемый и фактический график энергопотребления на 01.07.2018 г.

Ошибка прогнозирования (δ) определяется следующим образом:

$$\delta = \frac{y_{uj} - y_j}{y_{uj}}, \quad (11)$$

где y_{uj} – фактическое потребление электрической энергии;
 y_j – прогнозируемое потребление электрической энергии.

Таблица 1 – Прогнозирование энергопотребление с различными обучающими выборками

Среднее значение модуля ошибки при прогнозе на основе ретроспективных данных об энергопотреблении, %	Среднее значение модуля ошибки при прогнозе на основе ретроспективных данных об энергопотреблении и с учетом дня недели, %	Среднее значение модуля ошибки при прогнозе на основе ретроспективных данных об энергопотреблении с учетом дня недели и температуры окружающей среды, %
3,27	2,15	1,922

ВЫВОДЫ

В результате был получен комплекс характеристик, анализ которых позволил заключить следующее: при использовании обучающей выборки содержащей ретроспективные данные об энергопотреблении с учетом дня недели и температуры окружающей среды для краткосрочного прогнозирования на одни сутки вперед получен наилучший результат и значение средней абсолютной ошибки прогноза составило 1,922 %. Расчет значение средней абсолютной ошибки прогноза производился по формуле (11).

Таким образом установлено, что необходимо учитывать температуру окружающей среды, так как климат Казахстана предполагает динамичные изменения температуры в пределах [0 ÷ 10] градусов за один день. Введение параметра температуры в обучающую выборку позволило улучшить результат прогнозирования более чем на 1 %. Введение в обучающую выборку параметра, указывающего на принадлежность дня к выходному или рабочему, позволила уменьшить значение средней абсолютной ошибки на 0,2 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Шумилова, Г. П. Прогнозирование электрических нагрузок при оперативном управлении электроэнергетическими системами на основе нейросетевых структур/ Г. П. Шумилова, Н. Э. Готман, Т. Б. Старцева. – Екатеринбург : УРО РАН, 2008. – 88 с.
- 2 Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
- 3 Круглов, В. В.; Борисов, В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика; – М. : Горячая линия – Телеком; Издание 2-е, стер. – Москва, 2002. – 382 с.

Н. И. Калантаевская¹, С. И. Латыпов², К. Т. Кошекoв³

Электрондың жоспарлығының дәлділігінің негізгі нәтижесін ұйымдастыру әдісі

^{1,2,3}М. Қозыбаев атындағы
Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы.
Материал 12.08.19 баспаға түсті.

N. I. Kalantaevskaya¹, S. I. Latypov², K. T. Koshekov³

Research of the impact of a method of organizing a learning sample on the accuracy of forecasting electric load

^{1,2,3}M. Kozybayev North Kazakhstan State University,
Petropavl, 150000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 12.08.19.

Мақала Қазақстан Республикасының Петропавловск қаласында энергияны тұтынуды болжау мәселелеріне арналды. Әр түрлі факторлардың электр жүктемесінің болжамды дәлдігіне әсерін эксперименттік талдау. Энергияны тұтыну, қоршаған ортаның температурасы, апта күнінің түрі ретроспективті деректерді қолдану нейрондық желіні оқыту үшін білім базасы ретінде ұсынылады. Модельдеуді MATLAB бағдарламалық жасақтамасы жасайды.

The article is devoted to the issues of forecasting energy consumption in the city of Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan. Experimental analysis of the influence of various factors on the prediction accuracy of the electrical load. The use of retrospective data on power consumption, ambient temperature, type of day of the week is proposed as a knowledge base for training the neural network. The simulation is made by the MATLAB software environment.

Н. И. Калантаевская¹, С. И. Латыпов², К. Т. Кошекoв³

¹PhD докторант, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет Инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

²PhD докторант, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет Инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

³д.т.н., профессор, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет Инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан

e-mail: ¹natasha0487@mail.ru; ²slatypov@mail.ru; ³kkoshekov@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ГРАФИКОВ НАГРУЗОК НА СУТКИ ВПЕРЕД С ПОМОЩЬЮ ТЕХНИК МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В статье исследуется эффективность нормализации входных данных для построения графиков нагрузки на сутки вперед с помощью технологий машинного обучения. Моделирование проводится в программной среде Матлаб, специализирующейся на технических вычислениях и позволяющей индивидуально для каждого эксперимента произвести обработку начальных данных. В качестве техники машинного обучения для прогнозирования энергопотребления выбраны искусственные нейронные сети. В ходе эксперимента на вход нейронной сети подаются сначала не обработанные данные и вычисляется точность получившегося прогноза, далее операция повторяется с нормализованными данными. Установлено, что нормализация позволяет повысить эффективность работы нейронной сети в несколько раз. Обучение нейронной сети проводилось на реальных данных об энергопотреблении в г. Петропавловск, Республика Казахстан.

Ключевые слова: машинное обучение, нормализация данных, обработка информации, база знаний.

ВВЕДЕНИЕ

Постоянное развитие вычислительной техники позволяет внедрять различные инновации во все сферы человеческой деятельности. Электронно-вычислительная техника повышает эффективность работы различных отраслей промышленности. В энергетике применяются методы искусственного интеллекта для планирования объемов производства электрической энергии. Данные мероприятия позволяют повысить надежность работы энергетической сети, автоматизировать и оптимизировать процессы производства, распределения и потребления энергии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В данной статье методом исследования являются технологии машинного обучения. В общем случае модель работы определенной системы можно описать простой функцией $y = f(x)$. Не всегда удается описать математически функцию f и использовать ее напрямую. Основной задачей машинного обучения является поиск зависимостей наиболее точно связывающих входную переменную x и выходную y . Подборка таких значений называется обучением.

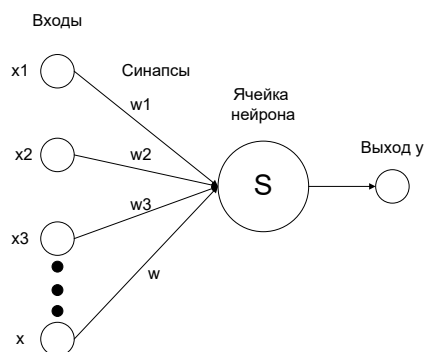


Рисунок 1 – Математическая модель нейрона

Наиболее целесообразной техникой машинного обучения для задач прогнозирования энергопотребления является использование искусственных нейронных сетей. Применение искусственных нейронных сетей [1, 2, 3] позволяет устанавливать нелинейные зависимости между будущими и фактическими значениями процессов, также они адаптивны и масштабируемы [4] к недостаткам следует отнести неопределенность в выборе структуры сети и настройке ее параметров, отсутствие прозрачности моделирования [5].

В данной работе в качестве объекта исследования рассматривается 24х часовая профиль нагрузки г. Петропавловска. На основе ретроспективных данных потребления электрической энергии, температуры окружающей среды и типе дня недели прогнозируются графики нагрузки на сутки вперед. Точность прогнозирования в данном случае напрямую зависит от качества представления исходных данных, архитектуры и способа обучения нейронной сети.

Объем потребляемой мощности принят с шагом в один час, таким образом, обучающая выборка за один календарный год составляет 8760 строк. Помимо данных о потребляемой мощности в обучающий задачник добавлены данные, влияющие на потребление, это температура окружающей среды, тип дня недели.

Таблица 1 – Выдержка из обучающей выборки

Дата	Время, час	Потребление за аналогичные сутки прошлого года, МВт	Потребление за прошлые сутки, МВт	Средняя температура, градус С°	Выходные и праздники
01.05.2017	0	37,33	28,03	5,9	1
01.05.2017	1	36,89	30,74	5,9	1
01.05.2017	2	68,55	31,76	5,9	1
01.05.2017	3	51,84	29,29	3,7	1
01.05.2017	4	41,71	40,66	3,7	1
01.05.2017	5	41,99	49,36	3,7	1
01.05.2017	6	54,26	37,18	4,7	1
01.05.2017	7	54,77	24,19	4,7	1
01.05.2017	8	31,83	54,73	4,7	1

Приведенные в таблице 1 параметры являются входными данными, подаваемыми на вход нейронов первого слоя. Количество нейронов первого слоя определяется объемом обучающей выборки. Число нейронов второго слоя определяется опытным путем в процессе обучения. Нейронная сеть, определяя весовые характеристики связей между нейронами, находит фактически потребленную нагрузку в рассматриваемый день. Фактическое потребление электрической энергии является выходным параметром сети.

Алгоритм представленный на рисунке 2 показывает процедуру ввода данных и обучения нейронной сети на их основе.

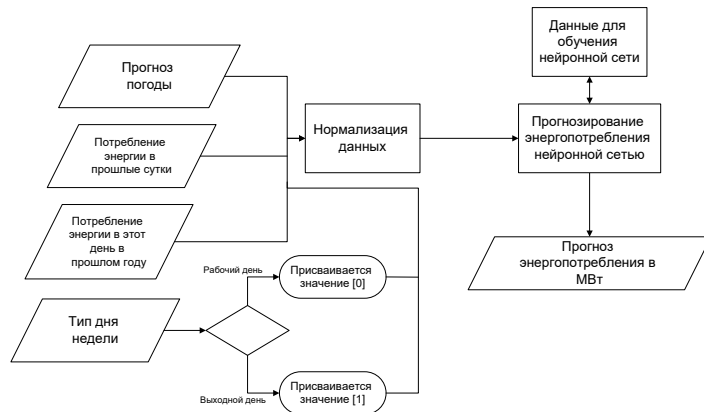


Рисунок 2 – Алгоритм процесса задания исходных данных и обучения нейронной сети

Работа алгоритма начинается с задания исходных данных, вводятся данные о прогнозе погоды в прогнозируемый день, а также ретроспективные данные об энергопотреблении за прошлые сутки и аналогичный день прошлого года. В связи с этим, для осуществления прогноза необходимо иметь базу ретроспективных данных минимум на один календарный год. При вводе типа дня недели происходит проверка на принадлежность дня к выходному либо рабочему дню, нужно значение подлежит дальнейшей обработке.

Далее введенные исходные данные подлежат нормализации в пределах [0, 1]. Процедура нормализации предусматривает приведение различных типов данных к одному виду. Такая форма записи является необходимой при обучения нейронной сети.

Нормализация данных производится по следующей формуле:

$$\hat{Y} = \frac{Y - Y_{min}}{Y_{max} - Y_{min}}, \quad (2)$$

где \hat{Y} – нормализованное значение переменной,

Y – фактическое, ненормализованное значение переменной,

Y_{min} – минимальное значение переменной в базе данных,

Y_{max} – максимальное значение переменной в базе данных.

Нормализованные данные поступают на вход нейронной сети, где происходит ее обучение.

Все данные обучающей выборки были нормализованы для того, чтобы все значения данных лежали в одном интервале и оказывали одинаковое

влияние на обучение сети. Нормализация данных осуществлялась с помощью функций MATLAB (рис. 1).

```
>> %% Load data from Excel
norm = 1;
inputs = xlsread('dataset.xlsx', sprintf('B%d:F%d', 2, 17497));
targets = xlsread('dataset.xlsx', sprintf('G%d:G%d', 2, 17497));
data = [inputs, targets];
%% Normalization
if norm == 1
    for i = 1: length(data)
        max_ = max(max(data));
        min_ = min(min(data));
        for j = 1: length(data(i,:))
            data(i,j) = (data(i,j) - min_)/(max_ - min_);
        end
    end
end
%% Save as
inputs = data(:, 1: end - 1)';
targets = data(:, end)';
save('inputs.mat', 'inputs');
save('targets.mat', 'targets');
```

Рисунок 3 – Нормализация данных

Представленный программный код позволяет в автоматическом режиме формировать и сохранять обновленную базу данных, содержащую только нормализованные данные.

В процессе эксперимента на вход нейронной сети подавались не нормализованные данные и нормализованные, ошибки прогнозирования в обоих случаях представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Пример прогнозирования нагрузки с помощью искусственных нейронных сетей с нормализацией входных данных и без нее

Дата	Фактическая нагрузка, МВт	Модуль ошибки прогнозирования при нормализации данных, %	Модуль ошибки прогнозирования без нормализации данных, %
29.04.2018	44,49	2,15	10,12
29.04.2018	39,32	0,96	5,38
29.04.2018	36,59	0,16	18,11
29.04.2018	35,1	0,38	13,26
29.04.2018	34,26	0,68	7,55

29.04.2018	34,6	0,11	8,78
29.04.2018	31,18	0,29	11,15
29.04.2018	31,39	0,05	13,76
29.04.2018	35,75	1,13	9,24

Согласно данных, представленных в таблице 2, являющихся примером работы нейронной сети, ошибка прогнозирования при нормализации данных значительно ниже. В первом случае ошибка лежит в пределах $[0,05 \div 2,15]$ %, во втором – $[5,38 \div 13,76]$ %.

ВЫВОДЫ

Эффективность прогноза энергопотребления зависит от формы представления исходных данных. Экспериментальным путем установлено, что нормализация данных повышает точность прогноза энергопотребления.

На основании оценки погрешности прогноза выявлено, что включение нормализации данных в обработку исходной информации позволяет достичь значения средней абсолютной ошибки прогноза 1,9 % при прогнозе потребления электрической энергии городом Петропавловском.

Полученная точность достаточна для использования результатов прогноза в диспетчерском управлении электрическими сетями.

Повышение эффективности работы энергетической системы возможно при оптимальном распределении электрической мощности между элементами электрических сетей. При краткосрочном планировании режима работы энергосистемы основной информацией являются прогнозируемые данные об энергопотреблении. В этом случае результативность диспетчерского управления на прямую будет зависеть от точности прогноза графика нагрузки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Zhisheng Zhang and Wenjie Gong** Short-Term Load Forecasting Model Based on Quantum Elman Neural Networks (Mathematical Problems in Engineering) vol. 2016.

2 **J. W. Taylor and R. Buizza**, «Neural network load forecasting with weather ensemble predictions,» IEEE Trans. Power Syst., vol. 17, no.3, – pp. 626–632, 2002.

3 **Osman, Z. H.; Awad, M. L.; Mahmoud, T. K.** «Neural network based approach for short-term load forecasting,» Power Systems Conference and Exposition, 2009. PSCE '09. IEEE/PES, vol., no., – pp. I-8, 15–18 March 2009.

4 **Хайкин С.** Нейронные сети: полный курс. – М. : ООО «И. Д. Вильямс», 2006. 1104 с.

5 **Mazengia, D. H.** Forecasting Spot Electricity Market Prices Using Time Series Models: Thesis for the degree of Master of Science in Electric Power Engineering. Gothenburg, Chalmers University of Technology, 2008. 89 p.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Н. И. Калантаевская¹, С. И. Латыпов², К. Т. Кошекoв³

Машина оқыту әдістемесінің көмегімен күнтізбелік кестеде мәліметтерді қалыпқа келтіру әдісін қолдану тиімділігін зерттеу

^{1,2,3}М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

N. I. Kalantaevskaya¹, S. I. Latypov², K. T. Koshekov³

Research of efficiency of application of the method of normalization of data when building schedules days forward by means of machine training technique

^{1,2,3}North Kazakhstan State University named after M. Kozybayev,

Petropavl, 150000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақалада машинаны оқыту технологиясын қолдана отырып, бір күндік жүктеме кестесін құру үшін кіріс деректерін қалыпқа келтірудің тиімділігі қарастырылады. Модельдеу Matlab бағдарламалық қамтамасыздандыру ортасында жүзеге асырылады, ол техникалық есептеулерге мамандандырылған және әр тәжірибе үшін бастапқы мәліметтерді жеке өңдеуге мүмкіндік береді. Жасанды нейрондық желілер қуатты тұтынуды болжау үшін машинаны оқыту әдісі ретінде таңдалды. Тәжірибе барысында өңделмеген мәліметтер алдымен нейрондық желінің кірісіне беріледі және алынған болжамның дәлдігі есептеледі, содан кейін операция қалыпқа келтірілген мәліметтермен қайталанатын. Қалыптастыру нейрондық желінің тиімділігін бірнеше есе арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды. Нейрондық желі Қазақстан Республикасының Петропавл қаласында энергияны тұтынудың нақты деректері бойынша оқытылды.

The article examines the effectiveness of the normalization of input data for constructing load schedules for the day ahead using machine learning technologies. The simulation is carried out in the Matlab software environment, which specializes in technical calculations and allows for the processing of initial data individually for each experiment. Artificial neural networks were chosen as a machine learning technique for predicting power consumption. During the experiment, the non-processed data is first fed to the input of the neural network and the accuracy of the resulting prediction is calculated, then the operation is repeated with normalized data. It has been established that normalization allows to increase the efficiency of the neural network several times. The neural network was trained on real energy consumption data in the city of Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan.

ГРНТИ 86.35.00

А. Д. Кантарбаева¹, С. А. Бекеева², Е. Ж. Князов³

¹н.с. Лаборатории регламентации в области охраны труда, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²к.б.н., доцент, с.н.с. Лаборатории регламентации в области охраны труда, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³н.с. Лаборатории регламентации в области охраны труда, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан

e-mail: nauka@rniiot.kz

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА РАБОТНИКОВ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В результате проведенной оценки профессиональных рисков на изучаемом предприятии обрабатывающей промышленности было установлено, что все работники основного производственного подразделения во время трудового процесса подвергаются воздействию психофизиологического фактора (тяжесть и напряженность труда). При этом риск травматизма работников связан с воздействием элементов конструкции производственного оборудования. Также неблагоприятное воздействие оказывают на работников предприятия высокая и низкая температура поверхности оборудования, поражение электрическим током, угроза пожара электричеством и другие факторы. Работникам данного предприятия установлена 3 степень риска, так как опасность работы связана с технологическим циклом работ по выпуску асфальта и холодных смесей.

Ключевые слова: оценка профессионального риска, травматизм, несчастный случай, аттестация рабочих мест, обрабатывающая промышленность.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что в настоящее время Казахстан уделяет особое внимание вопросам, связанным с профессиональными рисками. В связи с этим, Республика Казахстан, как член МОТ, разрабатывает программы, направленные на сокращение смертности, травматизма и профессиональных заболеваний на производстве путем перехода к системе управления рисками [1, 2]. В последнее время во многих ведущих странах мира концепция оценки риска рассматривается в качестве основного механизма выработки управленческих решений, которые направлены на создание безопасных условий для трудовой деятельности и сохранение здоровья населения [3, 4]. Следовательно, проведение оценки профессионального риска работников предприятия обрабатывающей промышленности, на котором основан новый подход к управлению охраной труда, подтверждает актуальность данного исследования.

Цель – изучить степень профессионального риска работников предприятий обрабатывающей промышленности в зависимости от условий труда.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основным видом деятельности подразделения предприятия обрабатывающей промышленности является выпуск асфальта и холодных смесей для дорожного строительства. На территории площадки расположены основные производственные участки: асфальто-бетонный завод, дробильно-сортировочное установок, бетонномесительной установок, водители и механизаторы, рабочие (рисунок 1).

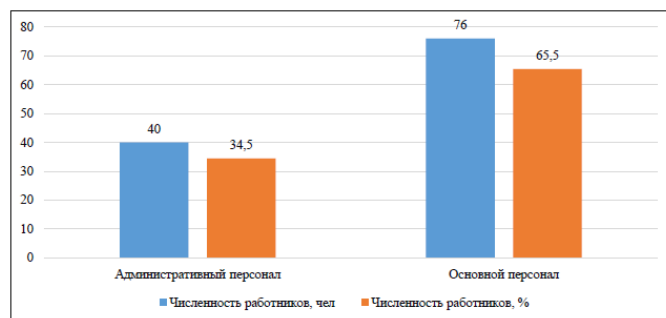


Рисунок 1 – Численность работников предприятия в разрезе подразделений

Из представленных данных следует, что от общей численности работников 65,5 % занимают работники основного производственного персонала, 34,5 % административный персонал.

Оценка профессионального риска по показателям вредности условий труда проводилась согласно Методике, разработанной РГКП «РНИИОТ МТСЗН РК» [5]. Профессиональный риск работников исследуемого предприятия проведена путем расчета индивидуального профессионального риска для каждой профессии на основании 5-ти показателей: вредности условий труда; травмоопасности трудового процесса; безопасности производственного оборудования; обеспеченности средствами индивидуальной защиты; риска заболеваемости. В исследовании оценки риска приняли участие 116 работников предприятия, из них – 100 мужчин и 16 женщин.

Производственный персонал предприятия (76 человек) представили рабочие таких профессий как старший оператор АБЗ, оператор АБЗ, битумовар, оператор пескомойки, дробильно-сортировочное установок (оператор ДСУ, помощник оператора ДСУ, рабочий), бетонномесительной установок (оператор БСУ, рабочий), водители и механизаторы (машинист асфальто укладчика, машинист фрезы, машинист катка, машинист м.м., машинист трактора МТЗ-80, машинист трактора МТЗ-83, машинист экскаватора, машинист бульдозера, водитель автопогрузчика, машинист погрузчика, машинист автогрейдера, машинист крана, водитель автогудринатора, водитель автобуса, водитель а/м ГАЗель, водитель а/м УАЗ, водитель МАЗ, водитель а/м ВАЗ, водитель КамАЗа, водитель КамАЗ-битумовоз, водитель водовоза, водитель цементовоза), рабочие (бригадир бордюрищиков, дорожный мастер, асфальтировщик, бордюрищик, дорожный рабочий, рабочий, сварщик, плотник, токарь).

Непроизводственную сферу (40 человек) представляли работники АУП, не находящиеся в течение рабочего дня в прямом контакте с вредными производственными факторами, и работающие в штатном режиме.

Оценка вредности условий труда производственного подразделения была проведена для выявления профессий (профессиональных групп), наиболее подверженных воздействию вредных и/или опасных производственных факторов с определением их видов и установлением степени их воздействия на организм работника, на основании результатов аттестации в котором профессии производственного подразделения имеют различные условия труда. Так, результаты оценки вредности условий труда показали, что из 70 исследуемых профессии производственного персонала к 3 степени (средняя) риска относятся 29 (76,3 %) профессии. К 2 степени (низкий) риска относятся 9 (15,8 %) профессии (главный бухгалтер, материальный бухгалтер, бухгалтер, рабочий ДСУ, водитель, а/м ВАЗ-21015, бордюрищик, рабочий, дорожный рабочий, плотник). К 1 степени риска (допустимая) относятся 32 (7,9 %) профессии административного управления. Установлено превышение уровней производственных факторов психофизиологического воздействия, таких как тяжесть и напряженность трудового процесса (Таблица 1).

Таблица 1 – Оценка индивидуального профессионального риска работников основного производственного подразделения обрабатывающей промышленности

№ п/п	Подразделение	Наименование профессии	вредности условий труда	травм опасности условий труда	Оценка				Степень риска
					безопасности производственного оборудования	обеспеченности СИЗ	заболеваемости	заболеваемости	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
33	АБЗ	Старший оператор АБЗ	3	3	2	2	1	3	
34		Оператор АБЗ	3	3	2	2	1	3	
35		Битумовар	3	3	2	2	1	3	
36		Оператор пескомойки	3	3	2	2	1	3	
37		Оператор ДСУ	3	3	2	2	1	3	
38		ДСУ	Помощник оператора ДСУ	3	3	2	2	1	3
39			Рабочий	3	3	2	2	1	3
40	БСУ	Оператор БСУ	3	3	2	2	1	3	
41		Рабочий	2	3	2	2	1	2	
42		Водители и механизаторы	Машинист асфукл/ка	3	3	1	2	1	3
43			Машинист фрезы	3	2	1	2	1	2
44			Машинист катка	3	2	1	2	1	2
45			Машинист м. м.	3	2	1	2	1	2
46			Машинист трактора МТЗ-83	3	2	1	2	1	2
47			Машинист экскаватора	3	2	1	2	1	2
48			машинист бульдозера	3	2	1	2	1	2
49	Вол. автопогрузчика		3	2	1	2	1	2	
50	Машинист погрузчика		3	3	1	2	1	3	
51	ХСМGGР 215А	Машинист авторейдера	3	2	1	2	1	2	
52		Машинист крана КС-4361	3	3	1	2	1	3	
53		Водитель автогидромолота	3	2	1	2	1	2	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
54		Водитель автобуса	3	2	1	2	1	2	
55		Водитель а/м ГАЗель	3	2	1	2	1	2	
56		Водитель а/м УАЗ	3	2	1	2	1	2	
57		Водитель МАЗ-555102	3	2	1	2	1	2	
58		Водитель а/м ВАЗ-21015	2	2	1	2	1	2	
59		Водитель КамАЗа	3	3	1	2	1	3	
60		Водитель водовоза (Н680СЕ)	3	2	1	2	1	2	
61		Водитель цементовоза	3	2	1	2	1	2	
62		Рабочие	Бригадир бордюрщиков	1	4	1	2	1	2
63			Дорожный мастер	1	2	2	2	1	2
64			Асфальтировщик	3	3	2	2	1	3
65	Бордюрщик		2	3	1	2	1	2	
66	Дорожный рабочий		2	3	1	2	1	2	
67	Рабочий		2	3	1	2	1	2	
68	Сварщик		3	3	2	2	1	3	
69	Плотник		2	2	1	2	1	2	
70	Токарь		1	3	2	2	1	2	

Оценка травмоопасности условий труда проведена для выявления профессиональных групп, наиболее подверженных воздействию механических факторов с определением их видов и установлением степени воздействия на организм работника. Так, по результатам оценки травмоопасности условий труда 4 степень риска установлена у бригадира бордюриков так как на этом рабочем месте в 2014 году имелось место несчастного случая. Работник получил тяжелую травму головы; 3 степень риска установлена по таким профессиям как, старший оператор АБЗ, оператор АБЗ, битумовар, оператор пескомойки, оператор ДСУ, помощник оператора ДСУ, рабочий, оператор БСУ, рабочий, машинист асфальтоукладчика, машинист экскаватора, машинист погрузчика, машинист крана, водитель КамАЗа, асфальтировщик, бордюрищик, рабочий, дорожный рабочий, сварщик, токарь.

Оценка безопасности производственного оборудования была проведена для выявления профессий, которые находятся в зоне возможного опасного воздействия производственного оборудования, не соответствующего нормативным требованиям безопасности с учетом тяжести последствий воздействия на работника. По результатам оценки безопасности производственного оборудования по всем профессиям предприятия установлено 2 степень (низкая) риска, так как оборудования, применяемые в производственном процессе, не обеспечены необходимыми сертификатами и не соответствуют нормативно-техническим требованиям.

Оценка обеспеченности средствами индивидуальной защиты (СИЗ) проведена для выявления профессий, не обеспеченных специальной одеждой, обувью и т.д. в соответствии с установленными требованиями по 3-м критериям: соответствие выдачи СИЗ с установленными нормами; наличие нормативно-технической документации на выдачу СИЗ; наличие сертификатов качества на используемые СИЗ. По результатам оценки обеспеченности СИЗ установлено по всем профессиям предприятия 2 степень риска, так как, применяемые в производственном процессе средства индивидуальной защиты имеют сертификаты качества и испытание средств защиты, а также соответствуют нормативно-техническим требованиям.

Оценка риска заболеваемости для выявления профессий (профессиональных групп), наиболее подверженных заболеваниям с определением их продолжительности дней нетрудоспособности и установлением степени риска развития профессионально-обусловленных заболеваний не была проведена в связи с отсутствием больничных листов нетрудоспособности.

ВЫВОДЫ

При оценке степени индивидуального профессионального риска работников 70 профессий предприятия (управленческого и производственного персонала) было установлено: 1 степень риска (*допустимый*) по 31 профессий (44,3 %); 2 степень риска (*низкий*) по 25 профессии (35,7 %); 3 степень риска (средний) по 14 профессий (20,0 %). Профессиональные риски 4 (*высокий*) и 5 (*очень высокий*) степени отсутствуют.

В результате проведенной оценки профессиональных рисков на предприятии обрабатывающей промышленности было установлено, что все работники основного производственного подразделения во время трудового процесса подвергаются воздействию психофизиологического фактора (тяжесть и напряженность труда).

Работникам производственного персонала предприятия установлена 3 степень риска, так как опасность работы связана с технологическим циклом работ по выпуску асфальта и холодных смесей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Хамитов, Т. Н.** Современные методические подходы к оценке профессионального риска работающего населения / Т. Н. Хамитов – Сб. Межд. конф. «Медицина и просвещение» (Кемерово) Том. 1. 2018. – С. 63–68.

2 Руководство по системам управления охраной труда. МОТ-СУОТ 2001/ ILO-OSH 2001. – Женева : Международное бюро труда, 2003.

3 **Кантарбаева, А. Д., Еселханова, Г. А.** Производственный травматизм в обрабатывающей промышленности Республики Казахстан Теория и практика современной науки №12(30) 2017.

4 **Еселханова, Г. А.** Система управления охраны труда на основе управления профессиональными рисками в Республике Казахстан / Г. А. Еселханова, С. А. Бекеева. – Сб. Межд. конф. «Актуальные вопросы медицины труда в Казахстане «Хризотил и Здоровье». – Караганда, 2018. – С. 32–33.

5 **Бисакаев, С. Г.** Методические рекомендации по внедрению системы управления профессиональными рисками на предприятии / С. Г. Бисакаев, Ш. К. Абикенова, Ж. Х. Есбенбетова. – ISBN 978-601-06-4724-4. – Астана : РГКП «РНИИОТ МТСЗН РК», 2017. – 84 с.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

А. Д. Кантарбаева¹, С. А. Бекеева², Е. Ж. Князов³**Кәсіпорынның өнеркәсібінің кәсіпорындағы кәсіби қауіптіктерді бағалау**

^{1,2,3}Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты» РМҚК, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы
Материал 12.08.19 баспаға түсті.

A. D. Kantarbaeva¹, S. A. Bekeyeva², T. Zh. Knyazov³**Assessment of professional risks at the enterprise of the processing industry**

^{1,2,3} State Enterprise «Republican Research Institute for Labor Protection of the Ministry of Labor and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 12.08.19.

Зерттелетін өндірістік кәсіпорында кәсіби тәуекелді бағалау нәтижесінде еңбек процесінде негізгі өндірістік бөлімшенің барлық жұмыскерлері психофизиологиялық факторға (еңбек ауырлығы мен қарқындылығы) ұшырады деп анықталды. Сонымен қатар, жұмыскерлерге зиян келтіру қаупі өндіріс жабдықтарын жобалау элементтерінің әсерімен байланысты. Сондай-ақ, жабдықтың беті жоғары және төменгі температурасы, электр тогының соғуы, электр қуаты және өзге де факторлар кәсіпорын жұмыскерлеріне жағымсыз әсер етеді. Осы компанияның жұмыскерлері 3 дәрежелі тәуекелге ие, себебі жұмыс істеу қаупі асфальт және суық қоспаларды өндіру бойынша технологиялық циклмен байланысты.

As a result of a professional risk assessment at the studied manufacturing enterprise, it was found that all employees of the main production unit during the labor process are exposed to a psychophysiological factor (severity and intensity of labor). At the same time, the risk of injury to workers is associated with the impact of elements of the design of production equipment. Also, high and low temperature of the surface of the equipment, electric shock, fire hazard by electricity and other factors have an adverse effect on the employees of the enterprise. Employees of this company have 3 degrees of risk, since the danger of work is associated with the technological cycle of work on the production of asphalt and cold mixtures.

М. М. Кулькеева

магистрант, кафедра Делового Администрирования, Университет менеджмента AlmaU, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан
e-mail: mufasa27@mail.ru

АНАЛИЗ РЫНКА ТЕПЛО И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Данная статья направлена на изучение и анализ состояния рынка тепло и гидроизоляционных материалов на строительном рынке Республики Казахстан. Тепло и гидроизоляционные материалы используются в строительстве жилых зданий и промышленных сооружений. Для чего нужно утепление зданий и сооружений? Утепление необходимо для сохранения прохлады в жаркий период времени и предотвращения промерзания конструкции в зимний период. Правильно утепленное сооружение позволяет сохранить целостность конструкции здания, предотвращая разрушение бетона, и увеличивая срок эксплуатации. Так же в утепленном доме уменьшаются расходы на отопление или охлаждение здания, так как предотвращены возможные варианты тепло потерь через неутепленные конструкции. Основными сегментами на рынке теплоизоляции являются три сегмента: минеральная вата (на основе базальтового волокна с добавлением синтетических связующих), стекловолокно (силикатное волокно), газонаполненные пластмассы (экструдированный и вспененный пенополистирол). Гидроизоляция зданий и сооружений это – защита от проникновения воды во внутрь помещения. В случае неправильной гидроизоляции и попадания воды в помещение мы получаем разрушительный эффект, ненадежная гидроизоляция влечет за собой расход дополнительных денежных средств на устранение проблемы. Различают несколько видов гидроизоляционных материалов: битумно- рулонные материалы, праймеры и мастики, а так же ПВХ мембраны.

Ключевые слова: теплоизоляция, гидроизоляция, утепление, конкуренция, строительство, строительные материалы.

ВВЕДЕНИЕ

Рынок тепло и гидроизоляционных материалов представлен широким спектром продукции в Казахстане. Конкуренция на данном рынке является

неотъемлемой частью экономики страны, при помощи её компании контактируют друг с другом. Наряду с ростом ассортимента товаров увеличивается как количество производителей, так и продавцов данных материалов. М. Портер определяет конкуренцию как двигатель прогресса и как главный фактор, автор считает что, компания должна быть успешной либо она потерпит крах [Портер М., 2015, с. 140]. Его модель классификации стратегий образует национальный «ромб» из конкурентных преимуществ (состояние спроса, стратегия фирм, условия для факторов производства, родственные отрасли. Конкурентное преимущество компании, представляет собой совокупность свойств материалов: миссия, брендбук, команда, уровень узнаваемости, уровень культуры, партнеры с мировым именем и т.д., обуславливается различными факторами. Р. Грант отмечает в своих трудах, что для анализа конкурентоспособности и конкурентов, для начала необходимо провести анализ потенциальных и существующих конкурентов в своем рыночном секторе [Грант Р. М., 1991, с. 60].

А. Томпсон и А. Стрикленд отмечают схожую модель классификации стратегий [Томпсон А. А., Стрикленд А. Дж., 1998, с. 226], с моделью М. Портера, но с 5 вариантами подхода к стратегии конкуренции:

- стратегия снижения издержек, привлекает много покупателей;
- стратегия широкой дифференциации специфические качества, привлекает много покупателей;
- стратегия оптимальных издержек при широкой дифференциации, ценность для покупателей;
- стратегия рыночной ниши, низкие издержки и узконаправленные покупатели;

По И. Ансоффу, стратегия сохранения конкурентоспособности компании должна определяться тремя главными факторами [Ансофф И., 1989, с. 120].

- существующее положение как совокупность продуктов и рынков, на которых работает компания сейчас;
- вектор роста, который задает направление развития компании на основе ее существующего положения;
- конкурентное преимущество – ключевые особенности существующих и будущих продуктов и рынков, которые могут обеспечить фирме сильную конкурентную позицию.

По Адизесу, в процессе роста любая организация сталкивается с определенными трудностями и проблемами [Адизес И., 2014, с. 245]. На каждом этапе развития организации их можно условно разделить на две большие категории: болезни роста, т.е. проблемы, обусловленные незрелостью компании, которых очень трудно избежать; и организационные патологии.

Различия двух категорий проблем состоят в том, что непреодоленные болезни роста превращаются в патологии, излечиться от которых самостоятельно организация уже не в состоянии. Чтобы сформировать понятие модели управления конкурентоспособностью компании, нужно сначала расписать этапы процесса управления конкурентоспособностью компании. Этапы состоят из: подготовительного, маркетингового исследования рынка, выявления сильных и слабых сторон, разработки и внедрения маркетинговой стратегии, мониторинга результатов исполнения маркетинговой стратегии и работы по ее изменению или дополнению, контроля и оценки эффективности исполнения выбранной стратегии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для оценки конкурентоспособности компании вначале необходимо провести ряд анализов, по итогам которых можно будет делать выводы руководству компании в каком направлении нужно двигаться. Основным драйвером развития отрасли строительных материалов в том числе тепло и гидроизоляционных, является объемы строительных работ. В 2017 году на строительство жилья было направлено 979,8 млрд. тенге (из всех источников), что на 11,6 % больше, чем в 2016 году.

На рисунке 1 представлена динамика объемов, выполненных строительных работ в Республике Казахстан за пять лет.

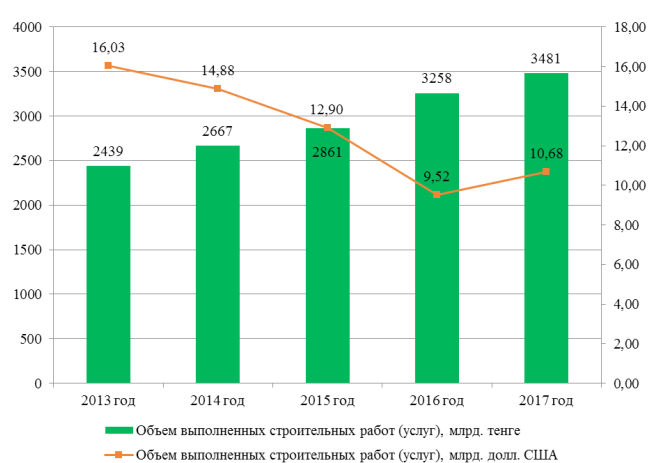


Рисунок 1 – Динамика объемов выполненных строительных работ в Республике Казахстан за 2013–2017 годы

Примечание: источник [4]

Рисунок 1 показывает, что в 2017 году наметился рост (в долларовом исчислении) объемов, выполненных строительных работ. Так, если в 2016 году стоимость строительных работ и услуг составляла 9,52 млрд. долларов США, то в 2017 году – 10,68 млрд. долларов США. Но в 2017 году не был достигнут уровень исследуемых 2013–2015 годов, что дает возможность прогнозировать его дальнейший рост при сохранении стабильности национальной валюты. В тенговом исчислении рынок строительных услуг растет в течении всего исследуемого периода. Но именно долларовое исчисление рассматриваемого вида деятельности дает более четкую картину ситуации в строительной отрасли. Это обусловлено не только использованием импортной строительной продукции в процессе строительных работ и услуг, но и валютными кредитами строительных компаний, необходимости повышать постоянные и переменные расходы (заработная плата, ГСМ, электроэнергия, аренда и пр.). Стоимостное исчисление объемов строительных работ (даже с использованием двух валют), не всегда дает полную и достоверную картину развития рынка. Рассмотрев показатели построенных жилых и нежилых объектов, а также ряд других данных, были выявлены следующие показатели, которые приведены на рисунке 2.

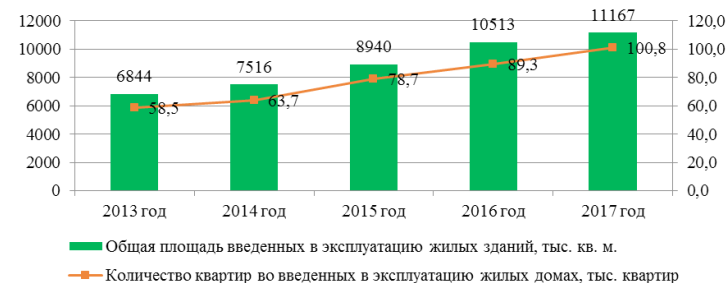


Рисунок 2 – Показатели по введенным жилым зданиям за 2013–2017 годы

Примечание: источник [4]

Общая площадь введенных в эксплуатацию жилых зданий увеличивается с 6844 тыс. квадратных метров в 2013 году до 8940 тыс. квадратных метров в 2015 году и до 11 167 тыс. квадратных метров в 2017 году. Также увеличивается и количество введенных новых квартир с 58,5 тысяч в 2013 году до 78,7 тысяч в 2015 году и до 100,8 тысяч в 2017 году. Сохранение объемов строительства жилых зданий обусловлено увеличением финансирования государственных программ по обеспечению населения доступным жильем. Наибольшее число жилых домов располагаются

на территории Южно-Казахстанской области (доля составляет 20 %) и Алматинской (13 %) области, практически равномерно в городской и сельской местности [4]. Однако по числу многоквартирных жилых домов лидируют Алматинская и Карагандинская области (доля каждой из них составляет 12 % в общем фонде многоквартирных домов), на долю Восточно-Казахстанской и Костанайской областей приходится 11 % и 10 % многоквартирных домов соответственно [4]. Тепло и гидроизоляционные материалы входят структурно в список строительных материалов. Данные типы строительных материалов широко используются как при строительстве жилых зданий, так и при строительстве нежилых зданий. В отличие от жилых зданий, строительство которых поддерживается за счет государственных ресурсов (как социально значимые расходы), нежилые помещения в меньшей степени охвачены государственной поддержкой. В следующем рисунке 3 показаны объемы строительных работ по объектам исключительно нежилого характера (торговые здания, производственные помещения, склады и пр.).

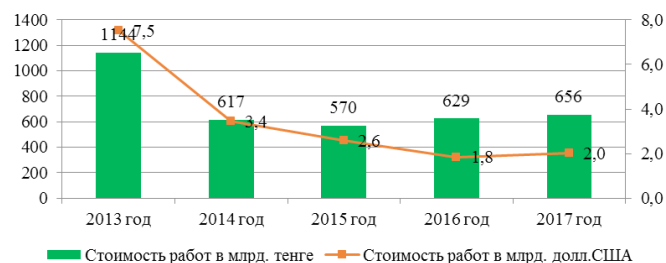


Рисунок 3 – Показатели по введенным нежилым зданиям за 2013-2017 годы

Примечание: источник [4]

Рисунок 3 показывает, что в секторе строительства нежилых объектов спад начался в 2014 году и продолжался до конца 2017 года. Несмотря на то, что стоимость выполненных строительных работ по нежилым зданиям в 2016–2017 увеличивается, они все равно в значительной степени ниже докризисного (для конкретно данной сферы) периода.

Рынок строительных материалов в том числе тепло и гидроизоляции является одним из наиболее перспективных рынков в Республики Казахстан. Рынок находится на стадии роста со стабильными положительными показателями темпов прироста количества построенных объектов и пр. Важнейшим фактором стабильности и роста строительного рынка является выделение государственных средств на реализацию различных социально-

экономических программ. Рассматривая социальные факторы, можно остановиться на следующих аспектах строительного рынка:

- демографические изменения;
- уровень благосостояния населения.

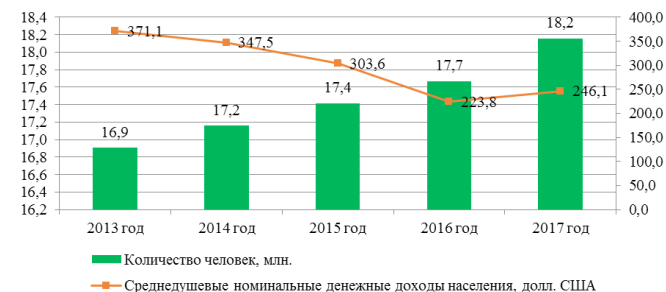


Рисунок 4 – Динамика демографических показателей за 2013-2017 годы

Примечание: источники [4]

Рисунок 4 показывает, что количество населения увеличивается с 16,9 млн. человек в 2013 году до 17,4 млн. человек в 2015 году и до 18,2 млн. человек в 2017 году. Увеличение населения ведет к росту строительства жилья, школ, больниц и других объектов строительства. Фактор для роста существует если не в краткосрочном периоде, то в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Среднедушевые номинальные денежные доходы (в долларах США в месяц) сокращаются с 371,1 долларов США в 2013 году до 223,8 долларов США в 2016 году. В 2017 году наблюдается небольшой рост до 246,1 долларов США, которые не превышают показатели в 2013–2015 годах. Данный фактор негативно отражается на показателях развития строительной отрасли (коммерческий сектор). При расчете инвестиций в строительство зданий с жилым и нежилым коммерческим назначением (с использованием тепло и гидроизоляции) учитывается платежеспособность конечного потребителя услуг. Если покупательская способность низкая, то весь расчеты по строительству новых объектов могут быть негативными, то есть показать убыток, что ведет к отказу от проектов строительства зданий коммерческого назначения (жилые комплексы и дома, склады, производственные цеха, торговые дома и пр.). При анализе технологических факторов обращается внимание на возможные изменения в основных технологиях, используемых на рынке строительных материалов. В рамках ГПИИР внедряются новые технологии, но темпы внедрения достаточно низкие для того чтобы обеспечить полное импортозамещение.

Таблица 1 – PEST– анализ рынка строительных материалов Республике Казахстан

P	Политические факторы имеют высокий уровень государственной поддержки в части строительных, но при этом имеет место снижение объемов финансирования строительства социальных объектов, сдерживание обесценения национальной валюты.
E	Экономические факторы. Влияет снижение объемов строительных работ по нежилым зданиям в 2015–2016 годы, а значит объемов производства строительных материалов в РК, с последующим наращиванием темпов строительства капитального и жилищного, значимых объектов, а также ремонта и модернизации, что повышает уровень спроса на теплоизоляционную продукцию, ввозимую в Казахстан. С 2015 года работает ЕАЭС, что значительно увеличило значение B2B модели ведения бизнеса, с целью повышения стабильности собственного бизнеса и это конкурентное преимущество компании.
S	Социально– культурные факторы. Рост численности населения РК, но при этом снижение среднедушевого дохода населения, снижение количества уже обученных сотрудников в компаниях по производству строительных материалов, затраты на обучение методам работы с современным оборудованием. Ярко выраженных социально-культурных особенностей нет.
T	Технологические факторы. Технологии производства и использования развиваются за рубежом и только потом находят применение в РК.

Уровень отраслевой конкуренции зависит от действия пяти конкурентных сил модели Портера, этот анализ определит прибыльность бизнеса, он влияет на цены, которые могут диктовать компании, на расходы, которые им приходится нести, на размеры капиталовложений, необходимых для конкурентной борьбы в данной отрасли. В Таблице 2 приведен анализ конкурентной среды на основе модели М. Портера.

Таблица 2 – Анализ конкурентной среды на основе модели М. Портера

Конкурентная сила	Воздействие конкурентных сил
1 Угроза проникновения на рынок потенциальных конкурентов	В связи с созданием ЕАЭС угроза появления новых игроков достаточно высока. Барьеры, для вхождения на рынок теплоизоляционной продукции, следующие: – необходимый капитал, для проникновения на рынок, составляет от 150 млн. тг.; – доступ к каналам поставок и реализации велик, находится в секторе B2B; – эффект роста доходности достигается благодаря увеличению товарооборота в комплексе с конкурентоспособной ценовой политикой, а следовательно за счет развития компании в секторе B2B

2 Власть покупателей	Потребителями товаров исследуемой компании являются строительные организации. Большое количество потребителей, а также нормативно-правое регулирование процесса закупок, снижает рыночную власть потребителей. В секторе B2B власть покупателей достаточно высока, так как покупатели рассчитывают на особые постпродажный сервис, гибкую ценовую политику
3 Власть поставщиков	Небольшое количество отечественных поставщиков, повышает рыночную власть поставщиков в секторе B2B.
4 Угроза со стороны товаров-заменителей	Исследуемая компания работает в сфере торговли теплоизоляционной продукцией. Поэтому даже если появятся продукты-заменители, то исследуемая компания может с новыми производителями также работать в секторе B2B
5 Конкуренция между традиционными конкурентами	Уровень конкурентной борьбы достаточно высок. На рынке присутствует ряд сильных конкурентов, но высокие темпы развития рынка теплоизоляционных материалов, рост государственных расходов на строительную отрасль позволяет не ужесточать конкурентную борьбу с существующими конкурентами.

Таким образом, из пяти сил конкуренции наибольшую угрозу представляет появление новых конкурентов из стран ЕАЭС. Для снижения этой угрозы руководству представляется необходимым выявить ключевую компетенцию компании, то что будет отличать ее от конкурентов в той же отрасли. Основной задачей торговой компании является продвижение и представление продукции на рынке тепло и гидроизоляционных материалов, а также предоставление услуг по расчетам и консультациям.

Для обеспечения конкурентоспособности компании, ее руководство, должно постоянно думать, о наиболее эффективном использовании нужных и имеющихся в ее распоряжении, ресурсов и инструментов. Таким образом, конкурентоспособность компании – понятие относительное, которое обуславливается, как способность сделать лучшее торговое предложение по сравнению с конкурентной компанией, но при этом оптимизировать затраты. Присутствие нескольких торговых компаний с одинаковым продуктом в одном сегменте рынка и есть сама конкуренция: продавцы борются за право предоставить лучшее торговое предложение, сделать потенциального потребителя своим постоянным клиентом. На уровень конкурентоспособности компании влияет: техническое соответствие товара, который предлагает компания, уровень маркетинга в компании, соответствие требованиям покупателя, обучение персонала, профессиональная, полная консультация покупателям, сроки поставки товара, сроки гарантий, цена, условия оплаты,

соответствие всем техническим нормам и стандартам, поставщики товаров и услуг, мобильность, логистика, уровень сервиса, гарантия качества, уровень спроса и предложения, а так же экономическая ситуация в данном регионе. Анализ состояния рынка тепло и гидроизоляционных материалов, и компаний, которые занимаются продажей тепло и гидроизоляционных материалов в промышленном и гражданском строительстве, таких как: минеральная вата, стекловолокно, ПВХ мембраны, наплавляемые рулонные материалы, ветрозащита, полистирол. Для изучения конкурентной среды необходимо провести SWOT-анализ, выявить сильные и слабые стороны компании и ее конкурентные преимущества.

Таблица 3 – SWOT-анализ

Сил Сильные стороны	Сла Слабые стороны
1 Наличие опыта долгосрочного сотрудничества с отечественными и зарубежными поставщиками продукции 2 Специализированный отдел продаж B2B 3 Наличие популярных мест реализации продукции 4 Высокий имидж среди поставщиков и покупателей 5 Высокий уровень пост продажного обслуживания покупателей 6 Гибкая ценовая политика для участников рынка B2B	1 Низкий уровень капитализации как фактор привлечения новых партнеров в секторе B2B 2 Дефицит квалифицированных кадров для разработки и реализации стратегии развития
Возможности	Угрозы
1 Увеличение товарооборота за счет расширения новых энергоэффективных продуктов, выпускаемых поставщиками–производителями. 2 Тенденция развития строительной отрасли в Республике Казахстан 3 Перспектива увеличения внутреннего потребления продукции за счет активного государственного стимулирования развития строительного рынка 4 Ограниченное число сильных конкурентов на рынке и сложность вхождения на рынок новых казахстанских предприятий 5 Стабильный рост спроса теплоизоляционные материалы 6 Государственная поддержка, государственное финансирование инвестиционных проектов в строительном секторе 7 Расширение сотрудничества по модели B2B с производителями стран ЕАЭС	1 Угроза сокращения государственных программ строительства 2 Не развита логистика передвижения продукции на региональные рынки в которых компания не имеет собственных представительств и филиалов 3 Высокая зависимость спроса от стабильности мировой финансовой системы 4 Ужесточение конкуренции со стороны предприятий стран ЕАЭС 5 Внутренний рост цен на энергоносители, что влияет на конкурентоспособность реализуемой продукции отрасли. 6 Возможность вхождения российского рынка B2B 7 Вторая волна мирового финансового кризиса

Так как стратегия торговой компании заключается в стремлении стать одним из крупнейших поставщиков тепло и гидроизоляционных материалов в Казахстане, а цель компании заключается в увеличении доли рынка до 40 %. Которая в свою предполагает увеличить прибыль собственного предприятия на 25 % к 2021 году. Руководству компании рекомендуется на основе проведенного анализа рынка тепло и гидроизоляционных материалов:

- расширить объемы продаж теплоизоляционной и гидроизоляционной продукции с целью более полного использования потенциала рынка;
- выйти с новыми видами теплоизоляционной продукции на уже освоенный рынок;
- выйти с уже поставляемой продукцией к новым партнерам в сегменте B2B;
- начать мероприятия по повышению уровня известности и имиджа;
- предоставлять услуги шеф монтажа при приобретении продукции;

Необходимо отметить, что наименее рискованным является расширение объема продаж. Затем идет выход с новыми видами теплоизоляционной продукции на старые рынки и выход со старым ассортиментом теплоизоляционной продукции на новые рынки. Развитие компании должно быть нацелено на использование предоставляемых рынком B2B возможностей. Работа со старым продуктом на старом рынке не требует новых знаний и умений ни в области маркетинга, ни в области технологий. Поэтому стратегия расширения объемов продаж теплоизоляционной продукции на уже задействованных рынках подвержена минимальному риску. В то же время компания может развиваться на уже освоенных рынках B2B, находящихся в стадии зрелости. Связано это с тем, что расширение объемов продаж на зрелых рынках требует отнятия покупателей у конкурентов. Завоевание же верных конкурентам покупателей сегмента B2B может потребовать значительных финансовых затрат. Как известно маркетинговая политика предприятия включает в себя товарную, ценовую, сбытовую политику, а также политику продвижения товара на рынке. Именно по такой схеме будет изложена политика предприятия: от выбора товара, определения его цены, различных методов сбыта до конечного этапа – продвижения товара на рынке B2B.

Руководство и сотрудники компании, используя исследования рынка, конкурентов и потребителей, должны разрабатывать программу действий предприятия в области прогнозирования рынка B2B, увеличения поставок теплоизоляционной продукции и повышения объема продаж, прогнозировать жизненный цикл теплоизоляционной продукции.

Сокращения:

B2B – Business to Business, буквально бизнес для бизнеса

ГПИИР – Государственная программа индустриально-инновационного развития

ЕАЭС – Евразийский Экономический Союз

РК – Республика Казахстан

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Адизес, И., Управление жизненным циклом корпораций. – 2014. – С. 578.

2 Ансофф, И., Стратегическое управление/Implanting Strategic Management. – Экономика, 1989. – С. 520.

3 Грант, Р. М. Основанная на ресурсах теория конкурентного преимущества: последствия для разработки стратегии // California Management Review 3, 1991. – С. 45–71.

4 Отчет «Статистика инвестиций и строительства. 6 серия. О выполнении строительных работ и вводе в эксплуатацию объектов в Республике Казахстан. Январь-декабрь 2017 года». Комитет по статистике МНЭ РК. // [Электронный ресурс]. – www.gov.stat.kz

5 Портер, М. Как конкурентная стратегия формирует стратегию // Harvard Business Review. – 2015. – С. 137–145.

6 Томпсон, А. А., Стрикленд, А. Дж. Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии. 1998. – с. 576.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

М. М. Кулькеева

Қазақстан Республикасындағы жылу және гидроқшаулағыш материалдар нарығын талдау

AlmaU Алматы Менеджмент Университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

М. М. Kulkeyeva

Market analysis of heat and waterproofing materials in the Republic of Kazakhstan

Almaty Management University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Бұл мақала Қазақстан Республикасының құрылыс нарығындағы жылу және гидроқшаулағыш материалдар нарығының жай-күйін зерделеуге және талдауға бағытталған. Жылу және гидроқшаулағыш материалдар тұрғын үйлер мен өнеркәсіптік құрылыстардың құрылысында пайдаланылады. Ғимараттар мен құрылыстарды жылыту не үшін қажет? Жылыту ыстық уақыт кезеңінде салқынды сақтау және қысқы кезеңде конструкцияның қатып қалуының алдын алу үшін қажет. Дұрыс жылытылған құрылыс бетонның бұзылуына жол бермей, пайдалану мерзімін ұлғайтып, ғимарат құрылымының тұтастығын сақтауға мүмкіндік береді. Сол жылы пальтоға үйінде азаяды шығындар жылыту немесе салқындату ғимаратының сияқты жағдайлар кедергі болуы ықтимал нұсқалары жылу шығынын арқылы жылытылмаған конструкциялары. Жылу оқшаулау нарығындағы негізгі сегменттер үш сегмент болып табылады: минералды мақта (синтетикалық байланыстырушы қосылған базальт талшығы негізінде), шыны талшығы (Силикат талшығы), газ толтырылған пластмассалар (экструдирленген және көбіктенген пенополистирол). Ғимараттар мен құрылыстарды гидроқшаулау-бұл-үй-жайдың ішіне судың кіруінен қорғау. Дұрыс емес гидроизоляция және үй-жайға су түскен жағдайда біз жойғыш әсер аламыз, сенімсіз гидроизоляция проблеманы жоюға қосымша ақша қаражатын жұмсауға әкеледі. Гидроизоляциялық материалдардың бірнеше түрі бар: битум-рулонды материалдар, праймерлер мен мастиктер, сондай-ақ ПВХ мембраналар.

This article is aimed at studying and analyzing the state of the market of heat and waterproofing materials in the construction market of the Republic of Kazakhstan. Heat and waterproofing materials are used in the construction of residential buildings and industrial facilities. Why do you need insulation of buildings and structures? Insulation is necessary to maintain coolness in the hot period of time and prevent freezing of the structure in winter. Properly insulated structure allows you to maintain the integrity of the building structure, preventing the destruction of concrete, and increasing the service life. Also insulation reduces the cost of heating or cooling of the building, as prevented possible options for heat loss through non-insulated structures. The main segments of the thermal insulation market are three segments: mineral wool (based on basalt fiber with the addition of synthetic binders), glass fiber (silicate fiber), gas-filled plastics (extruded and foamed polystyrene). Waterproofing of buildings and structures is protection from water penetration into the interior. In the case of improper waterproofing and water ingress into the room, we get a devastating effect, unreliable waterproofing entails the consumption of additional funds to eliminate the problem. There are several types of waterproofing materials: bitumen-roll materials, primers and mastics as well as PVC membranes.

ГРНТИ 44.31.29

**А. К. Мергалимова¹, Р. А. Умирзаков²,
Б. Онгар³, О. М. Талипов⁴**

¹доктор PhD, ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³доктор PhD, ст. преподаватель, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;

⁴доктор PhD, асоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан

e-mail: ¹almagul_mergalimova@mail.ru; ²ars_uran@mail.ru;

³ongar_bulbul@mail.ru; ⁴talipov1980@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЖАТОГО И СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ РАСТОПКИ И СТАБИЛИЗАЦИИ ГОРЕНИЯ ФАКЕЛА В КОТЛАХ

В статье приводится сравнительный анализ экономичности, при использовании в качестве растопочного топлива и для поддержания горения факела, сжатого (компримированного) природного газа. Предложена технология замены растопочного мазута на газообразное топливо, выделяемое при специальной термической обработке угля, а также внедрения данного способа растопки котельных агрегатов на угольных тепловых электрических станциях.

Ключевые слова: природный газ, компримированный природный газ, сжиженный природный газ, экономичность, детандер-генераторная установка, котельная установка, растопка.

ВВЕДЕНИЕ

Природный газ, как топливо, имеет важные преимущества перед мазутом: у него высокая теплотворная способность, более простая технология подготовки к сжиганию и подачи в топку, что существенно снижает затраты, а также является более чистым топливом по сравнению с мазутом.

Природный газ – смесь газов, образовавшихся в недрах Земли при анаэробном разложении органических веществ. Природный газ в пластовых условиях (условиях залегания в земных недрах) находится в газообразном состоянии – в виде отдельных скоплений (газовые залежи) или в виде газовой шапки нефтегазовых месторождений, либо в растворённом состоянии в нефти или воде. При стандартных условиях (101,325 кПа и 20 °С) природный газ находится только в газообразном состоянии. Также природный газ может находиться в кристаллическом состоянии в виде естественных газогидратов [1, 2].

Разведанные запасы природного газа, с учетом новых открытых месторождений на Каспийском шельфе, и утвержденные Государственной комиссией по запасам, составляют 3,7 трлн. куб.м, в том числе: растворенного газа – 2,4 трлн. куб. м, и свободного газа – 1,3 трлн. куб.м., потенциальные и прогнозные ресурсы по газу достигают 6–8 трлн. куб.м, что связано с активным освоением казахстанского шельфа Каспия.

Наиболее крупными предприятиями по добыче природного газа являются: Karachaganak Petroleum Operating B.V., КРО (48 %), СП ТОО «Тенгизшевройл» (24,4 %), АО «СНПС-Актобемунайгаз» (9,8 %), Толкыннефтегаз (4,2 %), АО «Разведка Добыча «КазмунайГаз» (3,7 %), СП «Казгермунай» (1,9 %), АО «Мангистаумунайгаз» (1,3 %) и АО «Амангельды Газ» (1,1 %), в скобках указана доля компании в добыче природного газа.

Потребление газа в стране непрерывно возрастает, однако оно остается неравномерным по регионам РК, причем северные, центральные и восточные районы обеспечены газом в наименьшей степени. Доставлять газ на станции и котельные, расположенные в районах удаленных от централизованного газоснабжения, для использования в качестве резервного и растопочного топлива удобнее в компримированном (сжатом) или сжиженном состоянии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Если сравнивать сжатый природный газ и сжиженный, для использования на ТЭС и котельных в качестве растопочного топлива, то они практически равноценны. На рисунке 1 представлены технологические этапы производства и транспортировки до потребителя сжатого и сжиженного природного газа.



Рисунок 1 – Технологические этапы СПГ и КПП транспортировки

При рассмотрении количества топлива в единице объема сжиженный газ обладает некоторым преимуществом, в одинаковом объеме содержится сжиженного природного газа (СПГ) в 3 раза больше, чем компримированного природного газа (КПП) при давлении 20 МПа. Но при этом технология ожижения природного газа более дорогостоящая и использование сжиженного газа технологически сложнее. На рисунке 2 представлена диаграмма Сэнки, на ней показаны энергозатраты на технологических этапах производства и транспортировки потребителю компримированного и сжиженного природного газа. [2, 3].

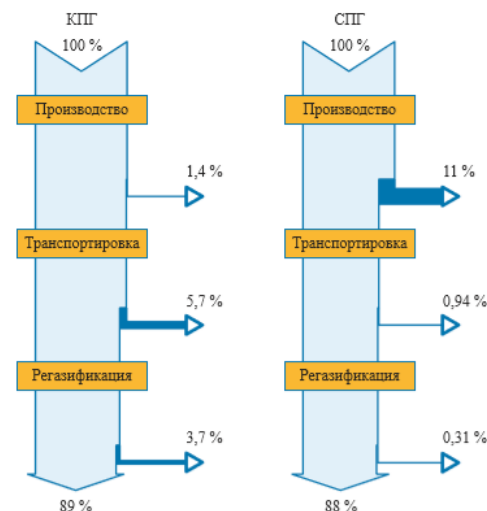


Рисунок 2 – Диаграмма Сэнки: энергозатраты на этапах реализации технологий КПП, СПГ

На диаграмме мы видим, что несмотря на различие энергозатрат при производстве и транспортировке КПП и СПГ, в итоге энергозатраты не сильно различаются: 89 % и 88 %.

Но у компримированного природного газа есть одно существенное преимущество – возможность регенерации части энергии, израсходованной при компримировании.

Применение сжатого природного газа технологически практически совпадает с получением газа из магистральной сети, для ТЭС на природном газе. В дополнение к этому, при установке воздушных турбин на выходе сжатого газа из объемов хранения, есть возможность «вернуть» часть электрической энергии, затраченной на сжатие газа [4].

Уменьшение давления газа обычно производится в дросселирующих устройствах различных типов, в которых энергия избыточного давления газа расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений и, таким образом, безвозвратно теряется. Правда, при этом в ряде случаев возможно получение достаточного количества холода.

В целом ряде государств сейчас уделяется значительное внимание полезному использованию (утилизации) энергии избыточного давления природного газа, разработке и внедрению соответствующих установок. Последнее подтверждается многочисленными примерами действующих утилизационных установок на газораспределительных станциях и на газораспределительных пунктах. Единичная мощность некоторых из них достигает 10–12 МВт.

Сжатый газ подают в специальную машину, так называемый детандер. Это трехступенчатая турбина, в принципе по конструкции мало чем отличающаяся от обычных газовых и паровых турбин. Газ входит в нее под высоким давлением, расширяется там и выходит с низким давлением. Когда газ расширяется, его температура понижается, так как он отдает при этом тепловую энергию. Согласно первому закону термодинамики. За счет изменения энергии газа совершается работа: воздействуя при расширении на сопловые лопатки турбины, газ заставляет вращаться ее вал. Новая конструкция лопаток позволяет при изменении давления газа поддерживать стабильным его расход в турбине и тем самым стабилизировать ее выходную мощность [5].

Вал турбины связан с валом электрогенератора, чем и образуется детандер-генераторный агрегат (ДГА).

Таким образом, энергия сжатого газа, прежде выбрасываемая в атмосферу, теперь преобразуется в электрическую энергию. Газ же низкого давления из турбины направляется потребителю.

Известные сейчас турбодетандерные утилизационные установки применяются на газораспределительных станциях, на газораспределительных пунктах различных энергетических объектах, например на газотурбинных компрессорных станциях магистральных газопроводов и тепловых электрических станциях. На рисунке 3 представлена простейшая схема детандер – генераторной установки с подогревом газа.

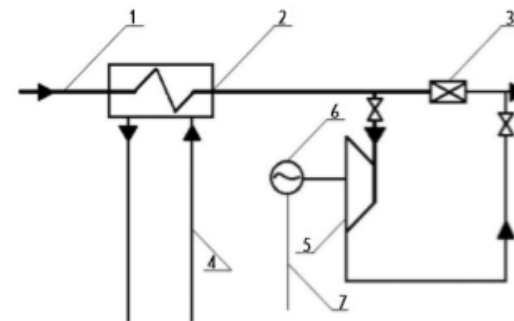


Рисунок 3 – Принципиальная схема детандер-генераторного агрегата с подогревом газа: 1 – трубопровод высокого давления; 2 – теплообменник подогрева газа высокого давления, или снятия холода; 3 – дросселирующее устройство газопровода; 4 – трубопровод с дымовыми газами; 5 – детандер; 6 – генератор; 7 – электрическая сеть

К теплообменнику 2 подводится теплоноситель для подогрева газа перед детандером. В детандере 5 происходит преобразование энергии движущегося потока в механическую энергию, а затем в генераторе 6 – в электрическую. Также предусмотрено дросселирующее устройство 3 на случай выхода из строя детандера или других составляющих, которое продолжит подавать в котельную газ с необходимыми параметрами [6].

Отличительной особенностью детандер-генераторных агрегатов является то, что газ перед детандером должен быть подогрет до такой температуры, чтобы на выходе из детандера температура газа была не ниже 0°С. Это связано с обеспечением нормальных условий работы как самого детандера, так и газовых трубопроводов. Газ перед детандером подогревается, как правило, до 80...120 °С. Для подогрева газа на ДГА, установленных на станциях понижения давления (ГРС и ГРП), обычно используются теплообменники, греющей средой в которых является вода, нагретая в котлах, сжигающих органическое топливо. На теплоэлектроцентрали газ может быть подогрет за счет теплоты отборного пара турбоустановки, при наличии работающих турбин, горячей водой, либо за счет установки перед детандером теплонасосной установки ТНУ. При этом энергия для вращения компрессора теплонасосной установки подается от электрогенератора детандер-генераторного агрегата. Рабочим телом в детандере является транспортируемый газ [7].

ВЫВОДЫ

Таким образом, природный газ более эффективен для растопки котлоагрегатов и обеспечения устойчивого воспламенения пылеугольного факела чем мазут. Использование природного газа дает значительное снижение финансовых затрат, связанных с дороговизной мазута. Также снижаются расходы энергии на собственные нужды станции, повышается экономичность и эффективность растопки котлоагрегатов.

Сравнительный анализ эффективности использования компримированного и сжиженного газа показывает, что сжатый природный газ при меньшей теплоте сгорания (на единицу объема) по сравнению с сжиженным газом (пропан – бутан) и при меньшем весовом содержании в единице объема имеет более высокую энергетическую и эксплуатационную эффективность. Это обусловлено несколькими обстоятельствами:

- возможностью извлечения части энергии, затраченной на сжатие газа, например при установке детандеров;
- возможностью извлечения холода, возникающего при расширении сжатого газа от исходного давления до давления, используемого при поступлении в котел;
- меньшими энергетическими затратами на технологию компримирования газа чем на ожижение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Надиров, Н. К.** Нефть и газ Казахстана. – Алматы : Гылым, 1995. – 400 с.

2 Обоснование перспектив применения инновационных технологий комплексной и глубокой переработки углей в Приморском крае АНО «Центр стратегических исследований топливно-энергетического комплекса дальнего востока». – 2013.

3 **Aliyarov, B., Mergalimova, A., Zhalmagambetova, U.** Application of coal thermal treatment technology for oil-free firing of boilers // Latvian journal of physics and technical sciences. – 2018. – Vol 2. – P. 45–54.

4 **Алияров, Б. К., Мергалимова, А. К.** На ТЭС и котельных мазут или сжатый газ? // Матер. IV Междунар. науч. – практ. конф., посвященная 20 – летию Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения»: – Астана, 2016. – С. 43–46.

5 **Мавжудова, Ш. С., Усмонов, Н. О.** Использование потенциальной энергии сжатого природного газа для выработки электрической энергии. // Наука, техника и образование . – 2016. – № 11. – С. – 49–52.

6 **Горячев, С. В., Горохов, В. В.** Способ совместной выработки электроэнергии, тепла и холода в системах газоснабжения на станциях технологического понижения давления газа. // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2014. – № 2. – С. 22–25.

7 **Агабабов, В. С., Утенков, В. Ф., Хаймер, Ю. Ю.** Получение экологически чистой электроэнергии при утилизации энергии давления транспортируемого природного газа // Энергосбережение и водоподготовка. – 1999. – № 4. – С. 52–55.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

A. K. Mergalimova¹, P. A. Umirzakov², B. Ongar³, O. M. Talipov⁴

Қазандықтарда алау жануын тұрақтандыру және жағу үшін сығылған және сұйытылған табиғи газды пайдаланудың үнемділігін салыстырмалы талдау

^{1,2}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³М. Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы,
Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы;

⁴С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы.
Материал 12.08.19 баспаға түсті.

A. K. Mergalimova¹, R. A. Umirzakov², B. Ongar³, O. M. Talipov⁴

Comparative analysis of the efficiency of compressed and liquefied natural gas for kindling and stabilization of a torch burning in the boilers

^{1,2}S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

³M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications,
Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan;

⁴S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 12.08.19.

Мақалада отын ретінде пайдалану кезінде және алаудың жануын, сығылған (сығымдалған) табиғи газды қолдау үшін үнемділіктің салыстырмалы талдауы келтіріледі. Көмірді арнайы термиялық өңдеу кезінде бөлінетін газ тәрізді отынға жағу мазутын ауыстыру технологиясы, сондай-ақ көмір жылу электр станцияларында қазандық агрегаттарын жағу тәсілін енгізу ұсынылды.

The article presents a comparative analysis of the efficiency when using compressed (compressed) natural gas as a fire fuel and to maintain the combustion of the torch. The technology of replacement of fuel oil by gaseous fuel released during special heat treatment of coal, as well as the introduction of this method of heating boiler units at coal thermal power plants.

ГРНТИ 82.05.21

**Б. Б. Оразбаев¹, Ж. Е. Шангитова², Т. С. Кенжебаева³,
К. Н. Оразбаева⁴, В. Е. Махатова⁵**

¹д.т.н., профессор, Факультет Информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

²докторант PhD, Факультет Информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

³докторант PhD, Факультет Информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

⁴д.т.н., профессор, Факультет Бизнеса, Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

⁵к.т.н, доцент, Факультет Физики, математики и информационных технологий, Атырауский государственный университет имени Х. Досмухамедова, г. Атырау, 060000, Республика Казахстан
e-mail: togzhan_kenzhebaeva@mail.ru

ЗАДАЧА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ СЕРЫ В РЕАКТОРЕ КЛАУСА И МЕТОД ЕЕ РЕШЕНИЯ В НЕЧЕТКОЙ СРЕДЕ

В статье приведены результаты формализации, постановки задачи принятия решений по управлению процессом выработки серы в реакторе Клауса установки получения серы в нечеткой среде и предложенный метод полученной задачи. Предложен двухуровневый метод решения задачи прогнозирования времени работы объекта и позволяющий определить достаточно точное значение целевой функции (верхний уровень – задача нечеткого математического программирования, решаемая по схеме Беллмана – Заде, а нижний уровень – метод Пауэла, используемый для решения задачи оптимального управления каталитической стадией процесса Клауса). Приведены результаты решения поставленной задачи в нечеткой среде: графики решения задачи поиска минимума Z по схеме Беллмана-Заде и исследования работы алгоритма поиска оптимального управляющего воздействия. Задача оптимизации

и управления режимами работы установки производства серы в условиях многокритериальности и нечеткости исходной информации поставлена на основе компромиссных схем – абсолютной (относительной) уступки и принципа идеальной точки в виде задачи принятия решений в нечеткой среде и предложен эвристический метод ее решения.

Ключевые слова: процесс получения серы, реактор Клауса, нечеткая информация, принятия решений, компромиссные схемы.

ВВЕДЕНИЕ

На практике более эффективным подходом к исследованию и оптимизации процесса производства серы в реакторе Клауса является разработка его математических моделей данного реактора, на основе которых можно оптимизировать процесс получения серы.

Известно серия работ по методам математического моделирования и оптимизации технологических объектов и процессов нефтепереработки и других производств. Однако, на практике имеется множество производственных объектов, различные производственные ситуации, задачи моделирования и оптимизации их режимов работы, формализация и решения которых с помощью традиционных математических методов не дает адекватных решений или не могут быть получены. Например, к таким объектам и задачам можно отнести химико-технологические системы (ХТС), которые функционируют в условиях неопределенности, связанной со случайностью и с нечеткостью исходной информации. Формализация и решение таких задачи моделирования и оптимизации при различных производственных ситуациях, кроме нечеткости исходной информации, усложняются еще из-за многокритериальности объектов и процессов оптимизации.

Сложность или невозможность измерения некоторых важных параметров технологических процессов затрудняет применение детерминированных и вероятностных методов, для моделирования и оптимизации режимов их работы. В связи с этим появились новые методы формализации и решения количественно трудноописываемых, т.е. нечетких задач, которые опираются на нечеткую информацию, получаемую от экспертов, лица, принимающего решения (ЛПР), в виде их суждений о функционировании объекта и учитывающую их предпочтения в процессе поиска и выбора оптимальных или компромиссных решений [9].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В общем виде задачу управления каталитической стадией процессом получения серы в реакторе Клауса можно сформулировать следующим

образом: минимизировать критерий оптимальности S при наложенных связях в виде математической модели объекта $f(x_1, \dots, x_n, \Psi, u) = 0$ и ограничениях в виде неравенств $g(x_1, \dots, x_n) \geq 0$, а также ограничение на срок службы катализатора $\tau \leq T_{min}$ [8].

$$I_1 = \int_0^{\tau} S(t) dt \rightarrow \min \quad (1)$$

где $S(t)$ – выбросы в атмосферу серосодержащих соединений, [об. %], τ – срок службы катализатора, [мес.]; u – управляющее воздействие (расход воздуха горения на термореакторе F-001), [м³], $x_i \in X$ – вектор входных координат; Ψ – вектор состояния; T_{min} – межремонтный интервал функционирования установки получения серы.

Состав ограничений на вектора входных координат и состояния $g(x_1, \dots, x_n) \geq 0$, а также на управляющее воздействие $U_{min} \leq u \leq U_{max}$ определяются исходя из технологического регламента.

Рассмотрим задачи и методы управления каталитической стадией процесса получения серы по методу Клауса с использованием исходной нечеткой информации. Декомпозиция поставленной задачи оптимизации (1) позволяет оптимального управления $U(t)$ свести к поиску последовательности субоптимальных управлений U_j (где j – номер соответствующего статического режима). Задача поиска субоптимального управления является конечномерной задачей оптимизации соответствующих статических режимов функционирования процесса и определения момента t_k их решения.

Основными особенностями данной задачи являются: наличие нелинейного критерия оптимальности, заданного алгоритмом своего вычисления на некотором временном интервале; задача решается с помощью одной управляющей переменной; математическая модель объекта управления является гибридной; имеются ограничения типа неравенств наложенные на переменные вектора состояния, управления и входа объекта; объект является нестационарным, основной причиной его нестационарности является изменение активности катализатора.

Активность катализатора Z определяется с помощью интеллектуальной модели дезактивации катализатора и представляет собой нечеткую цель, достижение которой обеспечит необходимую эффективность ведения процесса.

Пусть $U = \{u\}, u \in [3.6; 5.0]$ – универсальное множество возможных управляющих воздействий (альтернатив). Нечеткая цель, которая обеспечивает минимум Z , описывается нечетким подмножеством, т.е. имеет место отображение $Z \rightarrow U, [0, 1]$. Чем больше степень принадлежности

альтернативы и нечеткому множеству Z (чем больше значение $\mu_Z(u)$), тем больше степень достижения указанной цели при выборе этой альтернативы.

Проведено имитационное моделирование для исследования вида функций принадлежности цели и ограничений [5]. Анализ результатов показал, что $\mu_Z(u)$ можно аппроксимировать с помощью известной Гауссовой функции принадлежности. Описанная задача расчета Z , обеспечивающая минимальное значение этого параметра с учетом наложенных на него ограничений относится к классу задач нечеткого математического программирования (НМП). Это задача выполнения нечеткой цели Z , при наличии нечетких ограничений $c_k(u)$, $k=1..3$, которая решается за счет пересечения нечетких множеств цели и ограничений, т.е. на основе подхода Беллмана-Заде [3].

Существует три основных причины дезактивации катализатора – содержание CH_4 в технологическом газе (ограничение $c_1(u)$); термическая деструкция из-за высокой температуры в реакторе (ограничение $c_2(u)$); сульфатация (ограничение $c_3(u)$).

В данной постановке задачи следует говорить об удовлетворении ограничениям с некоторой степенью их важности $\lambda_k \in (0,1)$: $\sum_{k=1}^3 \lambda_k = 1$.

Влияние сульфатации на активность катализатора является наиболее сильным и как следствие, удовлетворение этому ограничению является с точки зрения эффективного решения более важным. Функция принадлежности решения, с учетом коэффициентов относительной важности k -ого ограничения, примет вид [3]:

$$\mu_D = \mu_G \cap (\mu_{C_1})^{\lambda_1} \cap (\mu_{C_2})^{\lambda_2} \cap (\mu_{C_3})^{\lambda_3} \quad (2)$$

Поставленная задача НМП решена с использованием схемы Беллмана-Заде: задаются коэффициенты относительной важности k -ого ограничения, производится аппроксимация функций принадлежности $\mu_G, \mu_{C_1}, \mu_{C_2}$ гауссовой, а μ_{C_3} показательной функцией принадлежности и вычисление μ_D с помощью (2) (рисунок 1).

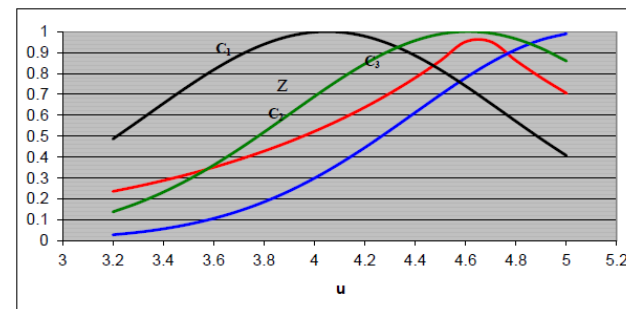


Рисунок 1 – Решение задачи поиска минимума Z по схеме Беллмана-Заде

Анализ результатов численного моделирования, показал, что целевая функция имеет несколько минимумов и непрерывна на интервале $U_{min} \leq u \leq U_{max}$ (т.е. при расходе воздуха $3000 \leq F_A \leq 11300 \text{ м}^3$, рисунок 2).

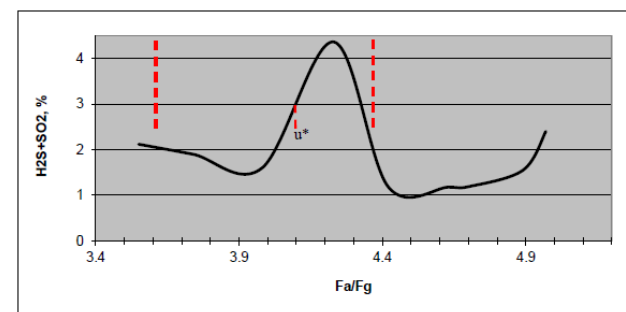


Рисунок 2 – Исследование работы алгоритма поиска оптимального управляющего воздействия – расход воздуха горения в термическом реакторе 33-F-001

Для решения задачи оптимального управления каталитической стадией процесса Клауса применен метод последовательного оценивания с использованием квадратичной аппроксимации (метод Пауэлла).

Задается значение начальной точки u_1 , которое выбирается с помощью:

$$G_B^{ном} = k_3 G_{KT}^{ex} \cdot (1.5C_1 + 2C_4) \quad (3)$$

где $k_3=4.76$; $G_B^{ном}$ – количество воздуха необходимое для полного окисления сероводорода до сернистого ангидрида. [$\text{м}^3/\text{ч}$]; $k_f=10^3$ – поправочный коэффициент, учитывающий размерности величин; C_p, C_2 – концентрации сероводорода и сернистого ангидрида после реактора, [об. доли].

Величина $G_B^{ном}$ рассчитана при фиксированном расходе кислого газа в подогреватель. Величина шага по оси F_A/FG . (Δu) выбрана исходя из класса точности прибора, измеряющего расход воздуха в подогреватель перед первым каталитическим реактором. Использование (3) позволило выбрать точку находящуюся близко к глобальному минимуму, что значительно снизило время поиска экстремума функции, которое при заданных постоянных (таблица 1) не превышает 6 с.

Таблица 1 – Результаты работы алгоритма поиска экстремума функции

Точка останова ζ_m	λ_k	u^*	Время работы алгоритма, сек.
[0,01;0,1]	[0.1;0.3;0.6]	4,51	до 6
$f^*(X,u^*)$	T прогнозное, сут.	T факт., сут.	Относительная ошибка, %
0,99	1790	1800	0,56

Предложенный двухуровневый алгоритм (верхний уровень – задача НМП, решаемая по схеме Беллмана-Заде; нижний уровень – метод Пауэлла) позволяет сделать прогноз времени T с точность до 10 сут. (погрешность 0,56 %) и достичь значения целевой функции 0,99 %, что ниже допустимой нормы этого показателя в 2 раза.

Качество работы установки получения серы (УПС), оцениваются множеством критериев. Для оптимального управления УПС требуется эти критерии обратить в экстремум. Такие задачи формализуются в виде задач принятия решений по выбору оптимальных режимов работы объекта, которые решаются на основе математических моделей управляемого объекта [2]. При решении задач управления такими сложными объектами часто возникает ряд проблем, связанных с множеством противоречивых и нечетко описываемых критериев, определяющих качество работы объекта. В этих случаях при решении рассмотренных задач основными источниками информации станут человек (специалисты-эксперты, технолог, оператор) т.е. его знания, опыт, интуиция и суждения, которые выражаются содержательно, словами, называемой в теорий нечетких множеств нечеткой информацией [1, 2].

Рассмотрим подход к формализации и постановку задачи принятия решений (ПР) по управлению УПС в условиях проблем многокритериальности и нечеткости исходной информации [7]. Формализуем и приведем постановку задачи управления технологической установкой производства серы в виде задачи ПР.

Пусть $\mu_0(x) = (\mu_0^1(x), \dots, \mu_0^m(x))$ – нормализованный вектор критериев $f_i(x), i = \overline{1, m}$, оценивающий критерии управления УПС. Допустим, что для каждого нечеткого ограничения $\varphi_q(x) \gtrsim b_q, q = \overline{1, L}$ построена функция принадлежности его выполнения $\mu_q(x), q = \overline{1, L}$. Известен или лицо, принимающее решение (ЛПР) задает ряд приоритетов для локальных критериев $I_k = \{1, \dots, m\}$ и ограничений $I_r = \{1, \dots, L\}$, либо весовой вектор, отражающий взаимную важность критериев $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$ и ограничений $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_L)$.

На основе идеи различных компромиссных схем принятия решений и их комбинации, модифицируя их для работы в нечеткой среде можно получить набор корректных математических постановок задач ПР в нечеткой среде и на основе методов теории нечетких множеств разработать методов их решения [6].

Например, используя идеи принципов уступки (для критериев) и идеальной точки (для ограничений) модифицируя их на случай нечеткого характера исходной информации, задачу ПР по выбору режима работы УПС можно записать в виде:

$$\max_{x \in X} \mu_0(x), \mu_0(x) = \sum_{i=1}^m \gamma_i \mu_0^i(x) \text{ или } \mu_0(x) = \prod_{i=1}^m (\mu_0^i(x))^{\gamma_i} \quad (4)$$

$$X = \{x : x \in \Omega \wedge \arg(\mu_q(x) \geq \min \| \mu(x) - \mu^u \|_D), q = \overline{1, L}\} \quad (5)$$

где $\| \cdot \|_D$ – используемая метрика D , $\mu(x) = (\mu_1(x), \dots, \mu_L(x))$, $\mu^u = (\max \mu_1(x), \dots, \max \mu_L(x))$ (возможен вариант использования в качестве координат идеальной точки единиц: $\mu^u = (1, \dots, 1)$, $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$ – весовой вектор, отражающий взаимную важность локальных критериев. В (4) приведены различные уступки: абсолютной и относительной, можно предложить другие варианты относительной уступки.

Для решения приведенной задачи предлагаем следующий метод, разработанный на основе модификации компромиссных схем абсолютной (относительной) уступки и идеальной точки [3]:

Метод А (О)У+ ИТ:

1 С привлечением ЛПР определить значений весового вектора, оценивающие взаимную важность локальных критериев (целевых функций) $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$, $\gamma \geq 0, i = 1, m, \sum_{i=1}^m \gamma_i = 1; \beta \geq 0, i = \overline{1, L}, \sum_{i=1}^m \beta_i = 1;$

2 Определить вид уступки абсолютной $\mu_0(x) = \sum_{i=1}^m \gamma_i \mu_0^i(x)$ или относительной $\mu_0(x) = \prod_{i=1}^m (\mu_0^i(x))^{\gamma_i}$, или другие варианты относительной уступки;

3 Определяется терм-множества $T(X, Y)$, описывающие качественные (нечеткие) параметры задачи.

4 Строятся функции принадлежности выполнения нечетких ограничений $\mu_q(x), q = \overline{1, L}$.

5 Определяются координаты идеальной точки. В качестве координат этих точек можно использовать максимальные значения функции принадлежности: $\mu^u = (\max \mu_1(x), \dots, \max \mu_L(x))$ или единицы: $\mu^u = (1, \dots, 1)$ (если функции принадлежности нормальные).

6 Выбирается вид метрики $\|\mu(x) - \mu^u\|_D$, определяющей расстояние решения x^* от идеальной точки μ^u .

7 Решить задачу (4)–(5) и определить решения: текущие значения параметров: $x(\gamma, \|\cdot\|_D)$; значения локальных критериев $\mu_0^1(x(\gamma, \|\cdot\|_D)), \mu_0^2(x(\gamma, \|\cdot\|_D)), \dots, \mu_0^m(x(\gamma, \|\cdot\|_D))$ и степень выполнения нечетких ограничений $\mu_1(x(\gamma, \|\cdot\|_D)), \dots, \mu_L(x(\gamma, \|\cdot\|_D))$.

8 Предъявить ЛПР полученное решение. Если текущие результаты не удовлетворяют ЛПР, то им назначаются новые значения весового вектора γ , и (или) выбирается новый вид метрики $\|\cdot\|_D$ и для продолжения поиска оптимального решения перейти к пункту 2, иначе перейти к пункту 9.

9 Процедуру поиска решения прекратить и вывести окончательные результаты, удовлетворяющие ЛПР: оптимальные значения вектора $x^*(\gamma, \|\cdot\|_D)$; значения локальных критериев $\mu_0^1(x^*(\gamma, \|\cdot\|_D)), \dots, \mu_0^m(x^*(\gamma, \|\cdot\|_D))$ и степень выполнения нечетких ограничений $\mu_1(x^*(\gamma, \|\cdot\|_D)), \dots, \mu_L(x^*(\gamma, \|\cdot\|_D))$.

ВЫВОДЫ

Приведена постановка задачи управления каталитической стадией процесса получения серы по методу Клауса и предложен метод ее решения с использованием исходной нечеткой информации. Приведены основные результаты решения поставленной задачи управления в нечеткой среде. Формализована и получена постановка задачи управления режимами работы технологических объектов на примере установки производства серы в условиях многокритериальности и нечеткости исходной информации. На основе компромиссных схем – абсолютной (относительной) уступки и принципа идеальной точки, а также методов теорий нечетких множеств задача поставлена в виде задачи принятия решений в нечеткой среде и разработан эвристический метод ее.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Алиев, Р. А., Церковный, А. Э., Мамедова, Г. А.** Управление производством при нечеткой исходной информации. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 250 с.

2 **Dubois, D.** The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions // Fuzzy Sets and Systems. – 2011. –V. 184. – P. 3–17.

3 **Оразбаев, Б. Б.** Методы моделирования и принятия решений для управления производством в нечеткой среде. – Астана : ЕНУ, 2016. – 398 с.

4 **Оразбаева, К. Н., Сериков, Ф. Т., Оразбаев, Б. Б.** Математическое моделирование производственных объектов нефтегазовой отрасли. – Алматы : Эверо, 2005, – 170 с.

5 **Проталинский, О. М., Щербатов, И. А., Савельев, А. Н.** Оптимальное управление технологическим процессом Клауса в условиях неопределенности // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. Спец. вып. «Математическое моделирование и компьютерные технологии». –2006. – С. 19–25.

6 **Рыков, А. С., Оразбаев, Б. Б.** Системный анализ: Методы многокритериального выбора и нечеткой оптимизации. – М. : Metallurg, 1996. – 117 с.

7 **Rykov, A. S., Orazbaev, B. B., Kuznetsov, A. G. A.** Fuzzy Model of the Column in the Decision Making System for the control of Rectification Process// Magazine of the Romanian Society for Fuzzy Systems. 1991, – V. 2. № 1, – P. 5–9.

8 **Щербатов, И. А.** Оптимальное управление каталитической стадией процесса Клауса// Автореф. диссертации на соискание уч. степени канд. тех. наук. – Астрахань : 2006, – 18 с.

9 **Оразбаев, Б. Б., Шангитова, Ж. Е., Кенжебаева, Т. С., Оразбаева, К. Н., Курмангазиева, Л. Т.** Модели процесса производства серы на основе диаграммы взаимного влияния факторов для оптимизации режимов работы реактора Клауса// Вестник КазНУ. 2019, – № 2(132), – 611 с.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Б. Б. Оразбаев¹, Ж. Е. Шангитова², Т. С. Кенжебаева³, К. Н. Оразбаева⁴,
В. Е. Махатова⁵

Клаус реакторында күкіртті алу процесін басқару бойынша шешім қабылдау есебі және оны айқын емес ортада шешу тәсілі

^{1,2,3}Ақпараттық технологиялар факультеті,

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы;

⁴Бизнес факультеті,

Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті,

Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы;

⁵Физика, математика және ақпараттық технологиялар факультеті,

Х. Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті,

Атырау қ., 060000, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

B. B. Orazbayev¹, Zh. Y. Shangitova², T. S. Kenzhebayeva³, K. N. Orazbayeva⁴,
V. E. Makhatova⁵

The problem of decision making on the management of the process of sulfur recovery in the Claus reactor and the method of its solution in a fuzzle medium

^{1,2,3}Faculty of Information Technology,

L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan;

⁴Faculty of Business,

Kazakh University of Economics, Finance and International Trade,

Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan;

⁵Faculty of Physics, Mathematics and Information Technology,

H. Dosmukhamedov Atyrau State University,

Atyrau, 060000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Бұл мақалада айқын емес ақпарат ақпарат негізінде Клаус реакторында күкірт өндіру процесін басқару бойынша шешім қабылдау есебі қойылып, алынған есепті шешу тәсілі ұсынылған. Технологиялық нысанның жұмыс жасау уақытын болжауға және мақсаттық функцияның айтарлықтай дәл мәніне жетуге мүмкіндік беретін екі деңгейлі (жоғарғы деңгей – Беллман-Заде схемасы бойынша шешілетін айқын емес математикалық программалау есебі,

томенгі деңгей – Пауэл тәсілі арқылы шешілетін Клаус процесінің каталитикалық кезеңін оптималды басқару есебі) тәсілі ұсынылған. Айқын емес ортада қойылған есептерді шешу нәтижелері, атап айтқанда, Z минимумын Беллман-Заде схемасы бойынша іздеу есебін шешу нәтижелері мен оптималды басқару әсерлерін іздеу алгоритмі жұмысын зерттеу нәтижелері графикалық түрде келтірілген. Күкірт өндіру қондырғысы жұмыс режимдерін оптимизациялау және басқару есебі көпкритерийлік және бастапқы ақпараттың айқынсыздығы жағдайында абсолютті (салыстырмалы) кеміту және идеалды нүкте компромисстік схемалары негізінде айқын емес ортада шешім қабылдау есебі түрінде қойылған және оны шешудің эвристикалық тәсілі ұсынылған.

The article presents the statement of the problem of making decisions on managing the process of sulfur generation in the Claus reactor of the sulfur production unit in a fuzzy environment and the proposed method for solving it. A two-level method is proposed for solving the problem of predicting the operating time of an object and allowing you to determine a fairly accurate value of the objective function programming, solved according to the Bellman – Zade scheme, and the lower level – Powell’s method used to solve the problem of optimal control of catalytic stage Claus process). The results of solving the problem in a fuzzy environment are presented: graphs of solving the problem of finding the minimum Z according to the Bellman – Zade scheme and studying the operation of the algorithm for finding the optimal control action. The task of optimizing and controlling the operating modes of the sulfur production unit under conditions of multicriteriaity and fuzziness of the initial information is set on the basis of compromise schemes – absolute (relative) assignment and the ideal point principle in the form of a decision task in a fuzzy environment and a heuristic method is proposed for its solution.

**Е. К. Ордабаев¹, А. Г. Калтаев²,
С. И. Ахметов³, В. С. Есаулкин⁴**

¹к.т.н, профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²доктор PhD, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³докторант PhD, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: serik_ac@mail.ru

НОРМИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Наиболее актуальная экологическая проблема транспортного комплекса. Эффективные системы нормирования и контроля вредных выбросов. Перечень нормируемых компонентов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Ужесточение норм выбросов автомобильного транспорта. Осуществление контроля состава отработавших газов бензиновых транспортных энергетических установок. Сравнение определения содержания объемной доли СО и СН в отработавших газах в разных странах. Контроль автомобильных дизельных двигателей непосредственно в эксплуатации. Допустимые нормы дымности дизельных энергетических установок. Описание влияния обязательного контроля вредных выбросов автомобильных двигателей внутреннего сгорания на воздушный бассейн крупных городов. Предложение для повышения эффективности нормирования и контроля вредных выбросов транспортных энергетических установок. Анализ зарубежного опыта по быстрому способу контроля экологических характеристик автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Предлагается адаптация программ испытательных циклов к условиям эксплуатации.

Ключевые слова: транспортные энергетические установки, автомобильные двигатели внутреннего сгорания, отработавшие газы, токсичные компоненты, нормирование, контроль, вредные выбросы.

ВВЕДЕНИЕ

Из отраслей транспортного комплекса проблема экологической безопасности наиболее актуальна для энергетических установок транспортных средств, обеспечивающих мобильность населения и товарооборот. В отличие от крупных стационарных источников загрязнения они представляют собой совокупность большого количества рассредоточенных на значительной территории автономных объектов.

В настоящее время в области производства транспортных энергетических установок, прежде всего, автомобильных поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) созданы достаточно эффективные системы нормирования и контроля вредных выбросов в атмосферу. Поскольку перечень нормируемых компонентов отработавших газов (ОГ) ДВС во всех странах практически одинаков, то различия в существующих системах заключаются в программах испытательных циклов, методах отбора и анализа газовых проб и, естественно, в нормативах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В европейских странах к автомобильному транспорту применяются экологические требования, изложенные в Правилах Европейской экономической комиссии ООН №15, 49 и 83, и в различных поправках к ним. Они периодически пересматриваются в сторону ужесточения с учетом технических и экономических возможностей промышленности. Европейская система принята в государствах европейского союза (ЕС), а также за основу в большинстве стран Евразийского континента, включая Российскую Федерацию и Казахстан.

Из таблицы 1 видно, что, начиная с 2009 г., нормы на ряд токсичных компонентов (СО, СН) не изменяются, а выбросы NOx и твердых частиц ограничены на минимально жестком уровне, что, видимо, соответствует техническим возможностям [1, 4].

Таблица 1 – Нормы выбросов для автомобилей категорий М1 и N1 с двигателями внутреннего сгорания (г/км): Б – двигатель бензиновый; Д – дизель; * – для двигателей с непосредственным впрыском бензина

Этап	Дата введения	СО		СН		СН+NO _x		NO _x		PM	
		Б	Д	Б	Д	Б	Д	Б	Д	Б	Д
Евро-1	07.1992	2,72				0,97					0,14
Евро-2	01.1996	2,2	1,0			0,50	0,70				0,08
Евро-3	01.2000	2,3	0,64	0,20			0,56	0,15	0,50		0,05
Евро-4	01.2005	1,0	0,50	0,10			0,30	0,08	0,25		0,025
Евро-5	09.2009	1,0	0,50	0,10			0,23	0,06	0,18	0,005*	0,005
Евро-6	09.2014	1,0	0,50	0,10			0,17	0,06	0,08	0,005*	0,005

В сфере производства легковых и приравненных к ним автомобилей (типа М1 и N1) и при экспортных поставках применяются сертификационные испытания по ездовым циклам. Их программы предусматривают имитацию движения автомобиля на характерных режимах в условиях эксплуатации, воспроизводимых на динамометрических роликовых стендах (беговых барабанах), с определением удельных выбросов токсичных газообразных компонентов СО, СН, NO и дисперсных частиц РМ на единицу пройденного пути.

Однако реализация указанных контрольных процедур практически невозможна при технических осмотрах, на предприятиях и тем более для оперативного контроля транспортных средств на улицах. Причины – необходимость дорогостоящего контрольно-диагностического оборудования, большая трудоемкость и сложность методики контроля.

Поэтому существующий в сфере эксплуатации контроль состава ОГ транспортных энергетических установок основан на использовании упрощенных методов и портативных быстродействующих газоанализаторов и дымомеров на режимах холостого хода. Проверка токсичности и дымности ОГ предусмотрена регламентом проведения технического обслуживания № 2, программой технических осмотров автомобилей и после выполнения профилактических и ремонтных работ по топливной аппаратуре, системам питания и зажигания.

В отношении бензиновых двигателей контроль сводится к определению содержания объемной доли СО и СН в ОГ на минимальной и повышенной (обычно $0,6 n_{ном}$) частотах вращения коленчатого вала. В СССР концентрация СО как главного и традиционно нормируемого компонента ограничивалась первоначально на уровне 4,5 % по объему (ГОСТ 16533-70) с последующим ужесточением нормы до 1,5 % (ГОСТ 17.2.2.03). Эти стандарты были ориентированы, главным образом, на карбюраторные двигатели, в которых путем простой регулировки системы холостого хода карбюратора можно

было добиваться содержания СО на требуемом уровне (даже менее 1,5 % с некоторым ухудшением устойчивости работы двигателя). Надо сказать, что современные системы впрыска бензина позволяют без ущерба для динамики двигателя уменьшать содержание СО на холостом ходу до 1 % и менее (0,5 % по стандартам США). В то же время, содержание СО и СН в ОГ бензинового двигателя на режимах холостого хода далеко не отражает реальных выбросов токсичных веществ по целому ряду причин:

Во-первых, количество токсичных веществ, поступающих в атмосферу, зависит не только от их концентрации в ОГ, но и от абсолютного количества ОГ. Изменение нагрузки бензинового двигателя основано на количественном факторе, т.е. изменении количества поступающей в двигатель топливоздушная смеси, следовательно, в широких пределах изменяется общий расход газов. Поэтому даже при повышенной до 3 % норме СО на режимах холостого хода абсолютная эмиссия СО невелика, поскольку наполнение цилиндров и соответственно общее количество ОГ минимально. Напротив, при работе исправного двигателя под нагрузкой концентрация СО в ОГ незначительна (менее 1 %), но суммарный выброс его может многократно превышать выделение СО на холостом ходу. Кроме того, регулировки системы холостого хода карбюратора не оказывают существенного влияния на работу главной дозирующей системы, определяющей состав горючей смеси на режимах нагрузки.

Во-вторых, оценка экологических характеристик автомобилей по одному или двум токсичным компонентам также не является объективной и не отражает действительной картины, поскольку нет однозначной корреляции между содержанием всех токсичных компонентов ОГ. Кроме того, односторонние меры снижения токсичности ОГ, направленные в основном на уменьшение выброса продуктов неполного сгорания за счет совершенствования процессов смесеобразования, воспламенения и сгорания, в отношении оксидов азота NO_x дают обратный эффект [2, 3, 5].

У автомобильных дизелей в эксплуатации проверяют уровень дымности ОГ в режиме свободного ускорения и при максимальной частоте вращения n_{max} без внешней нагрузки (холостой ход). Допустимые нормы и методы измерения дымности регламентированы стандартом ГОСТ 21393-75, действующим на межгосударственном уровне. Дымность ОГ дизеля при свободном ускорении ограничена по методу просвечивания на уровне 40 % для дизелей без наддува и 50 % для дизелей с наддувом, а на режиме n_{max} – 15 %. Режим n_{max} определяется как установившийся при полном нажатии на педаль подачи топлива.

Тем не менее и такой «усеченный» контроль вредных выбросов автомобильных ДВС, находящихся в эксплуатации, при обязательном и

надлежащем его выполнении способствует оздоровлению воздушного бассейна крупных городов. Дело в том, что в плотном транспортном потоке, доля режимов холостого хода двигателя, значительно возрастает, что нашло отражение в программах городских ездовых циклов. Немаловажно и то, что уменьшение эмиссии продуктов неполного сгорания обычно сопровождается снижением расхода топлива на всех режимах работы двигателя, включая холостой ход [2, 3, 5].

Очевидно также, что для повышения эффективности нормирования и контроля вредных выбросов транспортных энергетических установок в сфере эксплуатации в программы испытательных циклов необходимо включить нагрузочные режимы (режимы движения транспортных средств), т.е. взять за основу методы испытаний по ездовым циклам с упрощением в той или иной степени. Упрощение циклов испытаний возможно путем исключения из программы переходных режимов и сокращения нагрузочных режимов до 1–2.

Анализ зарубежного опыта показывает, что такая попытка предпринята в штате Калифорния США, где принята так называемая «Программа инспекционного контроля в эксплуатации в Калифорнии» (Inspection and Maintenance Programs in California, IMRC). Суть программы заключается в более дешевом и быстром способе контроля экологических характеристик автомобильных ДВС и соответствия их стандартам в условиях эксплуатации. Для этого в программы ездовых циклов включены наиболее характерные режимы движения с постоянными скоростями и установлены допустимые нормы содержания токсичных продуктов в отработавших газах в процентах и частях на миллион вместо стандартных г/милль. Разработаны нормы и режимы контроля автомобилей по этой программе для автомобилей различных типов в зависимости от его года выпуска.

Например, по системе ASM (Acceleration Simulation Mode Emission Test) контроль проводится на двух режимах работы автомобиля: при скорости 15 миль/час и нагрузке 50 % и скорости 25 миль/час и нагрузке 25 % от полной мощности двигателя. Нормы установлены по трем токсичным продуктам (CO, CH, NOx). Разработана компьютерная программа управления проверки автомобилей на токсичность. Установлена спецификация технологического оборудования так называемой «смогчек станции» (smogcheck station).

В перечень оборудования входят:

- компьютерная система в комплексе с газоанализаторами;
- динамометрический стенд с беговыми барабанами.

Стоимость оборудования составляет ориентировочно 30,0–35,0 тыс. долларов США. На установку оборудования, обучение персонала и сертификацию станции расходуется ориентировочно 10,0–15,0 тыс. долларов. Всего стоимость станции составит порядка 50,0 тыс. долларов США. Стоимость

одного испытания автомобиля на токсичность составляет 50,0 долларов США. Важным достоинством Программы инспекционного контроля (IMRC) является централизация контроля за Калифорнийским отделом защиты воздушного бассейна (California Air Resources Board) по всему штату и независимость проведения контроля от работников станции.

ВЫВОДЫ

Таким образом, если на этапе производства транспортных энергетических установок разработаны достаточно эффективные системы контроля и нормирования показателей токсичности, то в эксплуатации возникают сложности с контролем характеристик источников энергии, в особенности, автомобильных ДВС. Решение проблемы может быть найдено в адаптации программ испытательных циклов к условиям эксплуатации с целью снижения трудоемкости контрольных процедур при сохранении достаточной объективности и достоверности получаемых результатов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Европейская экономическая комиссия. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.un.org/ru/ecosoc/unece/> (дата обращения: 23.05.2019).
- 2 Кузнецов, Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей в США. – М. : «Транспорт», 1978. – 168 с.
- 3 Кульчицкий, А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей : учебное пособие для высшей школы. – М. : Академический проект, 2004. – 400 с.
- 4 Commission Directive 1999/77/EC of 26 July 1999. [Электронный ресурс].
- 5 Козлов, А. В. Экологическая модель ДВС с искровым зажиганием // Автомобильная промышленность. – М., 2003. – № 4. – С. 12–15.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Е. Қ. Ордабаев¹, А. Г. Калтаев², С. И. Ахметов³, В. С. Есаулов⁴

Көлік энергетикалық қондырғыларын экологиялық көрсеткіштерді нормалау және бақылау пайдалануда

^{1,2,3,4}С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

E. Ordabayev¹, A. Kaltaev², S. Akhmetov³, V. Yessaulkov⁴**The regulation and control of environmental indicators of transport power plants in operation**^{1,2,3,4}S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Көлік кешенінің ең өзекті экологиялық проблемасы. Зиянды шығарындыларды нормалаудың және бақылаудың тиімді жүйесі. Иштен жану қозғалтқыштарының пайдаланылған газдарының нормаланатын компоненттерінің тізбесі. Автомобиль көлігін шығарылулары нормаларын қатаңдату. Бензинді көліктік энергетикалық қондырғылардың пайдаланылған газдарының құрамын бақылауды жүзеге асыру. Әртүрлі елдердегі пайдаланылған газдардағы СО және СН көлемдік үлесінің молиерін анықтауды салыстыру. Автомобиль дизельді қозғалтқыштарын тікелей пайдалануда бақылау. Дизельді энергетикалық қондырғылардың түтіндік нормалары. Иштен жану автомобиль қозғалтқыштарының зиянды шығарындыларын міндетті бақылаудың ірі қалалардың ауа бассейніне әсерін сипаттау. Көліктік энергетикалық қондырғылардың зиянды шығарындыларын нормалау және бақылау тиімділігін арттыру үшін ұсыныс. Ішкі жану автомобиль қозғалтқыштарының экологиялық сипаттамаларын бақылаудың жылдам әдісі бойынша шетелдік тәжірибені талдау. Сынау циклының бағдарламаларын пайдалану шарттарына бейімдеу ұсынылады.

The most urgent environmental problem of the transport complex. Effective systems of regulation and control of harmful emissions. List of normalized components of exhaust gases of internal combustion engines. Stricter emission standards for road transport. Control of the composition of exhaust gases of gasoline transport power plants. Comparison of the determination of the volume fraction of CO and CH in exhaust gases in different countries. Control of automobile diesel engines directly in operation. The permissible limits of opacity for diesel power plants. Description of the impact of mandatory control of harmful emissions of automobile internal combustion engines on the air basin of large cities. Proposal to improve the efficiency of regulation and control of harmful emissions of transport power plants. Analysis of foreign experience in the rapid method of monitoring the environmental performance of automotive internal combustion engines. It is proposed to adapt the test cycle programs to the operating conditions.

ГРНТИ 73.41.17

**A. V. Рожков¹, O. T. Балабаев²,
H. D. Адилова³, K. K. Абишев⁴**¹к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Промышленный транспорт», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;²к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Промышленный транспорт», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;³доктор PhD, ст. преподаватель, кафедра «Промышленный транспорт», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;⁴к.т.н., декан, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстанe-mail: ¹alexktpm@mail.ru@mail.ru; ²balabaev.ot@mail.ru;³adilova_n@mail.ru; ⁴a.kairatolla@mail.ru.**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ОПТИМИЗАЦИИ ВАГОНОПОТОКОВ
НА АО «АРСЕЛОРМИТТАЛ ТЕМИРТАУ»**

В работе представлена математическая модель, представляющая зависимость оборота вагона от технологии формирования внутривозовских поездов. Группы вагонов в поездах, прибывающих на подъездной путь расположены в случайном порядке. Количество групп вагонов и число вагонов являются случайными величинами. Существующая технология не предполагает предварительную подборку порядку следования внутривозовских станций. Предлагаемая технология заключается в предварительной подборке вагонов во внутривозовском поезде порядку следования внутривозовских станций. Имитационное моделирование характеристик прибывающих поездов позволило определить оборот вагона при различных технологиях. Использование предлагаемой технологии показало существенное снижение времени оборота вагона.

Ключевые слова: математическая модель, прибывающие поезда, расположение, группы вагонов, случайный порядок, технология, подборка вагонов, оборот вагона.

ВВЕДЕНИЕ

На Карагандинский металлургический завод (г. Темиртау) кроме массовых грузов, доставляемых маршрутами, поступают вагоны в поездах, состоящих из вагонов немаршрутных поставок и адресуемых на внутренние станции завода – Входная, Прокат, Коксохим, Копровая, Стальная, Доменная. Отсутствие рациональной технологии формирования внутренних поездов на ст. Входная вызывает непроизводительный простой вагонов на подъездном пути, поэтому оптимизация вагонопотоков представляется актуальной задачей [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Очевидно, что основной параметр, характеризующий качественные показатели работы железнодорожного транспорта – это оборот вагона, т.е. математическая модель оптимизации вагонопотоков на выходе должна определять основной параметр оценки уровня качества работы железнодорожного транспорта – оборот вагона.

Таким образом, суть математической модели заключается в определении зависимости времени оборота вагона на подъездном пути от технологии обработки прибывающего вагонопотока. Далее, имитируя случайность характеристик прибывающих составов, т.е. количество отцепов, адресуемых на внутренние станции завода, число вагонов в них и расположение их в составе прибывающих поездов рассчитать среднее время оборота вагона для определенного числа имитаций при различных технологиях обработки прибывающих составов и на основе критерия оптимальности – минимум оборота вагона выбрать оптимальную. Будем сравнивать две технологии обработки вагонопотока, прибывающего на подъездной путь: первая – внутривозовские поезда отправляют для проведения грузовых операций на внутренние станции завода без переформирования на ст. Входная и вторую, при которой на ст. Входная производят подборку вагонов и формируют поезда, в которых порядок расположения вагонов в составе поезда соответствует порядку следования внутривозовских станций. Для определения количества отцепов, адресуемых на различные внутривозовские станции в составе прибывающих поездов, числа вагонов в них, порядка их расположения в составе поезда используем алгоритм, описанный в [1].

Время оборота вагона на подъездном пути определим по формуле

$$t_{об} = t_{дв} + t_{гр.оп} + t_{ман.оп} \quad (1)$$

где $t_{дв}$ – время нахождения вагона в движении;

$t_{гр.оп}$ – время нахождения вагона под грузовыми операциями;

$t_{ман.оп}$ – время на маневровые операции, выполняемые с вагоном.

Время нахождения вагона в движении определим по формуле

$$t_{дв} = 2 \sum_{i=1}^k l_i / v_{тех} \quad (2)$$

где l_i – длины перегонов между станциями завода;

k – номер станции, на которую следует вагон;

$v_{тех}$ – техническая скорость движения поездов.

Время на грузовые операции определим по эмпирической формуле

$$t_{гр.оп} = c + d_m \quad (3)$$

где c, d – коэффициенты полученные в результате хронометражных наблюдений;

m – количество вагонов, одновременно участвующих в грузовых операциях.

Время на выполнение маневровых операций определим по формуле

$$t_{ман.оп} = \sum_{i=1}^{n_{пр}} (a + bm) \quad (4)$$

где a, b – эмпирические коэффициенты, зависящие от длины полурейсов [2];

$n_{пр}$ – количество произведенных полурейсов.

Длина и количество полурейсов будет зависеть от того в каком месте состава находится отцеп, который должен быть отцеплен на данной станции.

Для расчета оборота вагонов разработан алгоритм, ориентированный на дальнейшую реализацию в программной среде, приведенный на рисунке 1.

В блоке 1 происходит загрузка файла нормативов на выполнение маневровых полурейсов – «manevr.txt».

В блоке 2 – нормативы заносятся в матрицу «man».

В блоке 3 производится присвоение вектору «nst1» значение, соответствующее случайно выбранному варианту расположения групп вагонов в поезде из массива «perestanov».

В блоке 4 – формируется вектор «stano», содержащий индексы соответствия расстановки групп вагонов во внутривозовском поезде порядку следования внутривозовских станций станций.

В блоках 5–8 формируется вектор, содержащий индексы несоответствия порядка расстановки групп вагонов в поезде, сформированного случайным образом расположению групп вагонов во внутривозовском поезде порядку следования внутривозовских станций станций.

В блоке 9 вектору «nst2» присваиваются индексы, соответствующие расположению групп вагонов в поезде порядку следования внутривозовских станций станций.

В блоках 10–12 рассчитываются расстояния маневровых передвижений для двух вариантов расположения групп вагонов в составе поезда.

В блоках 13–17 производится вычисление времени на маневровые операции для случайного расположения групп вагонов в поезде.

В блоках 18–20 производится вычисление времени на маневровые операции для расположения групп вагонов в поезде порядку следования внутризаводских станций станций.

В блоках 21–22 производится расчет времени на грузовые операции и время хода поездов по перегонам.

В блоках 23–24 производится расчет времени оборота вагонов в двух вариантах.

В блоке 25 производится вывод вычисленных значений временных показателей в текстовые файлы.

Данный алгоритм реализован в программной среде Scilab [3]. Проведенные в данной модели имитации прибытия поездов со случайным расположением групп вагонов, количеством различных групп вагонов и количеством вагонов позволили определить средние значения ряда показателей для двух вариантов организации технологического процесса обработки составов, прибывающих на подъездной путь – с предварительной подборкой вагонов согласно порядку следования внутризаводских станций и без нее.

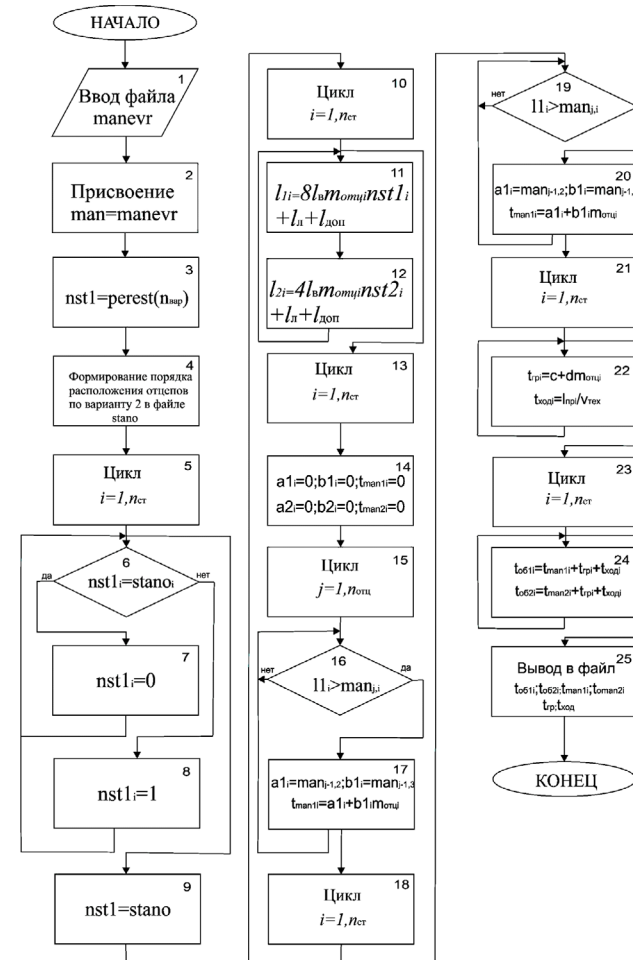


Рисунок 1 – Алгоритм математической модели оптимизации вагонопотоков

Результаты расчета представлены в таблице 1 и на рисунках 2 и 3.

Таблица 1 – Результаты расчетов математической модели

№ станции	Наименование станции	Среднее время хода поездов от ст. Входная, мин.	Среднее время выполнения грузовой операции, мин.	Среднее время на выполнение маневровых операций, мин		Среднее время оборота вагона, мин	
				без подборки вагонов	с предварительной подборкой вагонов	без подборки вагонов	с предварительной подборкой вагонов
1	Прокат	12	16	16	10	44	38
2	Коксохим	20	19	18	11	57	50
3	Копровая	27	17	16	11	60	55
4	Стальная	38	28	21	13	87	79
5	Доменная	49	23	18	12	90	84

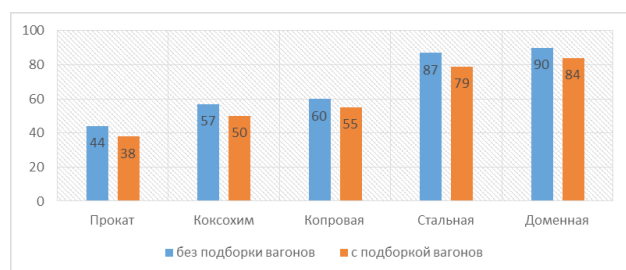


Рисунок 2 – Диаграмма времени на маневровые операции

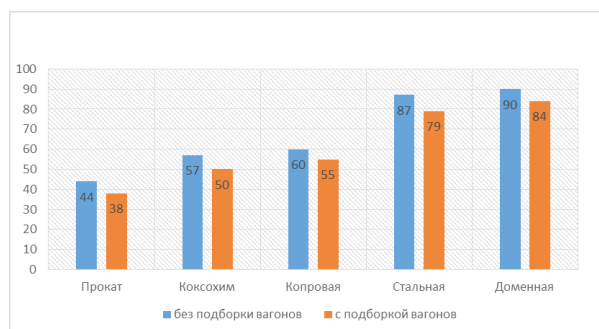


Рисунок 3 – Среднее время оборота вагона

ВЫВОДЫ

Приведенные результаты исследований, позволили определить, что при оптимальной технологии организации формирования внутризаводских поездов уменьшение оборота вагона по различным станциям завода составляет 7–14 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Адилова, Н. Д.** Оптимизация внутренних перевозок металлургического комбината (на примере АО «АрселорМиттал Темиртау»): дис. ... док. PhD: – Алматы : КазАТК им. М. Тынышпаева, 2018. – 115 с. – Рег. № 0618PK00156.
- 2 **Сотников, И. Б.** Эксплуатация железных дорог в примерах и задачах, – М. : Транспорт, 1990. 232 с.
- 3 **Павлова, М. И.** Руководство по работе с пакетом SCILAB [Электронный ресурс]. URL: <http://www.statproject.ru> (дата обращения 23.01.2017).

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

А. В. Рожков¹, О. Т. Балабаев², Н. Д. Адилова³, К. К. Абишев⁴
«АрселорМиттал Темиртау» АҚ вагон ағындарын оңтайландырудың математикалық моделі

^{1,2,3}Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы;

⁴Металлургия, машинажасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы. Материал 12.08.19 баспаға түсті.

A. V. Rozhkov¹, O. T. Balabaev², N. D. Adilova³, K. K. Abishev⁴
Mathematical model of optimization of car traffic at JSC «ArcelorMittal Temirtau»

^{1,2,3}Karaganda State Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan;

⁴S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan. Material received on 12.08.19.

Жұмыста вагон айналымының зауытшілік поездарды қалыптастыру технологиясына тәуелділігін білдіретін

математикалық модель ұсынылған. Кірме жолға келетін поездардағы вагондар топтары кездейсоқ тәртіппен орналасқан. Вагондар топтарының саны мен вагондар саны кездейсоқ шамалар болып табылады. Қазіргі технология зауытшілік станциялардың жүру тәртібін алдын ала іріктеуді көздемейді. Ұсынылып отырған технология зауытшілік поезда вагондарды зауытшілік станциялардың жүру тәртібіне алдын ала іріктеу болып табылады. Келген пойыздардың сипаттамаларын Имитациялық модельдеу әр түрлі технологияларда вагон айналымын анықтауға мүмкіндік берді. Ұсынылып отырған технологияны пайдалану вагон айналымы уақытының айтарлықтай төмендегенін көрсетті.

The paper presents a mathematical model representing the dependence of the turnover of the car on the technology of formation of in-plant trains. Groups of cars in trains arriving at the access road are arranged randomly. The number of groups of wagons and the number of wagons are random variables. The existing technology does not presuppose a preliminary selection of the order of the in-plant stations. The proposed technology consists in a preliminary selection of cars in the in-plant train in the order of the in-plant stations. Simulation modeling of the characteristics of arriving trains allowed to determine the turnover of the car with different technologies. The use of the proposed technology showed a significant reduction in the turnover time of the car.

ГРНТИ 73.41.61

**А. В. Рожков¹, О. Т. Балабаев², К. К. Абишев³,
О. С. Маринченко⁴**

¹к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Промышленный транспорт», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

²к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Промышленный транспорт», г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

³к.т.н., декан, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴магистрант, кафедра «Промышленный транспорт», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан

e-mail: ¹alexktpm@mail.ru@mail.ru; ²balabaev.ot@mail.ru;

³a.kairatolla@mail.ru; ⁴olga23_07@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГРАВИТАЦИОННОГО УГЛЕСПУСКА УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

В данной статье представлены результаты научно-исследовательских работ, выполненных авторами в области технологии перевозок на промышленном транспорте. Рассмотрено применение углеспуска, предназначенного для спуска угля с верхнего горизонта на усреднительный склад нижнего горизонта угольного разреза. Определены геометрические параметры устройства гравитационного углеспуска для угольного разреза из условия ограничения скоростей движения угля.

Ключевые слова: угольный разрез, циклично-поточная технология, перевозка угля, гравитационное устройство, углеспуск.

ВВЕДЕНИЕ

В схеме циклично-поточной технологии, разрабатываемой для условий угольного разреза «Молодежный» Корпорации «Казахмыс» (Казахстан, Карагандинская область) предусмотрено использование гравитационного устройства – углеспуска, предназначенного для спуска угля с верхнего горизонта на усреднительный склад нижнего горизонта. Далее уголь

по конвейерной системе из трех ленточных конвейеров поступает на обоганительную установку [1].

Для проектирования гравитационного устройства необходимо определить его геометрические параметры. Для уменьшения затрат на строительство углеспуска наиболее рационально предусмотреть угол наклона равным углу естественного борта разреза, т.к. при угле установки больше угла естественного откоса требуется проведение горно-капитальных работ, а при угле установки меньше угла естественного откоса увеличивается как длина самого углеспуска, так и опорных конструкций. Вместе с тем при значительных углах установки, скорость потока угля может превысить допустимые значения – максимальной равной 4 м/сек, ограниченной условиями возможного чрезмерного измельчения угля и максимальной на выходе угля из гравитационного устройства – 2 м/сек, по условиям безопасности [2, 3].

Таким образом, необходимо определить зависимость скорости движения угля по гравитационному устройству от текущего значения глубины спускаемого угля.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Дифференциальное уравнение движения груза по гравитационному устройству имеет вид:

$$mg \frac{dv}{dt} = mg \sin \alpha - mg \cos \alpha \cdot \omega_{жс} \quad (1)$$

где α – угол наклона углеспуска;

$\omega_{жс}$ – коэффициент сопротивления желоба [2];

$$\omega_{жс} = f_B \left(1 + n_{\delta} \frac{h}{B} \right) \quad (2)$$

f_B – коэффициент трения перемещаемого груза о стенки желоба;

B – ширина желоба;

n_{δ} – коэффициент бокового давления;

$$n_{\delta} = \frac{\kappa_c (1,2 + v)}{1 + 2f^2} \quad (3)$$

κ_c – эмпирический коэффициент, принимаемый равным 1, для стационарных устройств;

v – скорость груза;

f – коэффициент внутреннего трения груза, для угля $f=0,51-1,0$ принимаем $f=0,75$ [2].

Подставим (2) и (3) в (1), получим

$$\frac{dv}{dt} = \sin \alpha - f_B \left[1 + \frac{(1,2 + v)}{1 + 2f^2} \cdot \frac{h}{B} \right] \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

Очевидно, что при ускорении $\frac{dv}{dt} = 0$, груз будет двигаться с равномерной скоростью. Подставив $\frac{dv}{dt} = 0$, в (4) определим величину скорости установившегося (неускоренного) движения:

$$\sin \alpha = f_B \cos \alpha + f_B \cdot \frac{1,2 \cos \alpha}{(1 + 2f^2)} \cdot \frac{h}{B} + \frac{f_B \cos \alpha \cdot v}{(1 + 2f^2)} \cdot \frac{h}{B} \quad (5)$$

Разделим обе части (5) на $\cos \alpha$, получим

$$\operatorname{tg} \alpha = f_B + \frac{1,2 f_B}{(1 + 2f^2)} \cdot \frac{h}{B} + \frac{f_B \cdot v}{(1 + 2f^2)} \cdot \frac{h}{B} \quad (6)$$

Умножаем обе части (6) на $\frac{(1 + 2f^2)B}{h \cdot f_B}$, получим

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha (1 + 2f^2)B}{h \cdot f_B} = \frac{(1 + 2f^2)B}{h} + 1,2 + v \quad (7)$$

Откуда

$$v = \frac{\operatorname{tg} \alpha (1 + 2f^2)B}{h \cdot f_B} - \frac{(1 + 2f^2)B}{h} - 1,2 \quad (8)$$

Определим пределы изменения параметров, определяющих скорость установившегося движения в формуле (8).

Производительность углеспуска можно определить по формуле

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \rho \quad (9)$$

где ρ – насыпная плотность груза, примем для угля – 0,8 т/м³ [1];

F – площадь поперечного сечения углеспуска.

Оперируя средней высотой толщины груза h , можем записать

$$F = B \cdot h \quad (10)$$

где B – ширина углеспуска.

Учитывая, что транспортировке подлежит недробленая горная масса, примем

$$B = \alpha_{max} + 200 \quad (11)$$

где $\alpha_{max}=1200$ мм – максимальный размер куска недробленой горной массы, т.е. $B = 1,4$ м.

Тогда

$$h = \frac{F}{B} = \frac{Q}{v \cdot \rho \cdot B \cdot 3600} \quad (12)$$

где v – скорость движения груза по углеспуску.

Подставим (12) в (8) получим

$$v = \frac{[\operatorname{tg} \alpha - f_B(1 + 2f^2)] \cdot B \cdot v \cdot \rho \cdot B \cdot 3600}{Q} - 1,2f_B \quad (13)$$

Откуда

$$v = \frac{1,2f_B \cdot Q}{3600[\operatorname{tg} \alpha - f_B(1 + 2f^2)]B^2 \rho - Q} \quad (14)$$

или

$$v = \frac{1,2f_B Q}{3600} \cdot \frac{1}{[\operatorname{tg} \alpha - f_B(1 + 2f^2)]B^2 \cdot \rho - \frac{Q}{3600}} \quad (15)$$

Установим следующие значения параметров, входящих в формулу (15): $Q=1000 \div 2000$ т/ч с шагом 500 т/ч; $\alpha=16^0 \div 40^0$ с шагом 2^0 ; $f_B=0,30 \div 0,85$ с шагом 0,5; $f=0,5 \div 0,8$ с шагом 0,1.

Для расчета значений скорости по формуле (15) составлен алгоритм, реализованный в программной среде Scilab. Результаты расчета при $f_B=0,3$ и $Q=1500$ т/час представлены на рисунке 1.

Как видно из графика максимальные скорости установившегося движения не превышают ограничения скорости в 4 м/сек.

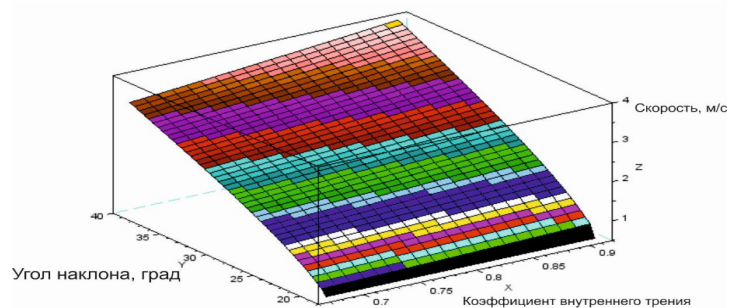


Рисунок 1 – Скорости равномерного движения груза по углеспуску

Конструкция углеспуска должна быть выполнена исходя из условия в начале ускоренного движения, затем движения с установившейся скоростью и затем замедленного движения до требуемой скорости выхода угля из углеспуска с требуемой скоростью 2 м/сек.

Задавая значениями $Q=1500$ т/час, $f=0,675$ и $f_B=0,3$ (принятыми для условий данного разреза), принимая значение скорости $v_{min}=2$ м/с, определим минимальное значение угла наклона α углеспуска из выражения (15)

$$\alpha_{min} = \operatorname{arctg} \left[\frac{\frac{Q}{3600} + \frac{1,2f_B Q}{3600v_{min}} + f_B(1 + 2f^2)B^2 \rho}{B^2 \rho} \right], \quad (16)$$

которое составит 28 град.

Углеспуск будет состоять из двух частей: разгонного участка и тормозного участка (рисунок 2).

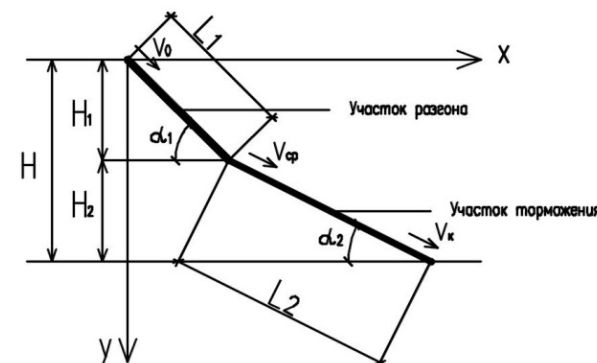


Рисунок 2 – Схема углеспуска

Для определения глубины участка разгона на котором уголь разгоняется до скорости установившегося движения и движется с установившейся скоростью и глубины участка торможения на котором уголь тормозится до требуемой скорости выхода из углеспуска – 2 м/сек, следует проинтегрировать уравнение (4).

Алгоритм численного интегрирования выражения (4) реализован в программной среде Scilab. Результаты расчета скорости движения от текущего значения глубины спуска, для требуемой глубины спуска 40 метров и для вариантов размещения на различных участках разреза под углами наклона участков разгона 30, 40 и 45 град. представлены на рисунке 3.

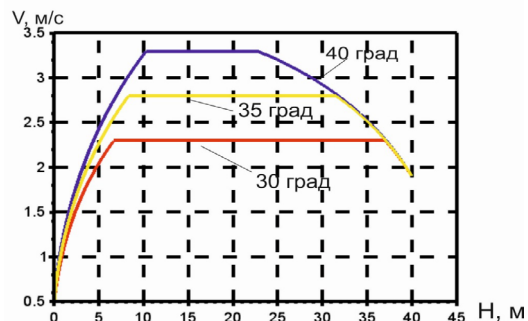


Рисунок 3 – Зависимость скорости движения угля от глубины спуска

Геометрические размеры углеспуска для установок под различными углами откоса бортов карьера представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Геометрические размеры углеспуска

Угол естественного откоса борта карьера, град	Параметры участка разгона		Параметры участка торможения	
	угол, град	глубина, м	угол, град	глубина, м
30	30	37	28	3
35	35	31,5	28	8,5
40	40	22,7	28	17,3

ВЫВОДЫ

Приведенные результаты исследований, позволили определить основные параметры гравитационного устройства (углеспуска) предложенного для применения в циклично-поточной схеме угольного разреза «Молодежный» ТОО «Корпорация Казахмыс».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Рожков, А. В., Балабаев, О. Т., Маринченко, О. С.** К вопросу применения углеспуска в условиях угольного разреза «Молодежный» ТОО «Корпорация Казахмыс» // Труды университета, г. Караганда, 2018. № 1. – С. 76.

2 **Зенков, И. И., Ивашков, И. И., Колобов, Л. Н.** Машины непрерывного транспорта. – М. : Машиностроение, 1987 – 432 с.

3 **Галкин, В. И., Шешко, Е. Е.** Транспортные машины. – М. : Горная книга, 2010 – 625 с.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

А. В. Рожков¹, О. Т. Балабаев², К. К. Абишев³, О. С. Маринченко⁴

Көмір разрезінің гравитациялық көмір шығарудың геометриялық параметрлерін анықтау

^{1,2,4}Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,

Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы;

³С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

A. V. Rozhkov¹, O. T. Balabaev², K. K. Abishev³, O. S. Marinchenko⁴

Determination of gravity coal shoot geometrics for a coal mine

^{1,2,4}Karaganda State Technical University,

Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan;

³S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Бұл мақалада авторлардың орындаған ғылыми-зерттеу жұмыстарының және өнеркәсіптік көлікте тасымалдау технологиясы саласындағы нәтижелері көрсетілген. Көмір разрезінің төменгі горизонтының орташаландыру қоймасына көмірді жоғарғы горизонттан түсіруге арналған көмір қоспасын қолдану қарастырылды. Көмір қозғалысының жылдамдығын шектеу шарттарынан көмір разрезі үшін гравитациялық көмір шығару құрылғысының геометриялық параметрлері анықталды.

This article describes the results of the research completed by the authors in the area of coal industry transportation technologies. The utilization of a coal shoot designed for moving coal from the upper layer of a coal mine to the lower layer bedding yard is reviewed in the article. The geometrics of gravity coal shoot equipment used in a coal mine has been determined based on the coal speed limitations.

**Е. К. Самуратов¹, Б. С. Келаманов², А. М. Акуов³,
Е. У. Жумагалиев⁴, С. К. Кабылканов⁵**

¹к.т.н., ст. преподаватель, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан;

²к.т.н., зав. кафедрой, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан;

³к.т.н., ст. преподаватель, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., ст. преподаватель, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁵магистрант, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан

e-mail: ¹samuratov.ek@mail.ru; ²kelamanov-b@mail.ru; ³akuov.am@mail.ru; ⁴erlan_zhumagalie@mail.ru; ⁵kaby1_96@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ АГЛОМЕРАЦИИ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЕЛИХОВСКОЕ СЕВЕРНОЕ

В данной статье рассмотрена технология агломерации железной руды месторождения Велиховское Северное. Рассмотрена проверка агломератов на прочность и общие технологические параметры агломерации железного сырья в смеси с такими восстановителями как китайский кокс и кокс РФ.

Ключевые слова: железная руда, кокс, окискование, агломерация.

ВВЕДЕНИЕ

Месторождение железа Велиховское Северное расположено в Каргалинском районе Актюбинской области Республики Казахстана. Руды месторождения Велиховского Северного представлены двумя минеральными типами: первичными магнетитовыми и вторичными мартитовыми. Первые характерны для залежи северного фланга вторые для залежи южного фланга [1].

Магнетитовые руды. В зависимости от интенсивности железоксидной фазы минерализации магнетитовые руды выражены двумя разностями: массивные магнетитовые руды, прожилково-вкрапленные магнетитовые руды.

Массивные магнетитовые руды, мелко и среднезернистые, слагают основной объем залежей, содержание железа в которых превышает 45 % [2].

Прожилково-вкрапленные магнетитовые руды представлены прожилками, мелкой вкрапленностью и сравнительно крупными до 130мм гнездами в скарнах. Вкрапленные руды – бедные, требуют обогащения (Fe – 45 %).

Мартитовые руды развиваются по массивным магнетитовым крутопадающим телам. Это полурыхлые, песчанистые, иногда глинисто-охристые образования бурых тонов. Мартитовые руды богатые с содержанием железа не менее 45 %.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Химический состав исходной мартит-магнетитовой руды приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав исходной мартит-магнетитовой руды, %

Fe _{общ}	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	п.п.п	Σ
44,0	0,55	1,06	5,87	18,3	0,33	0,80	3,86	0,64	0,61	61,13	6,84	99,99

Существенную часть объема магнетит-мартитовых руд составляет глинистая компонента смешанного состава – 17,92 %; CaCO₃ – 5,3 %; гидроксиды марганца 1–3 %; гигроскопическая влага –2,5 %; Fe_{ср} – 48 % [1–3].

Месторождение выявлено в 1959 г. при проверке бурением магнитной аномалии, вытянутой в меридиональном направлении на 10км с напряженностью от 2000 до 10000 гамм. Дальнейшую разведку в 1959–1964 гг. проводила Велиховская поисково-разведочная партия Актюбинской комплексной экспедиции (Л. А. Ким, В. В. Прокопьев, В. П. Короткое) [4].

В результате на рудном поле установлены три участка: Южный титаномагнетитовых руд в пироксенитах девонской интрузии, Северный и Северо-Западный скарново-магнетитовых залежей в зоне контакта с герцинскими гранитоидами. Минералого-петрологические исследования проведенные А. Е. Бекмухаметовым в 1969 г., показали, что месторождение комбинированное. Два типа оруденения (магматическое и контактово-метасоматическое) связаны с различными стадиями становления однофазного каледонского интрузивного массива габбро-пироксенитового состава.

Гранулометрический анализ проводился на руде, дробленной до крупности 60–0 мм [4–6]. Результаты ситового анализа приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Ситовой анализ руды

Классы крупности, мм	Выход, %		Содержание Fe, %		Извлечение Fe, %	
	частный	суммарный по (+)	Частное	Суммарное по (+)	Частное	Суммарное по(+)
-60 + 20	22,22	22,22	58,61	58,61	29,94	29,94
-20 + 12	7,57	29,79	46,77	55,60	8,14	38,08
-12+10	2,39	32,18	42,55	54,63	2,34	40,42
-10 + 5	8,57	40,75	38,80	51,30	7,64	48,06
-5 + 2,5	5,60	46,35	36,87	49,56	4,75	52,81
-2,5 + 1,25	6,32	52,67	36,34	47,97	5,28	58,09
-1.25 + 0,63	3,75	56,42	43,53	47,68	3,75	61,84
- 0,63 + 0,0	43,58	100,0	38,10	43,50	38,16	100,0
Руда	100,0	-	43,50	-	100,0	-

Согласно расчету гранулометрического состава руды, полученного в результате отсева, средневзвешенное содержание железа в пробе составило 43,50 %.

Кривая гранулометрического состава руды, дробленной до 60 мм, приведена на рисунке 1.

Анализ результатов гранулометрического состава показывает, что содержание железа в классе крупностью 20–60 мм составило 58,61 %, при общем извлечении железа 29,94 %.

Выход суммарного класса крупностью 12–60 мм составил 29,79 % со средним содержанием железа 46,77 % и общем извлечении железа 38,08 %.

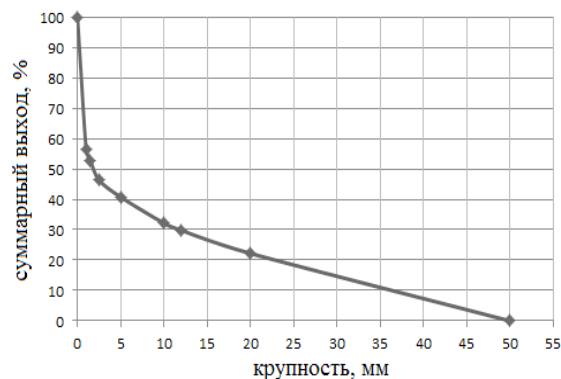


Рисунок 1 – Кривая гранулометрического состава руды

Выход суммарного класса крупностью 10–60 мм составил 32,18 % со средним содержанием железа 42,55 % и общем извлечении железа 40,42 %.

На основании этих данных можно утверждать, что содержание железа в суммарных классах крупности 12–60 мм и 10–60 мм находится на уровне содержания железа в исходной руде.

Содержание железа в классе крупностью 5–10 мм, 2,5–5 мм и 1,25–2,5 мм находится в пределах 36–39 %, на 4–6 % ниже, чем содержание железа в руде. Общий выход суммарного класса крупностью 0,63–10 мм, после промывки, составил 24,24 % со средним содержанием железа 38,44 %, при извлечении железа 21,42 % [6–7].

На основании этих результатов можно отметить, что содержание железа в классе крупности 0,63–10 мм является низким и для получения из них качественных железных продуктов (концентратов) необходимо использовать обогатительные операции.

В связи с тем, что выход класса крупностью -0,63 мм составил 43,58 %, при содержании в нем железа 38,10 % и извлечении железа 38,16 %, был выполнен мокрый ситовой анализ данного класса, результаты которого приведены в таблице 3 [4–7].

Анализ полученных результатов показывает что выхода классов крупностью от 0,063 мм и до 0,63 мм находятся в пределе 5–7 %, при их суммарном выходе 19,06 % от руды, при этом выход класса крупности 0–0,63 мм составляет 24,52 % от руды (56,28 % от класса 0–0,63 мм).

Таблица 3 – Ситовой анализ класса -0,63 мм

Классы крупности, мм	Выход, % от		Содержание Fe, %	Извлечение Fe, % от	
	класса	руды		класса	руды
0,315–0,63	11,10	4,84	50,55	14,73	5,62
0,16–0,315	15,90	6,93	51,91	21,66	8,27
0,063–0,16	16,72	7,29	52,02	22,83	8,72
-0,063	56,28	24,52	27,60	40,78	15,55
Итого	100,0	43,58	38,10	100,0	38,16

В классах крупности 0,315–0,63 мм 0,16–0,315 мм и 0,063–0,16 мм содержание железа составило 50,55 %, 51,91 и 52,02 % соответственно, т.е. повысилось относительное содержание железа в классе 0–0,63 мм на 12,45–13,92 %, и по отношению к содержанию железа в исходной руде на 7,05–8,52 %. Извлечение железа в суммарный класс крупностью 0,063–0,63 мм составило 22,61 %.

Содержание железа в самом тонком классе (шламах) крупностью 0–0,063 мм составило 27,60 %, т.е. ниже, чем содержание в класс 0–0,63 мм

на 10,5 % и на 15,9 %, чем в исходной руде. Потери железа (извлечение) с данным классом крупности составляют 15,55 % от руды.

Таблица 4 – Распределение железа и сопутствующих элементов по классам крупности

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание, %					Извлечение, %				
		Fe	SiO ₂	P	S	Al ₂ O ₃	Fe	SiO ₂	P	S	Al ₂ O ₃
20–50	22,22	58,61	8,63	0,099	0,13	1,51	29,94	19,43	15,46	27,09	14,24
12–20	7,57	46,77	10,11	0,14	0,13	1,74	8,14	7,75	7,75	9,23	5,59
10–12	2,39	42,55	10,12	0,12	0,13	1,88	2,34	2,45	2,01	2,91	1,91
5–10	8,57	38,80	10,25	0,095	0,09	1,91	7,64	8,90	5,72	7,23	6,95
2,5–5	5,60	36,87	10,29	0,099	0,08	1,92	4,75	5,84	3,90	4,20	4,56
1,25–2,5	6,32	36,34	10,21	0,11	0,09	2,23	5,28	6,54	4,89	5,33	5,98
0,63–1,25	3,75	43,53	10,05	0,15	0,09	2,20	3,75	3,82	3,95	3,16	3,50
0,315–0,63	4,84	50,55	10,09	0,15	0,11	2,02	5,62	4,95	5,10	4,99	4,15
0,16–0,315	6,93	51,91	10,16	0,21	0,11	2,36	8,27	7,13	10,23	7,15	6,94
0,063–0,16	7,29	52,02	10,09	0,20	0,05	2,78	8,72	7,45	10,25	3,41	8,60
0–0,063	24,52	27,60	10,36	0,18	0,11	3,61	15,55	25,74	31,04	25,30	37,58
Руда	100	43,50	9,87	0,142	0,11	2,36	100	100	100	100	100

Анализ результатов таблицы 4 показывает, что наибольшие выходы соответствуют самому крупному классу крупности 20–50 мм (выход 22,22 %) и самому мелкому классу крупности 0–0,063 мм (выход 24,52 %). Выход классов крупности от 0,063 до 12 мм находятся в пределах 2,39–7,57 % и их общий выход составил 53,26 %.

Распределение содержания железа по классам крупности имеет неравномерный характер. Наиболее высокое содержание железа наблюдается в самом крупном классе крупности 20–50 мм (содержание 58,61 % Fe) а низкое содержание в самом мелком классе крупности 0–0,063 мм (содержание 27,60 % Fe). В классах крупности от 0,063–12 мм содержание железа колеблется в пределах 52,02 % – 36,34 %.

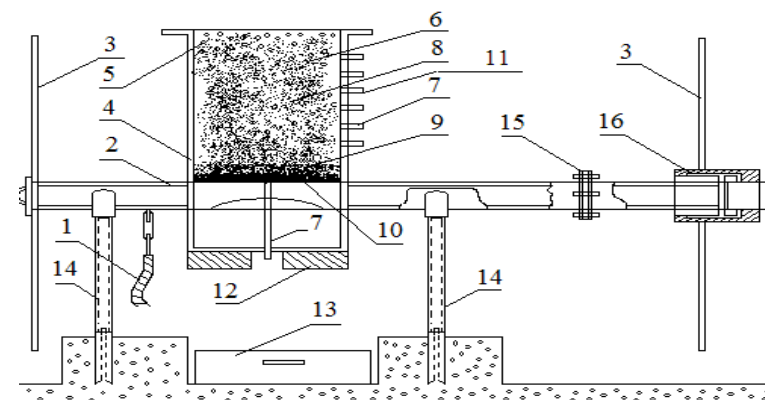
Суммарное извлечение железа в класс крупностью 0,063–50 мм составляет 84,55 %. Потери извлечения железа с классом 0–0,063 мм составят 15,55 %.

Для изучения процесса окускования мелкой фракции железной руды месторождения Велиховское Северное нами были проведены исследования по агломерации руды крупностью 0–3 мм на лабораторной агломерационной

установке с аглошашей высотой 450 мм и диаметром 250 мм с площадью спекания 0,05 м² (рисунок 2). Для изучения процесса спекания использовали мелочи железной руды месторождения Велиховское с химическим составом, % Fe_{общ} – 44 %; SiO₂-18,30 %, Fe₂O₃-61,13 %, MnO-0,61 %, Al₂O₃-5,87 %, P₂O₅-0,33 %, CaO-3,86 %, MgO-1,06 %; TiO₂-0,64 %; K₂O-0,80 %; Na₂O-0,55 % в смеси с коксом китайского производства (C_{тв} – 78,55; V^{daf} – 3,42; A^c – 17,76; W^p – 10,33) и с коксом российского производства (C_{тв} – 85,24; V^{daf} – 1,9; A^c – 12,40; W^p – 8,87). Эксперименты проводили по стандартной технологии (способ просасывания), высота слоя составляла в среднем 24 см. Агломерацию с высотой слоя шихты 24 см осуществляли при разряжении 1100–1200 мм. вод.ст., температура нижнего слоя достигала свыше 1200°С.

Продолжительность процесса агломерации составляла в среднем 28–30 минут (в смеси с китайским коксом) и 25–28 минут (в смеси с российским коксом), соответственно. В качестве постели использовались железорудные окатыши производства ССПО. Агломерационная установка включала следующие узлы: агломерационная чаша, пылеустановитель, эксгаустер, система газопроводов, контрольно-измерительная аппаратура. Полная схема агломерационной установки приведена на рисунке 2.

Для определения выхода годного продукта (агломерата), руду и восстановитель разделяли на классы крупности 0–5 мм, 5–10 мм и +10 мм. Выход годного агломерата и химические составы приведены в таблицах 5 и 6.



1 – шланг к U – образному манометру; 2 – газопровод; 3 – штувал; 4 – чаша; 5 – стружка; 6 – смесь зажигания; 7 – штуцер; 8 – шихта; 9 – постель; 10 – колосниковая решетка; 11 – термopа; 12 – протививес; 13 – противень; 14 – опора; 15 – фланец; 16 – муфта

Рисунок 2 – Схема агломерационной чаши с поворотным устройством

Таблица 5 – Фракционный и химический состав агломерата, полученного из мелочи железных руд и кокса Китайского производства

Фракция, мм	Выход, %	Содержание, %		
		Fe _{общ}	Si _{общ}	C
+ 0–5	26	54	23,7	0,33
+ 5–10	5	56,5	21,59	0,17
+ 10	69	56,9	23,68	0,11
сумма	100	55,8	22,99	0,20
+ 5–10 и + 10	74	56,7	22,62	0,14

Как видно из таблиц 5 и 6, согласно ситовому анализу, ГОСТ 27562-87 показывает (выход фракции +10 мм), что при этой крупности выход годного агломерата (ГОСТ 27562-87) составляет 69 и 62 %. При определении прочности агломерата, с использованием метода двукратного сбрасывания с высоты 2 м на стальную плиту по ГОСТу 25471-82 было установлено, что полученные агломераты из мелких железных руд и восстановителей по структуре имели высокие механические свойства по прочности.

Таблица 6 – Фракционный и химический состав агломерата, полученного из мелочи железных руд и российского кокса

Фракция, мм	Выход, %	Содержание, %		
		Fe _{общ}	Si _{общ}	C
+ 0–5	20	57	21,29	0,32
+ 5–10	8	54,9	20,73	0,24
+ 10	62	55,7	19,03	0,11
сумма	100	56,5	20,35	0,22
+ 5–10 и + 10	70	55,3	19,88	0,17

Таблица 7 – Прочностные характеристики агломерата (железная руда + китайский кокс) после сбрасывания с высоты 2 м (ГОСТ 25471-82)

Фракция, мм	Выход, %	Содержание, %		
		Fe _{общ}	Si _{общ}	C
+ 0–5	26	54	23,7	0,33
+ 5–10	7	56,5	21,59	0,17
+ 10	67	56,9	23,68	0,11
Σ	100	55,8	22,99	0,20
+ 5–10 и + 10	74	56,7	22,62	0,14

Таблица 8 – Прочностные характеристики агломерата (железная руда + российский кокс) после сбрасывания с высоты 2 м (ГОСТ 25471-82)

Фракция, мм	Выход, %	Содержание, %		
		Fe _{общ}	Si _{общ}	C
+ 0–5	20	57	21,29	0,32
+ 5–10	9	54,9	20,73	0,24
+ 10	71	55,7	19,03	0,11
Σ	100	56,5	20,35	0,22
+ 5–10 и + 10	80	55,3	19,88	0,17

Качественные характеристики полученных железных агломератов.

Полученные агломераты после определения прочности (ГОСТ 25471-82) имели удовлетворительную прочность и высокий выход годного продукта (ГОСТ 27562-87) – 74 и 70 %. Проверка агломератов на прочность выявила высокие показатели прочности на удар (выход фракции +10 мм). Общие технологические параметры агломерации железного сырья в смеси с китайским коксом и коксом российским приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Технологические показатели агломерации железорудного сырья в смеси с китайским и российским коксом

Показатели	Варианты	
	Смеси с китайским коксом	Смеси с российским коксом
1 Содержание в шихте, %		
Топливо (полукокс и кокс), %	10	11
Возврата, %	16	17
2 Влажность шихты (ГОСТ 12764-73), %	10–15	12–15
3 Высота слоя, мм	350	350
4 Показатели спекания		
4.1 Максимальная температура в слое, °C	1100	1100
4.2 Усадка, мм	55	50
4.3 Выход годного агломерата (ГОСТ 25471-82) +10 мм, %	67	71

5 Качество агломерата		
5.1 Содержание, %		
Fe	55,8	56,5
Si	22,99	20,35
5.2 Гранулометрический состав, %		
+0–5 мм	26	20
+5–10 мм	7	9
+10 мм	67	71
5.3 Прочность по ГОСТу 27562-87, %		
(+5–10 мм+ (+10 мм))	74	80

Максимальное содержание железа в проведенных опытах по агломерации составило до 55,7 %. Полученный агломерат в обоих случаях имел высокую прочность на сбрасывание (ГОСТ 25471-82).

Таким образом, после сбрасывания испытуемых агломератов с высоты 2 м (ГОСТ 25471-82), можно прийти к выводу, что агломерат (железная руда + китайский кокс) имеет меньшую степень выхода годного материала (74 %), к тому же содержание и извлечение ведущего элемента в этом агломерате сравнительно низкие. Например, содержание железа составляет 55,3 %.

Для улучшения механических свойств полученных агломератов необходимо продолжить исследования с изменением состава шихтовых материалов и проведением металлургической оценки с выплавкой железосодержащих полупродуктов [8].

ВЫВОД

Таким образом, по результатам проведенных исследований установлено, что местная железная руда месторождения Велиховское Северное вполне может быть пригодным для получения сплавов на основе железа (чугуна и стали) с предварительным агломированием. Исследуемая мелочь железной руды вполне пригодна для дальнейшего вовлечения их к процессу обогащения и окучивания (к методам производства окатышей и брикетирования).

Данная железорудная мелочь абсолютно пригодна для получения железорудных агломератов, свойства которых соответствует всем требованиям к стандартным железорудным агломератам применяемых при выплавке чугуна и стали.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Остапенко, П. Е.** Теория и практика обогащения железных руд. – М. : Недра, 1985.

- 2 Справочник по обогащению том 3. – М. : Недра, 1974.
- 3 **Миловский, А. В.** Минералогия и петрография. – М. : Недра, 1964.
- 4 **Митрофанов, С. И.** Исследования полезных ископаемых на обогатимость. – М. : Госгортнхиздат, 1962.
- 5 **Леонов, С. Б., Белькова, О. Н.** Исследование полезных ископаемых на обогатимость. – М. : Интермет инжиниринг, 2001.
- 6 **Миторофанов, С. И., Барский, Л. А., Самыгин, В. Д.** Исследование полезных ископаемых на обогатимость. – М. : Недра, 1974.
- 7 Справочник по обогащению руд. Основные процессы. – М. : Недра, 1983.
- 8 **Коротич, В. И., Фролов, Ю. А.** Агломерация рудных материалов, Екатеринбург, 2003.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Е. К. Самуратов¹, Б. С. Келаманов², А. М. Акуов³, Е. У. Жумагалиев⁴, С. К. Кабылканов⁵

Велиховское Северное кен орнындағы темір кенінің агломерациясын зерттеу

^{1,2,3,5}Техникалық факультеті,

Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті,
Ақтөбе қ., 030000, Қазақстан Республикасы;

⁴С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

Ye. Samuratov¹, B. Kelamanov², A. Akuov³, Ye. Zhumagaliyev⁴, S. Kabyllkanov⁵
Research of agglomeration of iron ores from the Velikhovskoe Severnoe

^{1,2,3,5}Technical faculty,

K. Zhubanov Aktobe Regional State University,
Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan;

⁴S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақалада Велиховское Северное кен орынындағы темір кенінің агломерациясының технологиясын зерттеу жұмыстары жүргізілді. Алынған агломераттың беріктілік қасиеті және аталмыш жергілікті темір кенінің қытай коксымен қорытпасы және ресей коксымен қорытпасы арқылы алынған агломераттың жалпы технологиялық параметрлері қарастырылды.

This article describes the research of the technology of agglomeration of iron ores from the Velikhovskoe Severnoe. Check for the presence of agglomerates in combination with Chinese coke and Russian coke.

ГРНТИ 49.40.49

**Т. Ф. Серіков¹, Ш. А. Мирзакулова², Г. М. Юсупова³,
С. Ш. Авелбекова⁴, А. Ж. Сабитова⁵**

¹доктор PhD, ст. преподаватель, кафедра «Технология систем связи», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

²к.т.н., ст. преподаватель, университет Туран, г. Алматы, 050056, Республика Казахстан;

³доктор PhD, ст. преподаватель, университет Туран, г. Алматы, 050056, Республика Казахстан;

⁴магистр РЭТ, ст. преподаватель, университет Туран, г. Алматы, 050056, Республика Казахстан;

⁵студент, 3 курс, специальность «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан

e-mail: ¹tansaule_s@mail.ru; ²mirzakulova@mail.ru; ³gulbahar68@mail.ru; ⁴avelbekova@mail.ru; ⁵98sabitova@gmail.com

АНАЛИЗ ВРЕМЕННОГО РЯДА МЕТОДОМ ССА

Статья посвящена анализу аддитивных структурных компонент одномерного временного ряда. Практика показывает, что большинство реальных процессов не удовлетворяет свойствам стационарности. На основе метода ССА осуществить декомпозицию ряда на составляющие.

Ключевые слова: временной ряд, сингулярный спектральный анализ, тренд, периодическая (циклическая) составляющие, шум, лепестковая диаграмма.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из современных инструментов анализа структурных компонент временного ряда является непараметрический метод – сингулярный спектральный анализ ССА, которую часто называют метод «Гусеница» (SSA, Singular Spectrum Analysis).

Непараметрические модели не требуют соответствия принадлежности к соответствующим законам распределения, предварительной стабилизации ряда и не зависят от того стационарен или не стационарен исследуемый ряд [1].

К гармоническим составляющим ряда относят сезонную и циклическую компоненты, так как их различает лишь величина периода колебаний, которые

представляет колебания анализируемого признака. Сезонность описывается неслучайной периодической функцией с периодом, кратным длительности сезона. Циклическая компонента представляет изменение анализируемого признака под действием долговременных циклов. Цикличность описывается также неслучайной функцией [3].

Случайная компонента – результат воздействия краткосрочных и непредсказуемых факторов, которая представляет стохастическую природу изучаемого признака (отражает влияние на формирование значения ряда и погрешность измерения). Действие случайных факторов описывают с помощью случайной функции. При сложении этих компонент организуется аддитивная модель ряда. [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из современных инструментов анализа структурных компонент временного ряда является непараметрический метод – сингулярный спектральный анализ *ССА*, которую часто называют метод «Гусеница» (*SSA*, *Singular Spectrum Analysis*).

Непараметрические модели не требуют соответствия принадлежности к соответствующим законам распределения, предварительной стабилизации ряда и не зависят от того стационарен или не стационарен исследуемый ряд.

Метод *ССА* осуществляет преобразование одномерного ряда динамики в многомерный с применением однопараметрического сдвига. Используя свойства полученной траекторной матрицы, применяет сингулярное разложение и восстанавливает (аппроксимирует) обработанные данные с выбором главных компонент [1]. Основным параметр метода длина окна L , который не должен превышать половину длины исследуемого ряда N .

В работе использованы пакеты программ MS Excel и AtteStat [2].

Исследуемый ряд представляет собой интенсивность пакетов протокола UDP (*User Datagram Protocol*). Одномерный временной ряд имеет 100 уровней, измеренные через каждые 100 секунд на магистральной сети города на протяжении пяти часов (рисунок 1).

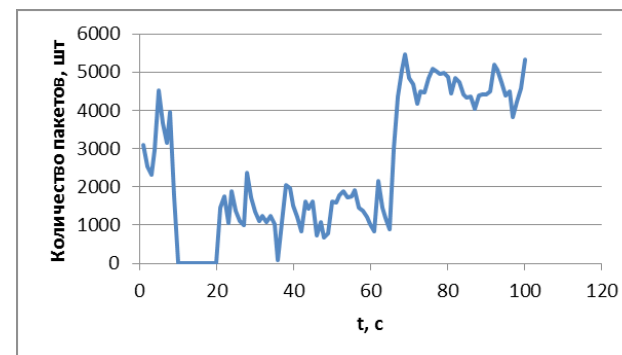


Рисунок 1 – Ряд интенсивности передачи пакетов

Программа AtteStat разработана как надстройка к табличному процессору MS Excel, и в совокупности становится мощным математическим инструментом для обработки данных. В соответствии с требованиями программного обеспечения AtteStat для сингулярного спектрального анализа заданы параметры спектрального анализа – ширина окна равна 50 и число гармоник также равно 50. В результате временной ряд был разложен на 50 гармоник (рисунок 2) и выданы соответствующие табличные данные соответствующих 50 гармоник (главных компонент по убыванию).

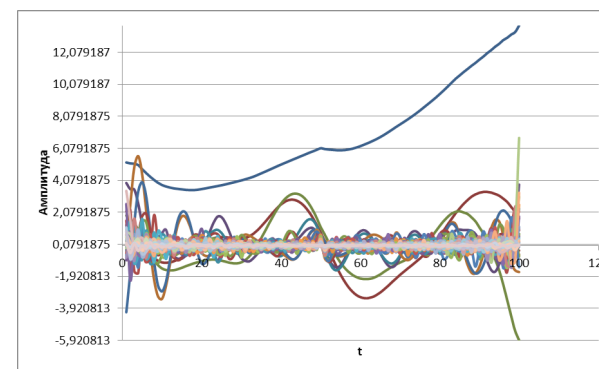


Рисунок 2 – Сингулярный спектральный анализ

На выше приведенном рисунке 2 видно, что ряд разложился на низкочастотную составляющую (тренд) – первая главная компонента (ряд 1 элементарной матрицы), периодические составляющие вместе с высокочастотным шумом.

Трендовая компонента описывает влияние долговременных факторов, которые формируют общую тенденцию изменения анализируемого показателя в длительной перспективе. Описывается неслучайной функцией, она плавно изменяющаяся и описывает чистое влияние долговременных факторов, эффект которых сказывается постепенно.

К гармоническим составляющим ряда относят сезонную и циклическую компоненты, так как их различает лишь величина периода колебаний, которые представляет колебания анализируемого признака. Сезонность описывается неслучайной периодической функцией с периодом, кратным длительности сезона. Циклическая компонента представляет изменение анализируемого признака под действием долговременных циклов. Циклическость описывается также неслучайной функцией [3].

Случайная компонента – результат воздействия краткосрочных и непредсказуемых факторов, которая представляет стохастическую природу изучаемого признака (отражает влияние на формирование значения ряда и погрешность измерения). Действие случайных факторов описывают с помощью случайной функций. При сложении этих компонент организуется аддитивная модель ряда.

На рисунке 3 показана лепестковая диаграмма тренда.

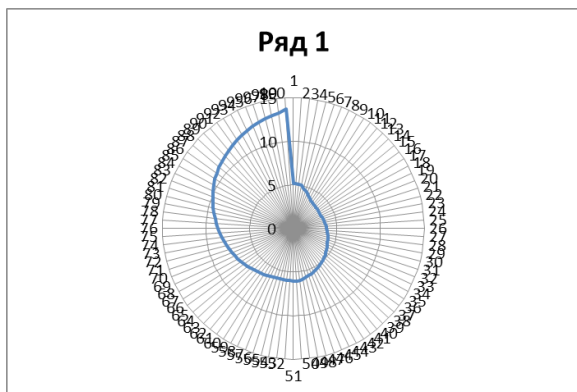


Рисунок 3 – Тренд (первая главная компонента)

Группы из 21 главных компонент (2 ряд, 3 ряд, 4 ряд, 5 ряд, 6 ряд, 7 ряд, 8 ряд, 10 ряд, 14 ряд, 22 ряд, 23 ряд, 27 ряд, 30 ряд, 31 ряд, 32 ряд, 33 ряд, 36 ряд, 39 ряд, 42 ряд, 44 ряд, 45 ряд) соответствуют гармонической составляющей исследуемого временного ряда (рисунок 4). Остальные группы их 28 главных компонент соответствуют шуму (рисунок 5).

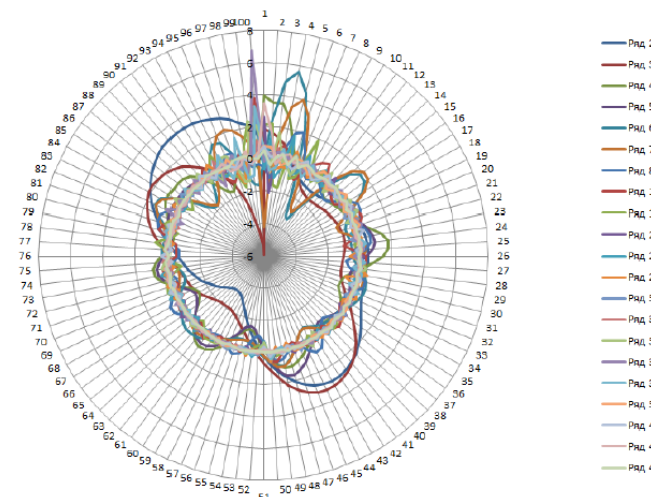


Рисунок 4 – Гармонические составляющие

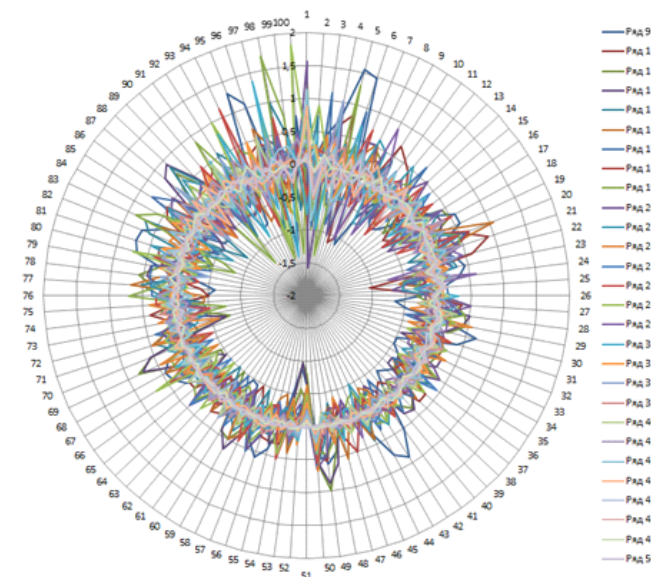


Рисунок 5 – Шумовые компоненты

На рисунке 6 представлена декомпозиция временного ряда на аддитивные составляющие.

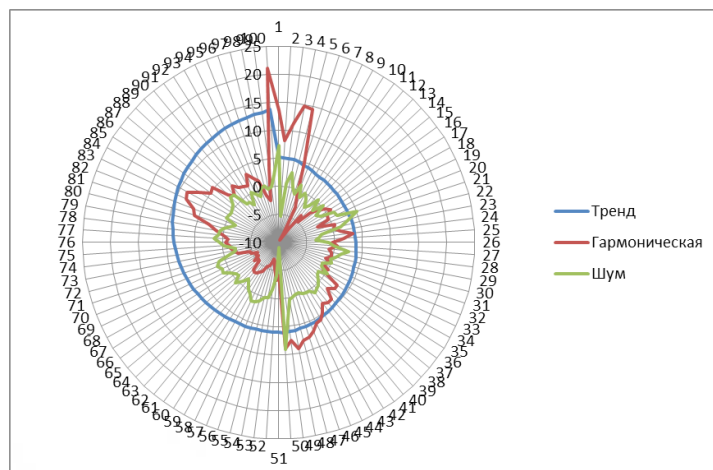


Рисунок 6 – Декомпозиция временного ряда

ВЫВОДЫ

Для большей наглядности использована лепестковая диаграмма декомпозиция временного ряда показывает, что временной ряд является не стационарным. Ряд содержит тренд, гармонические составляющие и шум. Исследуемый временной ряд нестационарный, так как содержит тренд, гармонические составляющие и шум.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Поршнев, С. В., Рабайя, Ф.** Исследование особенностей применения метода сингулярного спектрального анализа в задаче анализа и прогнозирования временных рядов: монография. – Ульяновск : Зебра. – 2016. – 167 с.

2 **Гайдышев, И. П.** Моделирование стохастических и детерминированных систем: Руководство пользователя программы AtteStat. – Курган, 2013. – 490 с.

3 **Капитонова, О. В.** Прогнозирование социально-экономических процессов: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород : Нижегородский университет, 2016. – 74 с.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

T. F. Serikov¹, Sh. A. Mirzakulova², G. M. Yusupova³, S. Sh. Avelbekova⁴, A. Zh. Sabitova⁵

ССА әдісімен уақытша қатарды талдау

^{1,5}Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,

Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы;

^{2,3,4}Тұран университеті,

Алматы қ., 050056, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

T. G. Serikov¹, Sh. A. Mirzakulova², G. M. Yusupova³, S. Sh. Avelbekova⁴, A. Zh. Sabitova⁵

Time series analysis method SSA

^{1,5}Karaganda State Technical University,

Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan;

^{2,3,4}Turan University,

Almaty, 050056, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақала бір өлшемді уақытша қатардың аддитивті құрылымдық компонентін талдауға арналған. Тәжірибе көрсеткендей, нақты процестердің көпшілігі стационарлықтың қасиеттерін қанағаттандырмайды. ССА әдісі негізінде құрамдастарға қатардың декомпозициясын жүзеге асыру болып табылады.

The article is devoted to the analysis of the additive structural components of a one-dimensional time series. Practice shows that most real processes do not satisfy the properties of stationarity. On the basis of the SSA method, perform a series decomposition into components.

Т. Ф. Сериков¹, А. К. Касымханова², А. Б. Мускенова³

¹доктор PhD, ст. преподаватель, кафедра «Технология систем связи», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

²студент, 3 курс, специальность «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

³студент, 3 курс, специальность «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан

e-mail: ¹tansaule_s@mail.ru; ²aknur-040299@mail.ru

КРИПТОСИСТЕМА

Статья посвящена анализу методов и проблем криптосинтеза.

В настоящее время существует множество криптографических систем и их анализов. Одной из самых известных является криптосистема RSA, которая стала первой системой, пригодной и для шифрования, и для цифровой подписи.

Ключевые слова: криптография, алгоритм, ключ, блочный шифр, сообщение, асимметричная криптосистема.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из современных инструментов анализа структурных компонент временного ряда является непараметрический метод – сингулярный спектральный анализ ССА, которую часто называют метод «Гусеница» (SSA, Singular Spectrum Analysis).

Непараметрические модели не требуют соответствия принадлежности к соответствующим законам распределения, предварительной стабилизации ряда и не зависят от того стационарен или не стационарен исследуемый ряд [1].

К гармоническим составляющим ряда относят сезонную и циклическую компоненты, так как их различает лишь величина периода колебаний, которые представляет колебания анализируемого признака. Сезонность описывается неслучайной периодической функцией с периодом, кратным длительности сезона. Циклическая компонента представляет изменение анализируемого признака под действием долговременных циклов. Циклическость описывается также неслучайной функцией [3].

Случайная компонента – результат воздействия краткосрочных и непредсказуемых факторов, которая представляет стохастическую природу изучаемого признака (отражает влияние на формирование значения ряда и погрешность измерения). Действие случайных факторов описывают с помощью случайной функцией. При сложении этих компонент организуется аддитивная модель ряда [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Самой первой криптосистемой с открытым ключом из предложенных в открытой литературе (1978 г.), была система Райвеста, Шамира и Эдлмана. Она стала известна под названием RSA. Схема RSA получила самое широкое признание и реализована практически во всех приложениях шифрования с открытым ключом. RSA представляет собой блочный шифр, в котором открытый и зашифрованный текст представляется целыми числами из диапазона от 0 до $n-1$ для некоторого n .

Допустим, что объект А хочет передать сообщение объекту В в зашифрованном виде. Для этого используем алгоритм RSA. При передаче могут возникнуть проблемы из-за характеристики проводных линий связи или плохую полосу пропускания и пропускную способность. Для этого нужно использовать методы обнаружения ошибок. Но для разных сетей разные методы.

Шаги:

- объект В придумывает два любых больших простых числа P и Q ;
- объект В решает значение модуля $N = P \times Q$;
- объект В решает функцию Эйлера: $\varphi(N) = (P-1) \times (Q-1)$; и выбирает любым образом значение открытого ключа K_b с учетом условия: $1 < K_b \leq \varphi(N)$, $\text{НОД}(K_b, \varphi(N)) = 1$

- объект В решает значение секретного ключа k_b решая алгоритм Евклида когда достигается условие: $k_b \equiv K_b^{-1} \pmod{\varphi(N)}$.

- объект В передает объекту А пару чисел (N, K_b) по незащищенному пути.
- Если объект А хочет передать объекту В сообщение M , он должен разбить исходный открытый текст M на блоки, каждый из которых может быть показан в виде: $M_i = 0, 1, 2, \dots, N - 1$.

- Объект А шифрует данные, показаны в виде последовательности чисел M_i по формуле: $C_i = M_i^{K_b} \pmod{N}$, и отправляет криптограмму $C_1, C_2, \dots, C_i \dots$ объекту В.

Пользователь В расшифровывает криптограмму $C_1, C_2, \dots, C_i \dots$ используя секретный ключ k_b по формуле: $M_i = C_i^{k_b} \pmod{N}$

При реализации алгоритма на практике, нужно иметь возможность без сильных затрат генерировать большие простые числа, к тому же быстро решать значение ключей.

Пример: шифрование сообщения

Для наглядности вычисления, будем использовать небольшие числа. Но на практике используют очень большие числа (длиной 200–300 десятичных разрядов).

Действия объекта В:

Берет $P = 3$, $Q = 11$.

Берет модуль $N = P \times Q = 3 \times 11 = 33$.

Берет значение функции Эйлера для $N = 33$: $\varphi(N) = (P-1) \times (Q-1) = 2 \times 10 = 20$.

Берет в качестве открытого ключа K_b произвольное число с учетом условия: $1 < K_b \leq \varphi(N)$, $\text{НОД}(K_b, \varphi(N)) = 1$, допустим $K_b = 7$.

Решаем значение секретного ключа кв используя алгоритм Евклида: кв $\equiv 3$. объект В передает объекту А пару чисел ($N = 33$, $K_b = 7$).

Действия объекта А:

Показывает шифруемое сообщение как последовательность целых чисел в диапазоне $0 \dots 32$. Допустим буква А представляется как число 1, буква В это 2 и С = 3. Припустим что сообщение С А В можно показать как последовательность числе 321, то есть $M_1 = 3$, $M_2 = 1$, $M_3 = 2$.

Шифрует сообщение, М используя ключ $K_b = 7$ и $N = 33$ по формуле: $C_i = M_i^{K_b} \pmod{N} = M_i^7 \pmod{33}$.

Получаем:

$$C_1 = 3^7 \pmod{33} = 2187 \pmod{33} = 9$$

$$C_2 = 1^7 \pmod{33} = 1 \pmod{33} = 1$$

$$C_3 = 2^7 \pmod{33} = 128 \pmod{33} = 29$$

Передает объекту В криптограмму: $C_1, C_2, C_3 = 9, 1, 29$.

Действия объекта В:

Расшифровывает принятую криптограмму C_1, C_2, C_3 , используя секретный ключ $\equiv 3$ по формуле: $M_i = C_i^{K_b} \pmod{N} = C_i^3 \pmod{33}$

$$M_1 = 9^3 \pmod{33} = 729 \pmod{33} = 3.$$

$$M_2 = 1^3 \pmod{33} = 1 \pmod{33} = 1.$$

$$M_3 = 29^3 \pmod{33} = 24389 \pmod{33} = 2.$$

Объект получил исходное сообщение, которое послал объект А.

Делая вывод, шифрование с помощью RSA является одним из методов защиты информации при передаче данных через сеть Интернет. Схема Рабина очень похожа на схему RSA. Криптоалгоритм RSA признан стойким при длине ключа больше 1024 бит. Нужно отметить, что алгоритм применяют как для шифрования так и для электронно-цифровой подписи. Нетрудно заметить, что в асимметричной криптосистеме RSA количество ключей связано с количеством пользователей линейной зависимостью (N пользователей используют $2 \times N$ ключей), а не квадратичной как это

используется в симметричных системах. Применение алгоритма может решить некоторые угрозы информационной безопасности в сети.

Если сравнивать самых популярных представителей асимметричного и симметричного шифрования, нужно отметить, что по скорости RSA уступает DES, да и реализация криптоалгоритма RSA сложнее. Поэтому RSA обычно используется для передачи небольших сообщений. Шифрование как таковое, частично решает проблемы защиты информации в сетях.

ВЫВОДЫ

Был представлен алгоритм шифрования, а также в качестве примера было зашифровано сообщение. На данный момент асимметричное шифрование на основе открытого ключа RSA (расшифровывается, как Rivest, Shamir and Aldeman – создатели алгоритма) использует большинство продуктов на рынке информационной безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Поршнев, С. В., Рабайя, Ф.** Исследование особенностей применения метода сингулярного спектрального анализа в задаче анализа и прогнозирования временных рядов: монография. – Ульяновск : Зebra, – 2016. – 167 с.

2 **Гайдышев, И. П.** Моделирование стохастических и детерминированных систем : Руководство пользователя программы AtteStat. – Курган, 2013. – 490 с.

3 **Капитонова, О. В.** Прогнозирование социально-экономических процессов : Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород : Нижегородский университет, 2016. – 74 с.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Т. Ф. Серіков¹, А. К. Касымханова², А. Б. Мускенова³

Криптожүйе

^{1,2,3}Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы.
Материал 12.08.19 баспаға түсті.

T. G. Serikov¹, A. K. Kasymkhanova², A. B. Muschanova³

Cryptosystem

^{1,2,3}Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 12.08.19.

Мақала криптосинтез әдістері мен мәселелерін талдауға арналған. Қазіргі уақытта көптеген криптографиялық жүйелер мен олардың талдаулары бар. Ең танымал бірі-шифрлау және цифрлық қолтаңба үшін жарамды бірінші жүйе болған RSA криптожүйесі.

The article is devoted to analysis of methods and problems of kryptonites. Currently, there are many cryptographic systems and their analysis. One of the most famous is the RSA cryptosystem, which became the first system suitable for both encryption and digital signature.

FTAMP 49.40.49

T. F. Сериков¹, A. M. Құдайберген²

¹PhD доктор, аға оқытушы, «Байланыс жүйелер технологиясы» кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы;

²студент, 3 курс, «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы
e-mail: ¹tansaule_s@mail.ru; ²abzal.1999.k@bk.ru

ВИЖЕНЕР ЖӘНЕ ЦЕЗАРЬ КРИПТОГРАФИЯСЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КРИПТОГРАФИЯ ТҮРІ

Бұл жұмыста Вижинер және Цезарь әдісінің негізінде криптографияның жаңа моделі орындалады. Қазіргі уақытта техника даму үстінде. Яғни, біздің ұялы телефон сияқты жеке құрылғыларымыздың қауіпсіздігі өте маңызды. Бұл жұмыстың барысында симметриялы криптография негізінде криптографиялаудың жаңа үлгісін құрдық. Осы жұмыс арқылы шешілуі өте қиын симметриялы криптография үлгісі құрылды.

Кілтті сөздер: Вижинер және Цезарь әдісі, криптографияның жаңа үлгісі, техника даму үстінде, симметриялы криптография.

КІРІСПЕ

Ақпаратты қорғауға қазіргі заманда көп назар аударылады. Соңғы кездері телекоммуникациялық жүйелер қазіргі ғаламдық ақпараттық жүйелердің күретаырылары болып табылады. Осындай жүйелерде айналып жүретін ақпарат бағалы болу мүмкін, сондықтан оны қаскүнемдер ұрлауға, рұқсатсыз пайдалануға, өзгертуге тырысады. Сол себептен соңғы жылдары ақпаратты қорғау проблемасы өте маңызды болды.

Қазіргі уақытта бұл проблеманың шешуін ақпаратты қорғаудың мамандары іздейді. Ақпаратты қорғаудың түрлі тәсілдерінің арасында криптографиялық әдістер ерекше орын алады. Бір жағынан, ақпаратты қорғаудың криптографиялық тәсілдері адамдарға бұрыннан белгілі болып ойдағыдай қолданылады. Басқа жағынан, криптографияның жаңа жетістіктері рұқсатсыз қатынаудан деректерді қорғауды классикалық есебін ғана емес, басқа көп есептерді де шешуге мүмкіндік береді. Осының қатарында ақпараттық жүйелерде пайдаланушылардың аутентификациясы, электронды құжаттарға цифрлық қол қою проблемасы, және электронды ақшаны пайдалану мүмкіндіктері.

Көп уақыт криптографиялық теорияның дамуы аса қарқынды болмаған еді, бірақ XX ғасырда математиканың жетістіктеріне байланысты криптография саласында кенет өзгеру пайда болды. Соңғы жылдары түрлі алгоритмдар мен протоколдарды пайдалану тәжірибесінің жиналуы өте тез өтіп жатыр, сондықтан криптографиялық қорғау әдістеріне арналған әдебиеттер ұзақ уақыт толық болалмайды [1].

Жалпы криптология термині *cryptos* – құпия және *logos* – ғылым деген ұғымдарды білдіретін грек сөздерінен шыққан. Криптология екі бөлімге бөлінеді: криптография (шифрлау) және криптоанализ (криптоталдау). Криптография басқа бөгде адамдардың (қарсыластын) хабарламаны ұрлауынан, өшіруінен, көруінен және т.б. өзгертулерден қорғау үшін хабарламаның түрленуін қарастырады. Криптограф хабардың құпиялығын және нақтылығын сақтайтын әдістермен қамтамасыз етеді. Криптографиямен айналысатын адамды криптограф деп атайды. Криптоталдаушы шифрланған мәтінді құпиялы кілтсіз бұзып ашу әдістерін іздейді. Криптоталдаушы криптографқа шифрланған мәтінді құпиялы кілтсіз бұзып ашу әдістерін көрсетеді. Ашық мәтін деп бастапқы берілген хабарламаны айтады. Криптографтың ашық мәтінге қолданылған амалынан кейінгі нәтижені шифрланған мәтін немесе криптограмма деп атаймыз. Шифрлау деп шифр арқылы ашық мәтіннің шифрмәтінге айналу процесін айтады. Ашық мәтінді шифрлау үшін криптограф әрқашан құпия кілтін қолданады. Бұзып ашылуына қарсы тұра алатын шифрдың қабілетін шифрдың мықтылығы немесе беріктілігі дейміз [2].

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Ақпаратты басқа бөгде адам оқи алмайтындай етіп, өзгертіп қорғау мәселесі ерте заманнан адамзатты ойландырып келеді. Криптография тарихы адам тілі тарихымен қатарлас дамуда. Тіпті жазудың өзі бастапқыда криптографиялық жүйе болып табылатын, себебі ерте заманда жазуды тек таңдаулылар ғана білді. Ежелгі Египет, ежелгі Индияның қасиетті кітаптары оған мысал бола алады. Цезарь өз хаттарында біраз жүйеленген, өз атымен аталатын шифр пайдаланған.

Жазу кең таралған кезде криптография жеке ғылым ретінде дами бастады. Криптографиялық жүйелер бірінші және екінші дүниежүзілік соғыс жылдарында жақсы дамыды. Соғыстан кейінгі уақыттан бастап осы кезге дейінгі есептеу техникалардың пайда болуы криптографиялық әдістерді құру және жетілдіруді жеделдетті. Ақпаратты қорғау мәселерімен криптология (*kryptos* – құпия) айналысады.

Қазіргі криптография екі бағытта дамып келеді:

- 1 Симметриялық криптография.
- 2 Асимметриялық криптография.

Симметриялық криптожүйеде ақпаратты шифрлау және дешифрлау үшін бір кілт қолданылады. Ақпаратты жіберуші және қабылдаушы алдын ала белгілі бір жабық арналар арқылы өзара қолданылатын кілтті ауыстырулары қажет. Асимметриялық криптожүйеде ақпаратты шифрлау және дешифрлау үшін екі кілт қолданылады. Әрбір қолданушының өзінің ашық және құпия (жабық) кілті болады. Хабарды жіберуші хабарды ашық кілтпен шифрлайды. Қабылдаушы хабарды дешифрлау үшін өзіне ғана белгілі құпия кілтін қолданады.

Жалпы криптология термині *cryptos* – құпия және *logos* – ғылым деген ұғымдарды білдіретін грек сөздерінен шыққан. Криптология екі бөлімге бөлінеді: криптография (шифрлау) және криптоанализ (криптоталдау). Криптография басқа бөгде адамдардың (қарсыластын) хабарламаны ұрлауынан, өшіруінен, көруінен және т.б. өзгертулерден қорғау үшін хабарламаның түрленуін қарастырады. Криптограф хабардың құпиялығын және нақтылығын сақтайтын әдістермен қамтамасыз етеді. Криптографиямен айналысатын адамды криптограф деп атайды. Криптоталдаушы шифрланған мәтінді құпиялы кілтсіз бұзып ашу әдістерін іздейді. Криптоталдаушы криптографқа шифрланған мәтінді құпиялы кілтсіз бұзып ашу әдістерін көрсетеді. Ашық мәтін деп бастапқы берілген хабарламаны айтады. Криптографтың ашық мәтінге қолданылған амалынан кейінгі нәтижені шифрланған мәтін немесе криптограмма деп атаймыз. Шифрлау деп шифр арқылы ашық мәтіннің шифрмәтінге айналу процесін айтады. Ашық мәтінді шифрлау үшін криптограф әрқашан құпия кілтін қолданады. Бұзып ашылуына қарсы тұра алатын шифрдың қабілетін шифрдың мықтылығы немесе беріктілігі дейміз.

Цезарь шифры – ең жеңіл және кеңінен тараған шифр әдісі. Оны Цезарь коды, Цезарь жылжытуы немесе жылжыту шифры деп те атайды. Цезарь шифры қарапайым алмастыру шифрының дербес жағдайы болып табылады. Бұл шифр өзінің атын Рим императоры Гай Юлий Цезарь есіміне байланысты алды. Ол бұл шифрды шамамен б.д.д. 50-ші жылдарда Цицеронмен хат алмасқанда қолданды. Шифрлау кезінде бастапқы мәтіннің алғашқы әрпі сол алфавиттің басқа әрпіне ауыстырылады, ол келесі ереже бойынша жүреді: алмастыратын әріп алфавиттегі әріптер бойынша ауыстыру арқылы алынады. Алфавиттің соңына жеткенде цикілді түрде оның басына ауысады. Цезарь құпия кілті $K=3$ қолданады. Мұндай алмастыру шифрын ашық мәтін мен шифрланған мәтіннің әріптерінің сәйкес жұптарынан тұратын ауыстыру кестесі арқылы беруге болады.

Мысалы, Цезарьдің КЕЛДІМ КӨРДІМ ЖЕНДІМ жолдауы шифрланған кезде мына түрде болар еді: МЗНЖЮО МСУЖЮО ЙЗПЖЮО.

Цезарьдың шифрлау жүйесінің ерекшелігі – шифрлау мен шифрды ашудың қарапайымдылығында болып табылады. Ал Цезарь жүйесінің кемшілігіне мыналарды жатқызуға болады:

– бастапқы ашық мәтіннің пайда болған әртүрлі әріптерінің жиілігін жасыра алмайды;

– ауысатын әріптер тізбегінің алфавиттік реті сақталады;

– К мәні өзгерген кезде тек осындай тізбектің бастапқы позициясы ғана өзгереді;

– К мүмкін кілттер саны аз;

Биралфавитті алмастыру жүйесіне қарсы криптоталдаушы шабуыл символдардың жиілігін есептеуден басталады, яғни шифрланған мәтіндегі әрбір әріптердің саны анықталады. Шифрланған мәтіндегі әріптердің жиілігі бастапқы хабар алфавитіндегі әріптердің жиілігімен салыстырылады, мысалы ағылшын тілінде шифрланған мәтіндегі ең жоғарғы жиіліктегі әріп ағылшын тіліндегі ең жоғарғы жиілікті әріппен ауыстырылады. Шифрлау жүйесінің ашылу ықтималдығы шифрланған мәтіннің ұзындығы өскен сайын артады. Сонымен қатар Цезарь шифрлау әдісінің өзіндік артықшылығы бар. Ол артықшылықты мен өз мысалыммен түсіндірейін. Ең алдымен Цезарь шифрлау әдісі кезінде қолданылған $K=3$ әдісін мен өзгерте отырып, шифрлаушы қаскүнемге үлкен қиындық тудырамын. Цезарь шифрлау әдісіне сүйене отырып жасаған менің әдісім бойынша қайта шифрлау кезінде шифрлау кілтін мен құпия хабарлама жіберуші адамға өзім алдын-ала сенімді жолмен беремін. Бұл дегеніміз менің шифрлау әдісімдегі әріптер Цезарь шифрлау әдісіндегі секілді 3 әріптік қадаммен емес керісінше қазақ тіліндегі кең көлемді алфавит арқасында мен оларды бейберекет, яғни кездейсоқ (рандом) ретпен орналастырдым. Осының нәтижесінде бізде пайда болған менің шифрлау жүйемді бұзу бұл тек қана ақпарат көлемі көп болып әріптердің қайталану кезінде ғана өте қатты мұқияттылықты талап ете отырып шешіледі.

Менің шифрлау әдісім:

А Ә Б В Г Ғ Д Е Ё Ж З И Й К Қ Л М Н Ң О Ө
 П Л Д Г Ш Х Ң Ә И І Ю С Ж А Р У Ё Ц Й Ф Ы
 П Р С Т У Ұ Ү Ф Х Һ Ц Ч Ш Щ Ъ Ы І Ъ Э Ю Я
 Ъ Т Ч Я В Б Н К Э М Е Ғ З Ұ Қ Щ О Һ Ү Ө Ъ

ҚОРЫТЫНДЫ

Жалпы қорыта келетін болсақ қазіргі заманда криптографияның орны тым бөлек. Заман дамыған сайын адамдардың бір-бірімен қауіпсіз ақпарат алмасуы қиындап бара жатыр. Криптография саласы осы мәселелермен

күресу барысында үлкен жетістіктерге жетіп жатыр. Бұл қазір таңда криптография саласының жақсы дамып келе жатқанның бірден-бір дәлелі. Және де криптография саласы тағатсыз дами береді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 Асамбаев, А. Ж. Криптография негіздері. – Павлодар, 2012.
- 2 Алферов, А. П., Зубов, А. Ю., Кузьмин, А. С. и др. Основы криптографии. – М. : Гелиос АРВ, 2001.
- 3 Брассар, Ж. Современная криптология. – М. : Полимед, 1999.
- 4 Василенко, О. Н. Теоретико-числовые алгоритмы в криптографии. – М. : МЦНМО, 2003.
- 5 Әбдіқалықов, Қ. Ә. Криптографияның негіздері. – Алматы, 2012.
- 6 Диффи, У., Хеллман, М. Э. Защищенность и имитостойкость: Введение в криптографию //ТИИЭР. – 1979.
- 7 Задирака, В. К., Абдикаликов, К. А. Элементы современной криптографии и методы защиты банковской информации. – Алматы. Респ. Изд. Кабинет. 1999.
- 8 Абдикаликов, К. А. Традиционные симметричные криптосистемы. – Ақтобе : АГУ им. К. Жубанова, 2003.
- 9 Diffie, W., Hellman, M. New directions in cryptography //IEEE Trans. on Informat.Theory. – 1976.
- 10 Әбдіқалықов, Қ. Криптография негіздері // Алматы. – 2012.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

T. F. Serikov¹, A. M. Qudaibergen²

Вид криптографии, основанный на криптографии Виженера и Цезаря

^{1,2}Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100000, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 12.08.19.

T. G. Serikov¹, A. M. Qudaibergen²

A type of cryptography based on the cryptography of Vigenere and Caesar

^{1,2}Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 12.08.19.

В этой работе выполняется новая модель криптографии на основе метода Вижинера и Цезаря. В настоящее время техника развивается. То есть, безопасность наших собственных устройств, таких как наш мобильный телефон, очень важна. В ходе этой работы мы создали новую модель криптографии на основе симметричной криптографии. Благодаря этой работе была создана модель симметричной криптографии, решение которой очень сложно.

In this paper, a new cryptography model based on the Vignier and Caesar method is performed. Currently, the technique is developing. That is, the security of our own devices, such as our mobile phone, is very important. In the course of this work, we have created a new cryptography model based on symmetric cryptography. Thanks to this work, a model of symmetric cryptography was created, the solution of which is very difficult.

FTAMP 49.40.49

Т. Ф. Серіков¹, Н. М. Құрманбай²

¹PhD доктор, аға оқытушы, «Байланыс жүйелер технологиясы» кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы;

²студент, 3 курс, «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы
e-mail: ¹tansaule_s@mail.ru; ²nurgisa.kurmanbai@mail.ru

**ASCII КОДЫ НЕГІЗІНДЕГІ КРИПТОГРАФИЯЛАУДЫҢ
ЖАҢА ҮЛГІСІ**

Бұл жұмыста ASCII кодының негізінде криптографияның жаңа моделі орындалады. Қазіргі уақытта техника даму үстінде. Яғни, біздің ұялы телефон сияқты жеке құрылғыларымыздың қауіпсіздігі өте маңызды. Бұл жұмыстың барысында ұялы телефон қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін ASCII кодының негізінде криптографиялаудың жаңа үлгісін құрдық.

Кілтті сөздер: ASCII кодыны, криптографияның жаңа моделі, техника даму үстінде, ұялы телефон қауіпсіздігі.

КІРІСПЕ

Ақпаратты басқа бөгде адам оқи алмайтындай етіп, өзгертіп қорғау мәселесі ерте заманнан адамзатты ойландырып келеді. Криптография тарихы адам тілі тарихымен қатарлас дамуда. Тіпті жазудың өзі бастапқыда криптографиялық жүйе болып табылатын, себебі ерте заманда жазуды тек таңдаулылар ғана білді. Ежелгі Египет, ежелгі Индияның қасиетті кітаптары оған мысал бола алады. Цезарь өз хаттарында біраз жүйеленген, өз атымен аталатын шифр пайдаланған.

ASCII (ағылшын тілінде «American standard code for information interchange») – кейбір ортақ баспа және баспалық емес таңбаларға сандық кодтар тағайындалған кодтау жүйесінің атауы. ASCII кодтау жүйесінің кестесі 1963 жылы АҚШ-та әзірленген және сол уақытта стандартпен бекітілген [1].

ASCII – әр таңбаға 0 мен 127 аралығындағы нөмірлер берілген сандар түріндегі таңбаларды ұсыну коды. Бұл жүйе көптеген компьютерлерде деректерді екінші компьютерге аударуға мүмкіндік береді және сол компьютерде кодты көрсету үшін пайдаланылады. ASCII кодының

стандартты жүйесі әр символ үшін 7 битті пайдаланады. 8-биттерді қосу ASCII кестеде кодтардың санын 255-ке дейін ұлғайтуға әкеледі. 128-ден бастап 255-ке дейін кодтар – бұл кестені кеңейткендегі символдардың кодтары. Бұл кодтар ұлттық алфавиттердің таңбаларын, сондай-ақ мәтінде әр түрлі кадрлар мен мәтіндік кестелерді пішімдеу үшін пайдаланылуы мүмкін псевдографиялық таңбаларды кодтау үшін пайдаланылады [2].

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Бұл жекеменшік жұмыста ASCII кодының 32 мен 127 арасындағы «негізгі бөлігін» қолданамыз. Төмендегі суретте ASCII кодының стандартталған жүніежүзілік стандарты көрсетілен (32–127 кодтар интервалы).

Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ
32	пробел	56	8	80	P	104	H
33	!	57	9	81	Q	105	I
34	"	58	:	82	R	106	J
35	#	59	;	83	S	107	K
36	\$	60	<	84	T	108	L
37	%	61	=	85	U	109	m
38	&	62	>	86	V	110	n
39	'	63	?	87	W	111	o
40	(	64	@	88	X	112	p
41	)	65	A	89	Y	113	q
42	*	66	B	90	Z	114	r
43	+	67	C	91	[	115	s
44	,	68	D	92	\	116	t
45	-	69	E	93	]	117	u
46	.	70	F	94	^	118	v
47	/	71	G	95	_	119	w
48	0	72	H	96	`	120	x
49	1	73	I	97	A	121	y
50	2	74	J	98	b	122	z
51	3	75	K	99	c	123	{
52	4	76	L	100	d	124	|
53	5	77	M	101	e	125	}
54	6	78	N	102	f	126	~
55	7	79	O	103	g	127	del

Сурет 1 – ASCII кодының 32–127 интервалындағы символдары мен кодтары

Бұл жұмыстың барысында біз ASCII кодын пайдаланып ұялы телефонның жұмыс бөлігіне енуді іске асыратын кодтау негізін қарастыратын боламыз. Ол үшін келесідей 8x8 ұяшықтар санынан тұратын кестенің екеуін

жасап аламыз. Ол екі кестенің алғашқысында – криптографияның ашық кілті, екіншісінде – криптографияның жабық кілті көрсетіледі.

Криптографиядағы ашық кілті дегеніміз – барлық адамдарға қолжетімді, қолданыста кез келген адамға ұсынылатын символдар немесе алдын ала тағайындалған кодтар тізбегі.

Криптографиядағы жабық кілт дегеніміз – тек кодтың иесіне және оның авторларына ғана белгілі болып табылатын кілттің түрі. Ол барлық адамдар үшін қолжетімді бола алмайды, себебі жабық кілт декодтауды жүзеге асырудың негізі болып саналады.

Сонымен, бірінші кезекте, 8x8 кестесінен тұратын екі кестені аламыз да, оларды санмен толықтырамыз. Санмен толықтыру кезінде ашық кілтке – ASCII коды негізіндегі кодтарды өзімізге белгілі ретпен толтырамыз, ал жабық кілтке – бүтін сандарды төмендегідей реттілікпен орналастырамыз.

83	80	40	75	97	117	115	114
109	122	97	115	109	61	115	50
117	119	97	45	110	111	98	110
97	33	103	114	63	32	74	100
74	105	58	78	53	52	117	56
57	110	32	120	114	130	80	54
103	52	105	57	114	57	115	63
95	105	96	109	109	97	101	32

Сурет 2 – ASCII коды негізіндегі криптографияның ашық кілті

1	2	3	4	13	9	5	1
5	6	7	8	14	10	6	2
9	10	11	12	15	11	7	3
13	14	15	16	16	12	8	4
4	8	12	16	16	15	14	13
3	7	11	15	12	11	10	9
2	6	10	14	8	7	6	5
1	5	9	13	4	3	2	1

Сурет 3 – Бүтін сандар негізіндегі криптографияның жабық кілті

Екінші ретте, жоғарыдағы суретте көрсетілген жабық кілттің қою қара сызықпен ажыратылатын бөліктерін сәйкестерінше 1, 2, 3, 4 сандарымен

белгілеп аламыз. Реттілігі солдан оңға қарай: бірінші қатарда 1, 2 – бөліктер, астыңғы қатарда 3, 4 – бөліктер орналасқан деп есептейік. Сонда сол жабық кілт бойынша төрт бөліктің әрқайсысынан бір-біріне сәйкес келіп қалмайтындай етіп төрт-төрт ұяшықтан, жалпы 16 ұяшықты жабық кілттің көздері ретінде қарастырамыз.

Біздің жұмысымызда жабық кілттің көздері ретінде алынған қяшықтар келесі реттілікпен «рандомды» түрде таңдалды.

Кесте 1 – Криптографияның жабық кілтіннің көздері

1-бөлік	1					7		9					15
2-бөлік			3		6						12	14	
3-бөлік				4	5					11		13	
4-бөлік		2						8		10			16

1-кестеде көрсетілгендей жабық кілттің әрбір бөлігінің сандарын сәйкесінше ерекшелеп немесе қырқып аламыз. Сонда бізде жабық кілттің моделі дайын болады. Жабық кілттің тура бағыты – ізделінетін ұялы телефонның маркасының коды көрсетіледі, оны 90 градусқа оңға қарай бұратын болса – ұялы телефонның иесінің коды шығады, егер үшінші рет 90 градусқа оңға қарай бұратын болса – ұялы телефонның сыртқы құпия-сөзінің коды көрсетіледі.

Қиылған жабық кілтті тура бағытында ASCII коды негізіндегі криптографияның ашық кілтіннің үстіне қою арқылы келесідей кескіндерді аламыз:

83													
		97	109	115									
117												110	
		103		32									
74				53									
		32										80	
				114									
	105	109										101	

Сурет 4 – Ұялы телефон маркасы атауының ASCII негізіндегі кодтары

Қиылған жабық кілтті бірінші реттік 90 градусқа бұрған күйінде ASCII коды негізіндегі криптографияның ашық кілтіннің үстіне қою арқылы келесі кескіндерді аламыз:

			75		117		114
109							
		97		110		98	
97							
	105		78				117
					114		
103		105					115
						97	

Сурет 5 – Ұялы телефон иесінің аты-жөнінің ASCII негізіндегі кодтары

	80			97		115
			115			
	119				111	
			114			100
		58			52	
57						54
	52	57		57		
						32

Сурет 6 – Ұялы телефон құпия-сөзінің ASCII негізіндегі кодтары

Келесі кезекте көрсетілген кескіндердегі кодтарды символдарға айналдыруымыз керек. Ол үшін қатар реттілігін сақтай отырып, ұяшықтардан көрініп тұрған ASCII негізіндегі кодтарды жазып алуымыз керек. Сонда бізде жоғарыдағы үш сурет бойынша келесі кестедегідей мәндер алынады.

Кесте 2 – Кескіндерден алынған ASCII негізіндегі кодтар

4-сурет	83	97	109	115	117	110	103	32	74	53	32	80	114	105	109	101
5-сурет	75	117	114	109	97	110	98	97	105	78	117	114	103	105	115	97
6-сурет	80	97	115	115	119	111	114	100	58	52	57	54	52	57	57	32

Әрбір кескіндерге сәйкес ASCII негізіндегі кодтарды жазып алғаннан кейін, 1-сурет бойынша немесе ғаламтордағы арнайы декодтайтын қосымша жүйе арқылы жазып алынған кодтарды декодтаймыз. Біздің нұсқада ғаламтор парақшасы арқылы ASCII кодын декодтауды жүзеге асырамыз.

Ғаламтор паракшаларындағы қосымша декодтаушы жүйе арқылы келесідей нәтижелерге қол жеткіземіз. Декодтауды жүзеге асыру үшін қолданылатын ғаламтор сайты – <https://decodeit.ru/ascii>.

Сурет 7 – Ұялы телефон маркасы атауының декодталуы

Сурет 8 – Ұялы телефон иесі аты-жөнінің декодталуы

Сурет 9 – Ұялы телефон құпия-сөзінің декодталуы

ҚОРЫТЫНДЫ

Жалпылай алғанда бұл жұмыс арқылы ASCII кодын декодтауды және сол арқылы өзіміз көздеген объектінің ұялы телефонына қатынас жасауға қол жеткіздік. Сонымен қатар, ашық және жабық кілттерді қолданудың принциптерін және олардың қолданылуын көрсеттік. Қорытындылай алғанда, ұялы телефон үшін де криптографиялау мысалын қолдануға болатынына өзіміз дәлел жасадық.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 **Әбдіқалықов, Қ.** Криптография негіздері // Алматы. – 2012.
- 2 **Құсайынов, А.** Қазақ тілі терминдерінің салалық ғылыми түсіндірме сөздігі: Информатика және компьютерлік техника // Алматы. – 2002.
- 3 **Клемешев, Н.** Инструментальный подход к работе с новыми коммуникационными технологиями / Н. Клемешева // Беспроводные технологии. 2006. – № 3. – С. 7–19.

4 **Захаров, Д.** Интернет начинает эфирное вещание / Д. Захаров // Коммерсантъ: Приложение ТЕЛЕКОМ. – 2004. – № 83. – С. 2805–2922.

5 **Кразит, Т.** Стандарт IEEE 802.15.4 как альтернатива / Т. Кразит // Computer-world. – 2003. – № 34. – С. 17–60.

6 **Бараш, Л.** Многообразие стандартов беспроводных технологий / Л. Бараш // Компьютерное обозрение. – 2003. – № 10. – С. 365–379.

7 **Стандарты и технологии (беспроводные системы) // Электронные компоненты.** – 2003. – № 5. – С. 79–83.

8 **Мейтин, М.** Bluetooth: устройства всех стран, соединяйтесь! Без проводов / М. Мейтин // ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ. – 2003. – № 5. – С. 70–95.

9 **Шахнович, И.** Беспроводные локальные сети. Анатомия стандартов IEEE 802.11 / И. Шахнович // ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ. – 2003. – № 1. – С. 30–45.

10 <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=730702> [Электронный ресурс].

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

T. F. Serikov¹, N. M. Qurmanbai²

Новая модель криптографии на основе кода ASCII

^{1,2}Карагандинский государственный технический университет,

г. Караганда, 100000, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

T. G. Serikov¹, N. M. Qurmanbai²

New cryptography model based on ASCII code

^{1,2}Karaganda State Technical University,

Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

В этой работе выполняется новая модель криптографии на основе кода ASCII. В настоящее время техника развивается. То есть, безопасность наших собственных устройств, таких как наш мобильный телефон, очень важна. Для обеспечения безопасности мобильного телефона в ходе этой работы мы создали новую модель криптографии на основе кода ASCII.

In this work, a new cryptography model based on ASCII code is performed. Currently, the technique is developing. That is, the security of our own devices, such as our mobile phone, is very important. In order to ensure the security of the mobile phone, we have created a new cryptography model based on ASCII code.

Б. К. Султанова¹, А. Н. Дюсембаева²

¹п.ғ.к. доцент, Ақпараттық жүйелер факультеті, ИВС кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы;

²магистрант, Ақпараттық жүйелер факультеті, ИВС кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы

e-mail: kz007ua@mail.ru

**ОҚУ ПӘНІНІҢ ЖҰМЫС БАҒДАРЛАМАСЫН ҚҰРУ
ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ФОРМАЛДАУ**

Қазіргі уақытта білім беру технологияларының белсенді түрде өзгеруі орын алып отыр, өз кезегінде бұл үрдістер жаңа білім алу қажеттіліктерімен, білімге деген қолжетімділік қағидаларының өзгеруімен, сондай-ақ, белгілі бір ғылым саласының ерекшеліктерін ескере отырып алынған мәліметтерді бір жүйеге келтіру сұрашымен, ақпараттық технологиялардың дамуымен түсіндіріледі. Білім беру стандарттары мен бағдарламаларын жүзеге асыру кезінде маңызды сұрақтардың бірі болып анықталған бір мекесе деңгейінде, жалпы мемлекеттік білім беру жүйесі деңгейінде оқу үрдісіне заманауи ақпараттық технология мүмкіншіліктерін енгізу табылады. Мақалада қазіргі уақыттағы білім беру саласында ақпараттық технологиялардың қолданылу мәселесі қарастырылады. Білім беру мекемелерінің қызметіндегі ақпараттық технологиялар қолданылатын бағыт анықтап көрсетіледі. Соның ішінде, оқу-әдістемелік кешенінің құжаттарын құрастыруда мұғалім қызметін қолдайтын ақпараттық технологиялардың қолданылмауы мәселесі көтеріліп, орта-кәсіптік білім беру үшін оқу жұмыс бағдарламаларын құру мысалы да қарастырылған. Сонымен қатар, білім беру жүйесіндегі жұмыс бағдарламасының орны анықталған. Жұмыс бағдарламасының құрылымы айқындалып, оның негізгі блоктары мен элементтері, өзара қатынастары көрсетілген.

Кілтті сөздер: оқу үдерісін қолдайтын ақпараттық жүйе, оқу бағдарламалары, пәннің бағдарламасы, үдеріс, жұмыс бағдарламасы.

КІРІСПЕ

Білім беруді ақпараттандыру үрдісі қазіргі таңдағы оқу немесе тәрбиелеудің педагогикалық мақсаттарын іске асыруға бағытталған

ақпараттық технологияларды тиімді қолдану арқылы қамтамасыз етіледі. Бұл үрдіс ғылыми-педагогикалық ақпараттар, ақпараттық-әдістемелік мәліметтер, сонымен қатар коммуникативті желілер мәліметтерінің автоматтандырылған банктер негізінде оқу жүйесін басқару механизмдерін жетілдіруді білдіреді [1]. Сонымен қатар, қазіргі қоғамда оқытылып жатқан тұлғаның даму міндеттеріне сәйкес келетін оқу мен тәрбиенің әдістері мен ұйымдастыру нысандары құрылымының әдістемелік және стратегиялық іріктелуін жетілдіру жүзеге асырылады. Бұл әдістің көмегімен ғылыми зерттеу немесе ақпараттық оқу қызметін жүзеге асыру, өздігінен білім алуды қалыптастыру, оқушының интеллектуалдық потенциалын дамытуға бағытталған оқу-әдістемелік жүйесі қалыптастырылады. Сонымен бірге, ақпараттандыру үрдісі оқушының білім деңгейін бағалау мен бағылаудың компьютерлік тестілеу және диагностикалау жүйесін қалыптастыру және қолдануды қамтамасыз етеді [2].

Ақпараттық жүйе тек қана білім беру үрдісін жетілдіру құралы ғана емес, сонымен бірге оқытатын пәннің оқу-әдістемелік кешенін қалыптастыруда немесе оқылатын сабаққа дайындық кезіндегі жүктемені үлестіру арқылы педагогикалық қызметтің тиімділігін жоғарылатады.

Курс (пән, факультатив) туралы ақпарат беретін оқу бағдарламасы шоғырландырылған түрде білім беру аясында маманның педагогикалық қызметінің сапасын бағалаудың ақпараттық көзі болып табылады. Қазіргі таңда білім беру мекемелерінде пәндер бойынша Қазақстан Республикасының Білім Министрлігі бекіткен және ұсыныстық сипатқа ие үлгілік оқу бағдарламалары қолданылады. Оқу жұмыс бағдарламасы – пәннің «визит карточкасы», ерекше жол көрсеткіші, ең алдымен берілген білім беру қызметінің тапсырыс берушілері, яғни оқушылар мен олардың ата-аналары. Оқу жұмыс бағдарламасы – оқу пәні бойынша үлгілік бағдарламаға негізделген қандай да бір оқу пәнінің оқытылу мен меңгерілу мазмұнын, тәртібін, көлемін анықтайтын нормативтік құжат.

Жұмыс оқу жоспарларын, оқу үдерісінің кестелерін, оқу пәндерінің жұмыс бағдарламаларын, практикаларды, қорытынды тексеруді, әрбір пән бойынша оқу-әдістемелік кешендерді қамтитын білім беруге даярлау бағытының негізгі білім беру бағдарламалары білім беру үдерісін реттейтін негізгі құжаттар болып табылады. Оқу пәнінің жұмыс бағдарламасы оқытудың мазмұны мен ұйымдастырылуын реттейтін негізгі құжат болып табылады. Бұл құжат пән мазмұнын, оқушылар құзыреттілігінің бір бөлігін, оқыту кезінде қолданылатын оқу-әдістемелік тәсілдерді, білімді бақылау түрлері мен әдістерін және ұсынылатын әдебиетті анықтайды. Оқу пәнінің жұмыс бағдарламалары оқу үдерісінің мазмұнын қалыптастырады және оқу жоспарындағы әр түрлі пәндердің өзара байланысын құруға және құзыреттер жиынтығын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

НЕГІЗГІ БӨЛІМІ

Оқу пәнінің бағдарламасын құрудың мақсаты нақты бағыт шеңберінде мамандарды даярлаудағы оқу пәнінің орнын анықтау болып табылады, бұл дайындықтың (мамандықтың) нақты бағыты бойынша мемлекеттік білім беру стандартында, оқу жоспарында, оқу материалының мазмұнында, оқытудың ұйымдастырылуы мен технологияларында және білімді бақылау әдістерінде игерілуі көзделген әр түрлі құзыреттілік түрлері арасында байланыс орнатуға мүмкіндік береді.

Оқу пәнінің бағдарламасын әзірлеу және іске асыру үдерісіне қойылатын негізгі талаптарға мыналар жатады: оқу үдерісінің басқа базалық мәндерімен байланыс (білім беру стандарты, оқу жоспары, оқытушының жұмыс мөлшері, құзыреттілік картасы және т.б.); оқу пәні бағдарламасының формалды және мазмұндық бөлімдерінің келісу және бекіту процестерінің айқындылығын қамтамасыз ету; оқу үдерісінің барлық қатысушыларына оқу пәні бағдарламасының қол жетімділігі.

Оқу пәнінің жұмыс бағдарламасы күрделі құрылымға ие және 13 бөлімнен тұрады, оның ішіне пән бөлімдерінің мазмұны мен оқу жұмысының түрлері, қолданылатын білім беру технологиялары, әдістемелік материалдар, курстық және дипломдық жұмыс тақырыптарының тізбесі, емтихан немесе сынақ сұрақтары және т.б. кіреді. Оқу пәнінің жұмыс бағдарламаларын әзірлеу күрделі, итеративті және көптеген факторларға байланысты процесс болып табылады [3].

Әдетте, жоғары оқу орындарында оқу пәнінің жұмыс бағдарламаларын әзірлеу және жаңарту процесін автоматтандыру келесі функциялар жиынтығымен шектеледі: шаблондарды құру, редакциялау, қалыптастыру және редакциялау, шаблондарға әр түрлі құжаттарды жүктеу, электронды кітапханалық каталогтармен интеграциялау, құзыреттіліктер тізімін құру және оның элементтерін редакциялау. Осылайша, білім берудің әртүрлі салаларының қажеттіліктерін ескере отырып, оқу үдерісін қолдаудың ақпараттық жүйелерінің бірі кейіннен әмбебап компоненттерді әзірлеу мен оқу пәні бағдарламаларын құру және жаңартудың ақпараттық процестерін формализациялау міндеті өзекті болып табылады.

Жұмыс бағдарламасын жасау және бекіту процестеріне қатысатын келесі негізгі элементтерді атап өтуге болады:

1 Оқытушы білім беру стандарттары негізінде сабақ өткізу бағдарламасы мен жоспарын анықтайды.

2 Пәндік-циклдік комиссия жұмыс бағдарламасының мазмұнын саланың ерекшеліктері мен талаптарына, мемлекеттік білім беру стандарттарына және білім беру үдерісінің материалдық-техникалық жабдықтауына сәйкес мақұлдайды. Өзінің жұмыс бағдарламасын мемлекеттік білім беру стандарттарына және үлгілік жұмыс бағдарламаларына бейімдеу үшін

оқытушы пәндік-циклдік комиссия мүшелерінен кеңес ала алады. Оқытушы және пәндік-циклдік комиссия келесі түрде жұмыс жасайды: пәндік-циклдік комиссия жылдық оқу жүктемесін береді. Өзара жұмыстың нәтижесі «оқу жылына арналған жүктеме» ағыны болып табылады.

Жасалған жұмыс бағдарламасының мазмұны қойылған талаптарға сәйкес келген жағдайда пәндік-циклдік комиссияның төрағасы бағдарламаны бекітеді және оны келесі келісімге жібереді. Нәтижесінде «Келісілген жұмыс бағдарламасының» ағыны қалыптасады.

3 Әдістемелік қызмет оқытушының жұмыс бағдарламасын жасау сапасын бақылайды және онымен өзара жұмыс жасайды. Әдіскер оқу-әдістемелік кешенді рәсімдеуге арналған бланкілерді ұсынады. Оқытушыға жұмыс бағдарламасын әзірлеу бойынша ұсыныстар беріледі. Оқытушы құрастырылған жұмыс бағдарламасын тексеруге тапсырады («Құрастырылған жұмыс бағдарламасы» ағыны).

4 Оқу жұмысы бөлімі оқу үдерісі шеңберінде әзірленген бағдарламаның іске асырылуын бақылауды жүзеге асырады [4].

Жұмыс бағдарламасын құру үрдісінің құрылымдық талдауын жүргізе отырып, келесі ішкі үдерістерді бөліп көрсетуге болады:

1 Жұмыс бағдарламасының паспортын жасау.

2 Жұмыс бағдарламасын игеру нәтижелерін тұжырымдау.

3 Жұмыс бағдарламасының мазмұнын анықтау.

4 Жұмыс бағдарламасын іске асыру шарттарын анықтау.

5 Жұмыс бағдарламасын зерделеу нәтижелерінің бағалау сапасын анықтау.

Жұмыс бағдарламасының әрбір бөлімін қалыптастыру үшін деректерді іріктеу жүзеге асырылатын ережелерді жасау үшін әрбір ішкі процестерді жүзеге асыруға қандай деректер ағындары қатысатынын түсіну қажет.

Оқытушы қызметін қолдау үшін ақпараттық жүйе оқу пәнінің Жұмыс бағдарламасын құрастыру шеңберінде әрбір ішкі үдерістерді автоматтандыратын бағдарламалық модульдер жиынтығы түрінде ұсынылуы мүмкін. Мұндай жүйе күрделі механизм болып табылатындықтан, оны моделдеу кезінде белгілі бір үлгідегі объектілердің өзіндік ерекшеліктерінің, конструкциялаудың, құжаттау мен визуализациялаудың және жүргізілуінің неғұрлым табиғи тәсілін табу қажет. Жұмыс бағдарламасын құру жүйесін жүргізу оның тұрақты жағдайын модельдеу арқылы сипатталады [4].

Жұмыс бағдарламасын құру кезінде «Жұмыс бағдарламасының паспортын жасау» және «Жұмыс бағдарламасын игеру нәтижелерін қалыптастыру» жағдайлары қатар жүреді, өйткені осы жағдайларда жүйені қолдайтын үрдістердің әрекеті түпкілікті нәтижеге әсер етпейді және бірдей өзгермейтін ресурстарды пайдаланады.

«Жұмыс бағдарламасының мазмұнын анықтау» жағдайына көшу жұмыс бағдарламасы паспортының барлық компоненттері мен жұмыс бағдарламасының құзыреттері анықталғаннан кейін ғана орын алуы мүмкін. Бұл жағдайдың бағдарламалық модулінің жұмысы алдыңғы кезеңде алынған мәліметтерге толығымен негізделген. «Жұмыс бағдарламасының мазмұнын анықтау» жағдайында таңдау түйіні пайда болады. Ол екі күзет шартымен анықталған: модуль әрекетінің аяқталуы немесе бұрын жасалған әрекеттердің қайталануы. Бұл жұмыс бағдарламасы оқу жоспарында көзделген сағаттарға сәйкес оқу тақырыптарының дидактикалық бірліктері үлестірілгенге дейін анықталатын болады. Шарт қалған сағат саны бойынша нөлдің болуын тексеруді жүзеге асырады және егер ол жоқ болса, онда қолда бар шамадан үлестірілген сағат саны шегеріледі және бағдарлама қайтадан орындалады.

«Жұмыс бағдарламасын іске асыру шарттарын анықтау» жағдайы күрделі болып табылады және төрт параллель ішкі жағдайдан тұрады. Бірінші жағдайда пәнді оқу үшін қажетті әдебиеттің библиографиялық тізімін анықтайды. Ол алдыңғы жағдайда анықталған дидактикалық бірліктердің негізінде жасалады. Бағдарламалық модульді іске асыру үшін оқу басылымдарының мәліметтер базасы болуы қажет. Бұл дерекқор жалғыз емес, Білім Министрлігі ұсынған әдебиетке, қосымша әдебиетке және т.б. бөлінуі мүмкін. Бұл жағдайда тізім бағдарламалық модульмен жасалғаннан кейін білім беру ұйымының кітапхана қорында осы бағдарлардың бар болуын анықтау қажет. Бұл екі жолмен жүзеге асырылуы мүмкін:

1 Қосымша бағдарламалық қосымшамен кітапхана қорының қолда бар электрондық базасы тізіміндегі бағдарлар сәйкестігін автоматты түрде тексеру.

2 Маманның қолмен тексеруі және жоқ бағдарларды жою.

Әдісті таңдау техникалық мүмкіндіктермен және тиісті қызметкерлердің болуымен анықталады. Күзет жағдайын орындау оң нәтиже берген жағдайда, ішкі жағдай жұмысы аяқталады, әйтпесе жоқ бағдарлар кітапхана қорында бар әдеби көздермен ауыстырылады.

Жағдай аяқталғаннан кейін білім алушылардың бағдарламаны зерттеу нәтижелерін бағалауға қойылатын талаптарды қалыптастыру, яғни жұмыс бағдарламасын пайдалана отырып, оқытушы ұстануы тиіс нұсқаулықтар тізімін қалыптастыру қажет.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген құрылымдық талдау нәтижесінде әзірлеушілер ақпараттық жүйені құру үшін бағдарламалық қамтамасыз етудің функционалдық ерекшеліктерін алады. Осылайша, пәндік саланың жалпы моделі құрылған, бұл болашақ жүйенің негізгі функцияларын нақтылауға және бағдарламалық

қамтамасыз етудің шынайы өмір объектілерімен өзара тиімді жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Қолданыстағы үдерістердің барысын түсіну олардың тиімділігі, IT-инфрақұрылымын қамтамасыз ететін дайындаудың сапасы мен қажеттілігі туралы айтуға мүмкіндік береді. Бизнес-үдерістерді басынан аяғына дейін қолдауды қамтамасыз ететін қолданбалы жүйелерді табысты дайындау үдерістердің өздері анық болғанда ғана мүмкін болады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Роберт, И. В.** Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы; перспективы использования: монография. – М. : ИИО РАО, 2010. 140 с.

2 **Демченков, А. А., Лапшина, Е. А., Савинова, В. М.** Реинжиниринг бизнес-процессов // Управление знаниями: сайт. Режим доступа: [Электронный ресурс]. – <https://sites.google.com/site/upravlenieznaniami/upravlenie-znaniy-i-reinzing-biznesa/reinzi-niring> (дата обращения: 16.11.2014).

3 **Королева, И. Ю., Влазнева, Д. Г.** Автоматизация процесса разработки УМКД кафедры вуза. Молодой ученый. 2012. № 3. – С. 92–95.

4 **Логачев, М. С.** Процесс подготовки рабочей программы учебной дисциплины: структурный анализ // Среднее профессиональное образование, 2015. № 4. – С. 33–36.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

Б. К. Султанова¹, А. Н. Дюсембаева²

Исследование и формализация процесса создания рабочей программы учебной дисциплины

^{1,2}Факультет информационных систем,
Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100000, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 12.08.19.

B. K. Sultanova¹, A. N. Dyusembayeva²

The study and formalization of the process of creating the working program of the discipline

^{1,2}Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 12.08.19.

В настоящее время происходит активное изменение образовательных технологий, в свою очередь, эти тенденции объясняются необходимостью получения новых знаний, изменением принципов доступа к образованию, а также запросом унификации данных, полученных с учетом особенностей определенной сферы науки, развитием информационных технологий. Одним из важных вопросов при реализации образовательных стандартов и программ является внедрение современных информационных технологий в учебный процесс на уровне общеобразовательной системы образования, на уровне одной школы, определяемой одним из важных вопросов. В статье рассматривается вопрос применения информационных технологий в сфере современного образования. Определены направления деятельности учреждений образования, где используются информационные технологии. В частности, поднимался вопрос не применения информационных технологий, поддерживающих деятельность учителя, в разработке документов учебно-методического комплекса, а также предусмотрен пример создания рабочих учебных программ для средне-профессионального образования. Кроме того, определены места программы работы в системе образования. Определена структура рабочей программы, отражены основные ее блоки и элементы, взаимоотношения.

Currently, there is an active change in educational technologies, in turn, these trends are explained by the need to obtain new knowledge, change the principles of access to education, as well as the request for unification of data obtained taking into account the characteristics of a certain sphere of science, the development of information technologies. One of the important issues in the implementation of educational standards and programs is the introduction of modern information technologies in the educational process at the level of the General education system, at the level of one school, determined by one of the important issues. The article deals with the use of information technologies in the field of modern education. Directions of activity of educational institutions where information technologies are used are defined. In particular, the issue of non-use of information technologies that support the activities of teachers in the development of documents of educational and methodical complex was raised, as well as an example of the creation of working training programs for secondary vocational education. In addition, the places of the work program in the education system have been determined. The structure of the working program is defined, its basic blocks and elements, interrelations are reflected.

ГРНТИ 53.37.29

Д. С. Урумбаев¹, В. Ф. Говорун²

¹магистр электроэнергетики, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²д.т.н., профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹dake.1993@inbox.ru; ²vladimir.govorun@gmail.com

УПРАВЛЕНИЕ СОСТАВОМ ЭЛЕКТРОЛИТА ПО ОЦЕНКЕ ПЕРЕГРЕВА КРИОЛИТ-ГЛИНОЗЕМНОГО РАСПЛАВА ЭЛЕКТРОЛИТА

В статье рассматриваются вопросы, связанные с повышением эффективности электролитического получения алюминия. Применяя оценку перегрева криолит-глиноземного расплава электролита по температуре ликвидуса, рассмотрены графики зависимости двойной системы $\text{Na}_3\text{AlF}_6 - \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_3\text{AlF}_6 - \text{AlF}_3$, а также влияние соли AlF_3 на перегрев электролита. Выявлена качественная зависимость влияния криолитового отношения на температуру ликвидуса электролита. Проведен обзор наиболее подходящих термоэлектрических преобразователей (термопара) из неблагородных металлов для системы оценки перегрева криолит-глиноземного расплава электролита по температуре ликвидуса. Наиболее подходящим объектом для управления по температуре ликвидуса можно считать электролизёр с предварительно обожженными анодами, оснащенный современными системами АСУТП, АПГ и АПФ. Применяя подобную технологию по оценке перегрева электролита, можно добиться повышения эффективности электролитического получения алюминия.

Ключевые слова: температура ликвидуса, криолит-глиноземный расплав, термопара, перегрев электролита.

ВВЕДЕНИЕ

Ведение технологии электролиза на современном алюминиевом заводе предусматривает использование таких параметров как температура электролита и температура ликвидуса. Что означает понятие «температура ликвидуса»? Электролит любого состава имеет определенную температуру

начала кристаллизации. При медленном охлаждении расплавленного электролита достигается точка, при которой начинают образовываться твердые кристаллы. Эта температура называется температурой ликвидуса от латинского слова «ликвидус» – жидкий.

Колебания перегрева электролита как в меньшую, так и большую стороны оказывают существенное влияние на все физико-химические процессы в электролизной ванне. При снижении перегрева из электролита, согласно линии ликвидуса, начинают кристаллизоваться и оседать на подину наиболее тугоплавкие соединения, обогащенные NaF. При длительном снижении перегрева возможен рост бортовых настывей и образование коржей на подине. Повышается вязкость электролита, ухудшается растворимость в нём глинозёма. Циркуляция электролита и усреднение концентрации глинозёма становятся более затруднительными. Уровни электролита снижаются тем больше, чем ниже перегрев. Возрастает возможность появления осадков глинозёма на подине.

Повышение перегрева оказывает противоположное влияние на работу ванн. Подплавляются тугоплавкие настыви и гарнисажи, повышается уровень электролита, а состав его соответственно изменяется в сторону увеличения к.о. При длительном завышении температуры перегрева и расплавлении бортовых настывей возможна работа ванн «в борта».

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На рисунке 1 показана зависимость температуры начала кристаллизации криолита от содержания в нём глинозёма. Такой график можно назвать двойной диаграммой по числу представленных в ней компонентов. Линия *abc* на этом графике представляет линию ликвидуса. Линия *dbe* соответствует температуре конца затвердевания всей смеси и носит название линии солидуса от латинского слова «солидус» – твёрдый.

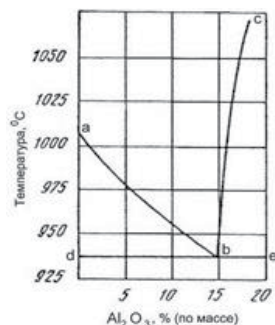


Рисунок 1 – Температура начала кристаллизации расплавов двойной системы $\text{Na}_3\text{AlF}_6 - \text{Al}_2\text{O}$ (по З. Ф. Лундиной)

Выше линии ликвидуса все смеси находятся в жидком состоянии, а ниже линии солидуса – только в твёрдом. Точка *a* соответствует температуре плавления чистого криолита. По мере добавления в криолит глинозёма температура кристаллизации его быстро снижается. В точке *c* при содержании глинозёма 15,5 % температуры начала и конца затвердевания совпадают и составляют 935°C. Точка *c* носит название эвтектической. Выбрав требуемое соотношение Na_3AlF_6 и Al_2O_3 , по линии ликвидуса можно определить температуру начала кристаллизации расплава соответствующего состава и наоборот.

Аналогичным образом строится диаграмма двойной системы $\text{Na}_3\text{AlF}_6 - \text{AlF}_3$. По этой диаграмме можно определить температуру начала кристаллизации расплава в зависимости от соотношения NaF и AlF_3 , то есть от криолитового отношения. Для практических целей эту диаграмму можно преобразовать в график зависимости температуры начала кристаллизации (ликвидуса) от криолитового отношения.

В этом случае используется простейшая зависимость: температура начала кристаллизации электролита как функция от криолитового отношения (без учета растворенного глинозёма и добавок солей). Такой график приведен на рисунке 2. На графике рисунок 3 представлена линия ликвидуса (нижняя кривая) и кривая реальной температуры электролита. Сравнивая обе кривые, можно легко рассчитать перегрев электролита.

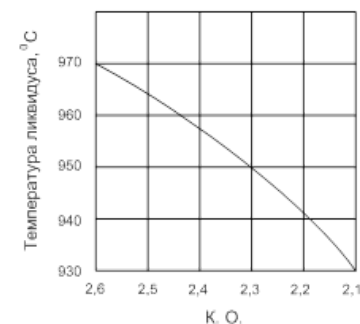


Рисунок 2 – Линия ликвидуса двойной системы $\text{Na}_3\text{AlF}_6 - \text{AlF}_3$

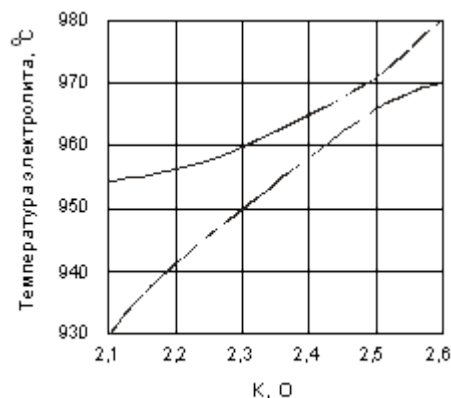


Рисунок 3 – Линия ликвидуса (нижняя линия) и температура электролита (верхняя линия)

Все добавки снижают температуру ликвидуса, т.е. точку плавления криолитового расплава. Снижение температуры ликвидуса считается благоприятным фактором, поскольку таким образом можно снизить и рабочую температуру электролизёра, что повысит выход по току. Управление работой электролизёра по перегреву имеет важное практическое значение, так как этот параметр в значительной степени определяет стабильность настывлей и гарнисажей, растворимость глинозёма в электролите, тепловой баланс электролизёра и т.д.

На каких принципах строится система управления технологией электролиза по температуре ликвидуса. Наиболее простой способ заключается в определении температуры ликвидуса, исходя из графика на рисунок 2. Используя результаты анализа электролита на к.о., определяется так называемая «расчётная температура ликвидуса». Температура электролита берётся из плановых замеров. По разности этих показателей рассчитывается перегрев электролита.

Оптимальное значение перегрева зависит от типа электролизёра и существующей технологии электролиза (наличие АПГ, поточной обработки и т.д.). Поддержание заданной температуры ликвидуса достигается корректировкой состава электролита фтористым алюминием, а температура электролита регулируется с помощью изменения уставки рабочего напряжения.

Для поддержания стабильной температуры ликвидуса применяют гибкое регулирование подачи фтористого алюминия в электролит. С помощью дозаторов в электролит вводятся небольшие дозы фтористого

алюминия, рассчитанные таким образом, чтобы удерживать линию ликвидуса в заданных границах. Следует иметь в виду, что отданная доза фтористого алюминия (особенно «ударная») будет воздействовать на электролизёр в течение 3–4 суток. Степень посуточного воздействия дозы на электролизёре большой мощности составит: 1 сутки – 45–55 %, 2 сутки 20–35 %, 3 сутки 10–20 %.

Дозированная подача малых порций фтористого алюминия на электролизёрах ОА производится из модуля с автоматическим питателем (АПФ). Если электролизер работает в заданном режиме к.о., например $2,35 \pm 0,05$, то подаётся стандартная доза AlF_3 ; если значение криолитового отношения выше заданного, то подаётся полуторная или «ударная» доза AlF_3 ; если к.о. ниже установленного, то назначается половинная доза или временно подача AlF_3 прекращается. Время выхода на заданное значение к.о. рассчитывается с учётом массы подаваемой порции AlF_3 и частоты срабатывания дозатора с учётом фтора, содержащегося во фторированном глинозёме, поступающем от сухой очистки газов.

Степень воздействия дозы AlF_3 тем сильнее, чем ниже температура электролита. При температуре электролита 970 °C и выше целесообразно предварительно охладить ванну прорубкой корки с малой засыпкой глинозёма, а также снизить уставку напряжения. Важно также не допустить подплавления тугоплавких настывлей, повышающих к.о. При низкой температуре электролита (ниже 950 °C) и высоком перегреве (температура ликвидуса менее 935 °C) следует снизить подачу фтористого алюминия, не снижая уставку напряжения, пока температура ликвидуса не поднимется до 940–945 °C.

На графике рисунок 3 видно насколько важно поддерживать заданную температуру электролита, поскольку нестабильность её затрудняет управление перегревом. Температура электролита и его перегрев регулируются корректировкой уставки напряжения (снижение/повышение) в системе управления. Каждые 8–10 мВ напряжения изменяют температуру электролита на 1°С, при этом температура ликвидуса почти не меняется.

Тепловой режим ванны довольно инерционен. Время стабилизации температуры электролита на электролизерах типа С-255 при изменении напряжения на 100 мВ составляет ~10 ч., а при изменении напряжения на 200 мВ стабилизация происходит за 16–19 ч.

При недостаточном перегреве даже такие воздействия как замена анодов, технологическая обработка ванны, прорубка корки торцов и др. могут привести к вымораживанию электролита и связанным с этим негативным последствиям. Вымерзание электролита приводит к уменьшению к.о. оставшейся части электролита и к дальнейшему снижению температуры

ликвидуса. Это, в свою очередь, снижает растворимость глинозёма и повышает вероятность образования осадков.

Если управление перегревом производится по разовым замерам температуры электролита, т.е. не чаще одного раза в сутки, необходимо правильно выбрать время измерения или корректировать измеренную температуру с учётом режима работы электролизёра. Так, например, при использовании систем АПГ температура электролита в режиме питания отличается от температуры в режиме голодания на 5–7 °С. Температура ликвидуса также меняется на 3–5 °С. Различия ещё больше при поточной обработке ванн в период между обработками.

Фирма *Pechiney* разработала для электролизёра AP50 мощностью 500 кА устройство для полунепрерывного измерения температуры и уровня электролита. Для этого специальным пробойником периодически пробивается корка электролита, а в образовавшееся отверстие в корке автоматически опускается датчик с термопарой. Полученные измерения усредняются за каждые 8 часов с фильтрацией среднего результата от временных колебаний температуры за счёт перестановки анодов, пробивки корки, вспышек и др.

Фильтрованное значение температуры и усреднённое значение уровня электролита используются как управляющий алгоритм для корректировки уставки греющего напряжения электролизёра в автоматическом режиме. Тем самым производится непрерывный мониторинг температуры электролита и управление не только этим параметром, но и уровнем электролита.

В результате перечисленных выше действий температуру ликвидуса можно поддерживать в заданном интервале, а перегрев электролита в пределах 6–10 °С, как показано на рисунке 3. На графике видно, что при устойчивом технологическом режиме ванны перегрев электролита находится в довольно узком коридоре и практически не изменяется по времени.

Колебания перегрева электролита, как в меньшую, так и большую стороны оказывают существенное влияние на все физико-химические процессы в электролизной ванне. При снижении перегрева из электролита, согласно линии ликвидуса, начинают кристаллизоваться и оседать на подину наиболее тугоплавкие соединения, обогащенные NaF. При длительном снижении перегрева возможен рост бортовых настывлей и образование коржей на подине. Повышается вязкость электролита, ухудшается растворимость в нём глинозёма. Циркуляция электролита и усреднение концентрации глинозёма становятся более затруднительными. Уровни электролита снижаются тем больше, чем ниже перегрев. Возрастает возможность появления осадков глинозёма на подине.

Повышение перегрева оказывает противоположное влияние на работу ванн. Подплавляются тугоплавкие настывли и гарнисажи, повышается уровень

электролита, а состав его соответственно изменяется в сторону увеличения к.о. При длительном завышении температуры перегрева и расплавлении бортовых настывлей возможна работа ванн «в борта».

Для практических целей можно принять следующее соотношение: при к.о. 2,28 температура ликвидуса равна 948 °С, а каждое изменение к.о. на 0,014 изменяют $T_{лик}$ на 1 °С. Можно также пользоваться графиком линии ликвидуса на рисунке 2.

Наиболее подходящим объектом для управления по температуре ликвидуса можно считать электролизёр с предварительно обожженными анодами, оснащенный современными системами АСУТП, АПГ и АПФ. Преимущества этого типа электролизёров очевидны. Дополнительно отметим, что на этом типе электролизёра существенно снижается воздействие такого фактора как периодически повторяющиеся анодные эффекты, при которых дестабилизируется перегрев электролита. С учетом высокого качества обожженных анодов частоту вспышек можно сократить до 0,15, используя возможность прогнозирования и предупреждения анодных эффектов по росту сопротивления ванны.

Исходя из вышперечисленного, очень важно контролировать температуру перегрева электролита. Достигается это путем применения термоэлектрического преобразователя (термопара) из благородных металлов. Термопары из благородных металлов очень широко используются во всех отраслях промышленности. Они дешевы и просты в обращении, устойчивы к вибрациям, могут выпускаться во взрывозащищенном исполнении. Особенно удобны в обращении кабельные термопары, электроды которых заключены в специальный герметичный гибкий кабель с минеральной изоляцией. Такая конструкция позволяет расположить термопару в самых сложных конструктивных узлах объекта. Преимуществом термопар также является высокая чувствительность. Существенным недостатком является образование термоэлектрической неоднородности в зоне максимального градиента температур, что может привести к ошибке в градуировке более 5 °С. Этот недостаток делает очень сомнительной саму возможность периодической поверки термопар в лабораторных условиях и диктует необходимость поверять термопары из благородных металлов на месте их рабочего монтажа. Наименьшая термоэлектрическая неоднородность характерна для термопары нихросил/нисил (тип N). Одной из существенных составляющих неопределенности измерений термопарами является учет температуры холодных спаев или точность компенсации спаев в цифровых преобразователях.

Рассмотрим две наиболее подходящие термопары для оценки перегрева электролита по ликвидусу.

Тип К (хромель-алюмелевая термопара):

- Широко используются в различных областях от $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рекомендуемый предел, зависящий от диаметра термоэлектрода);
- в диапазоне от 200 до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ возникает эффект гистерезиса, т.е. показания при нагреве и охлаждении могут различаться. Иногда разница достигает $5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- используется в нейтральной атмосфере или атмосфере с избытком кислорода;
- после термического старения показания снижаются;
- не рекомендуется использовать в разряженной атмосфере, т.к. хром может выделяться из Ni-Cr вывода (так называемая миграция), термопара при этом изменяет ТЭДС и показывает заниженную температуру;
- атмосфера серы вредна для термопары, т.к. воздействует на оба электрода.

Тип N (нихросил-нисловая термопара):

- Это относительно новый тип термопары, разработанный на основе термопары типа K. Термопара типа K может легко загрязняться примесями при высоких температурах. Сплавляя оба электрода с кремнием, можно тем самым загрязнить термопару заранее, и таким образом снизить риск дальнейшего загрязнения во время работы;
- рекомендуемая рабочая температура до $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (зависит от диаметра проволоки);
- кратковременная работа возможна при $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- высокая стабильность при температурах от 200 до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (значительно меньший гистерезис, чем для термопары типа K);
- считается самой точной термопарой из неблагородных металлов.

ВЫВОДЫ

Используя оперативные данные по оценке перегрева электролита с помощью из одной из двух вышеперечисленных термопар, можно регулировать состав криолит-глиноземного расплава электролита. Повышая или понижая перегрев электролита повышается эффективность работы электролизера, благодаря вышеперечисленным действиям температуру ликвидуса можно поддерживать в заданном интервале, а перегрев электролита в пределах $6-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является одной из главных целей для ведущих заводов по производству алюминия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Березин, А. И., Пискажова, Т. В., Грицко, В. В., Тараканов, А. В., Волохов, И. Н. Управление технологией электролиза по перегреву электролита,

Алюминий Сибири-2006. Сборник Трудов XI Международной конференции, Красноярск, – с. 27–36.

2 Криворученко, В. В., Коробов, М. А.: «Тепловые и энергетические балансы электролизёров», Москва, изд. «Металлургия», 1963, 320 с.

3 Минцис, М. Я., Поляков, П. В., Сиразутдинов, Г. А.: «Электрометаллургия алюминия», Новосибирск, издание «Наука», 2001, 368 с.

4 Беляев, А. И.: «Электролит алюминиевых ванн», Москва, Metallurgizdat, 1961, 199 с.

5 Вольфсон, Г. Е., Ланкин, В. П.: «Производство алюминия в электролизёрах с обожженными анодами», Москва, издание Metallurgiya, 1974, 136 с.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Д. С. Урумбаев¹, В. Ф. Говорун²

Электролиттің криолит-глинозем балқымасының қызып кетуін бағалау бойынша электролит құрамын басқару

^{1,2}Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

D. S. Urumbayev¹, V. F. Govorun²

Control of the electrolyte composition on the assessment of overheating cryolite-alumina melt of the electrolyte

^{1,2}Faculty of Energy,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақалада алюминий электролиттік алудың тиімділігін арттыруға байланысты мәселелер қарастырылады. Электролиттің криолит-глинозем балқымасының қызып кетуін бағалауды қолдана отырып, $\text{Na}_3\text{AlF}_6 - \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_3\text{AlF}_6 - \text{AlF}_3$ Қос жүйесінің тәуелділік графиктері, сондай-ақ AlF_3 тұзының электролиттің қызып кетуіне әсері қарастырылды. Электролит ликвидусының температурасына криолит қатынасы әсерінің сапалы тәуелділігі анықталды. Ликвидус температурасы бойынша электролиттің криолит-глинозем балқымасының қызып кетуін бағалау жүйесі

үшін асыл емес металдардан жасалған ең қолайлы термоэлектрлік түрлендіргіштерге (термопараға) шолу жүргізілді. Ликвидус температурасы бойынша басқару үшін ең қолайлы объект ретінде АСУТП, АПГ және АПФ заманауи жүйелерімен жабдықталған алдын ала күйдірілген анодтары бар электролизер саналады. Электролиттің қызып кетуін бағалау бойынша осындай технологияны қолдана отырып, алюминийді электролиттік алудың тиімділігін арттыруға қол жеткізуге болады.

The article deals with issues related to improving the efficiency of electrolytic production of aluminum. Using the assessment of the cryolite-alumina melt overheating at the liquidus temperature, the graphs of the dependence of the double system $Na_3AlF_6 - Al_2O_3$, $Na_3AlF_6 - AlF_3$, as well as the effect of the salt AlF_3 on the electrolyte overheating are considered. The qualitative dependence of the influence of the cryolite ratio on the temperature of the electrolyte liquidus was revealed. The review of the most suitable thermoelectric converters (thermocouple) of base metals for the system of assessment of overheating of cryolite-alumina melt of the electrolyte at the liquidus temperature. The most suitable object for controlling the liquidus temperature can be considered an electrolyzer with pre-baked anodes, equipped with modern systems of APCS, APG and APF. Using a similar technology to assess the overheating of the electrolyte, it is possible to improve the efficiency of electrolytic production of aluminum.

ГРНТИ 20.51.23

**Б. Е. Хамзина¹, Г. И. Жолдангарова²,
Н. Б. Байкенова³, А. Е. Анарбаев⁴**

¹д.п.н., доцент, кафедра РЭТ, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²ст. преподаватель, кафедра РЭТ, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³ст. преподаватель, кафедра Электротехники и автоматизации, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴ст. преподаватель, кафедра Электротехники и автоматизации, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ⁴alibek_anarbaev@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье рассматривается повышение эффективности функционирования информационной модели управления финансовой устойчивости предприятия. Для анализа все источники информации можно разделить на плановые, учетные и неучтенные. К плановым планам относятся все планы, разрабатываемые на предприятии. Учету подлежат данные, содержащиеся в документах бухгалтерского, статистического и оперативного учета и соответствующей отчетности.

Ключевые слова: обработка данных, классификация информации, информационная модель, учет данных, информационная система.

ВВЕДЕНИЕ

Ведущая роль в информационном обеспечении анализа относится к бухгалтерскому учету и отчетности. Внешний анализ осуществляется по отчету, а важную роль во внутреннем анализе принадлежит главной книге, в которой характерна полная информация, системность, динамизм.

Неучтенные источники:

1 Общие положения документы, регламентирующие хозяйственную деятельность (законы, указы Президента, постановления правительства, приказы вышестоящих органов управления, приказы и распоряжения руководителей предприятий);

2 хозяйственно-правовые документы: договоры, соглашения, решения судов, материалы ревизий, проверок;

3 материалы производственных совещаний, специальных исследований на рабочих местах (например, хронометраж и фотография), а также материалы, полученные из личных отношений с исполнителями;

4 техническая и технологическая документация;

5 СМИ, Internet и т.д.б. информация, получаемая через интернет.

6 из научных изданий, справок, каталогов, конференций, деловых встреч и т. д. б. полученная информация.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Классификация информации производится в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация информации.

Классификационный знак	Описание информации
1. Отношение к объекту анализа	Внешняя Внутренняя
2. Отношение к предмету анализа	Основная Вспомогательная
3. Периодичность поступления	Постоянная Эпизодическая
4. Вид постоянного поступления	Постоянная Условно-постоянная Переменная
5. Процесс обработки	Официальная Неофициальная
6. Описание источника информации	Недоступная Труднодоступная
7. Доступность	Ограниченный доступ Свободная

Информационное обеспечение анализа предполагает соблюдение определенных требований при сборе информации:

1 Общие положения информация должна быть аналитическая, т.е. должна соответствовать потребностям анализа и диагностики;

2 информация должна сопоставляться по значению и объектам анализа, периоду времени, методике расчета показателей, единицам измерения и ряду других признаков;

3 информация должна объективно и объективно отражать анализируемые и диагностируемые процессы и явления;

4 информация должна исключать локализацию и повторение различных источников информации, что каждое явление, каждый процесс должен регистрироваться только один раз, а полученные результаты могут быть использованы не только в анализе, но и в отчете, планировании, контроле.

5 Информация должна быть некачественной (полный, правильный расчет и оформление, согласование).

Аналитическая обработка данных осуществляется только после проверки накопленной информации на соответствие вышеуказанным требованиям.

Дополнительно можно увидеть в работах З. М. Завьялова, С. А. Бороненкова и Л. А. Бернстайн.

Л. А. Бернстайн уделяет особое внимание вопросам изучения информационных потребностей и определения особых задач наиболее важных групп пользователей данных о предприятии.

Информационное обеспечение анализа финансового состояния

По своему составу информация, которая концентрируется на предприятии, разнообразна. Анализ финансового положения основывается на определенной информационной системе. По объему он должен содержать только данные, необходимые для формирования результатов анализа.

Полная информационная система предприятия, регистрирующая все хозяйственные операции – система бухгалтерского учета. В его рамках осуществляется сбор, регистрация и свод информации в денежной форме об имуществе, обязательствах и движении предприятия» путем сплошного, непрерывного и документационного учета всех хозяйственных операций».

Методологические основы автоматизации поддержки принятия управленческих решений

Концепция поддержки процедур принятия решений

В формировании любой предпринимательской деятельности и, соответственно, ее информационного обеспечения имеет большое значение вид организации бизнеса. В современных условиях структура организации бизнеса представлена тремя основными классификациями:

– организационно-правовой (в физические формы, полное, командитное и Акционерно-командитных товариществ, производственных кооперативов, государственных и муниципальных предприятий, единый, и в закрытых акционерных обществах. б. можно.);

– интеграция с крупным предпринимательством через интеграционно-функциональные (контрактные и корпоративные связи, франчайзинг, кластер, лизинг и деловые услуги, а также международная интеграция и самоорганизация через общественные, отраслевые, профессиональные, региональные и общефизические объединения);

– организационно-управленческая (самостоятельные малые предприятия, имеющие линейную, функциональную и линейно-функциональную схему управления; надежные, вынужденные, зависимые с крупным бизнесом и др. б. малые предприятия внутри крупных корпораций с мобильной, Бригадной и внутри-венчурной структурой).

Разнообразие возможных форм и способов ведения бизнеса на фоне различных технологических уровней производства (даже одной отраслевой принадлежности), качества организации финансово-хозяйственной деятельности, а также уровня образовательной подготовки работников, существенно влияет на формирование конкурентоспособной среды изначально. В этом контексте предприятия венчурного типа требуют особого внимания, деятельность которых направлена на создание новых методов производства, открытие новых рынков сбыта, применение новых источников или видов сырья, внедрение новых принципов организации предпринимательской деятельности. Менеджмент высокотехнологичных и инновационных предприятий очень специфический и требует использования технологий «управления знаниями», т.е. требует динамического установления соответствия информации требованиям рынка особым процессам.

Вместе с тем, в последнее время обращается к терминам, связанным с информационными системами, до тех пор, пока нет четкого определения понятия «управление знаниями» в экономике, в том числе в малом бизнесе и управлении им.

В целом для предприятий различных отраслей бизнеса можно выделить основные общие характеристики «управления знаниями», которые, как мы, прежде всего, обеспечивают тесную связь между маркетингом, разработкой продукции и требованиями конкретного потребителя.:

– первоочередная цель-возможность принятия оптимальных решений без увеличения (снижения) затрат;

– «управление знаниями» – это, прежде всего, четкое и согласованное представление о важных элементах поддержки связи, ведения бизнеса;

– управление образованием требует инвестиций, но количественная оценка очень сложна;

– эффективность «управления знаниями» в малом бизнесе зависит от необходимых видов знаний и технологий их получения.

Таким образом, требуется управление знаниями в бизнесе:

– во-первых, дополнительные сведения об информации (ее структуре, динамике, источниках, потребителе, способах хранения и обработки и т.д.). б. (о государственных закупках);

– во-вторых, разработка методики получения информации и ее эффективное использование в конкретных бизнес-процессах предприятий;

– в-третьих, реализация системы организационных мер и удобных инструментов операций, связанных с информационной обработкой.

Прежде всего, проблема информационного обеспечения хозяйственной деятельности достигнет трех моментов:

– определение потребности в информации как специфического вида ресурса;

– определение источников получения данных;

– осуществление превращения в аналитическую информацию, отвечающую потребностям проведения экономического анализа деятельности управления данными.

Несмотря на наличие контура информационных технологий в автоматизированной системе управления, ответственность за принятое управленческое решение возлагается на лицо, принимающее решение. При этом соответствующее инструментальное информационное обеспечение повысит качество принимаемых решений. Основными фазами являются принятие решений:

– анализ информации, информируемой от объекта управления iOS и информации IBX из концептуальной модели объекта;

– постановка задачи;

– альтернативная генерация;

– выбор критериев решения поставленной задачи;

– анализ альтернатив;

– лучший альтернативный выбор;

– формирование управленческого потока информации IU, соответствующего окончательному решению.

В настоящее время можно в достаточной степени автоматизировать только фазы анализа информации по выбранному критерию, генерации альтернатив и анализа альтернатив.

Таблица 2 – Описание информации по уровням управления

Показатель	Уровень управления	
	Исполнитель	Стратегическое направление
Точность	Высшая	Низкая

Степень детализации	Подробная	Свободная
Время действия	В настоящее время	Будущее
Частота использования	Часто	Редко
Основной источник	Внутренний	Внешний
Область действия	Широкая	Широкая
Тип информации	Цифровая	Качественная
Срочность	Текущая	Высшая
Время доступа к информации	Большое	Малое

Для принятия управленческих решений может потребоваться дополнительная информация, которая отсутствует в потоках Ios и Ivx. В этом случае важное значение играет информационное обеспечение ЛПР.

Сложившаяся в международной практике система поддержки принятия решений по терминологии (Decision Support System, DSS) является компьютеризированной системой, поддерживающей процесс принятия решений. При этом основное внимание уделяется процессу, а не результат или значение решения проблемы. Таким образом, рассматриваемая система является сервисной по сравнению с автономным программным продуктом.

Наиболее распространенным образом система является манипулятором данных, оснащенный счетчиком для предоставления результатов, необходимых для быстрой обработки информации и принятия решений на основе интуиции. Система не является статической, так как на один запрос можно получить различные ответы, связанные с особенностями проблемной ситуации и уровнем управления – исполнительской, управленческой или стратегической.

Системы поддержки принятия решений (АСС) относятся к руководящим информационным системам (УИС), представляющим собой организованный набор процессов, обеспечивающих пользователя необходимой информацией.

С точки зрения пользователя, СПДТ должен выполнять следующие функции:

- поддержка разработки решений для сложных или неизвестных вопросов;
- поддержка принятия решений на всех уровнях управления с обеспечением требуемого уровня детализации;
- поддержка всех стадий принятия решений: сбор и обработка данных; разработка и анализ типа действия; разработка предложенного вида действия;
- поддержка адаптационного комплекса процессов принятия решений;
- Интерфейс и логика функционирования ПКТ должны быть понятными и легко использовать.

А. И. П. Афоничкин, Л. А. Матвеев, Н. в трудах Н. П. Макаркина, Ю. В. Сажина, И. Ф. Юрченко и другие отечественные исследователи

рассматриваемой проблемы предполагают наличие в структуре ННД следующих основных элементов:

- информационный компонент-для обеспечения пользователя основными данными;
- модулирующая составляющая-для обеспечения пользователя аналитическими данными развития экономической системы и ее прогнозирования;
- экспертный компонент-для обеспечения пользователей знаниями и правилами формирования дедуктивного заключения и экспертного анализа при выборе эффективных вариантов решения проблем.

Сами процедуры поддержки, связанные с распределением функций управления и, соответственно, информационным закрытием данных функций по уровням системы управления и функциональным исполнителям, должны также реализовываться в виде некоторых распределенных систем.

Необходимость системы в четко распределенном виде объясняется не только удобством формирования и повышения эффективности функционирования информационной базы системы, но и их низкими эксплуатационными затратами.

Рассматривая структуру и функциональное назначение компонента интегрированной системы поддержки, можно определить, что модуль информационной поддержки (ГИП) предусматривает непрерывное оперативное информационное обеспечение процедур управления и принятия решений. Основной функцией данного компонента является формирование у пользователя некоторого информационного образа проблемной ситуации, адекватного фактическим событиям и процессам, происходящим на экономическом объекте. При этом информация отбирается как из собственной информационной базы, так и из других информационных источников.

Функции информационной поддержки обеспечиваются простыми (неструктурированными, конкретными, исходными) данными и данными различных уровней сжатия.

Информация второго вида является вторичной или обработанной, данными, полученными в результате решения некоторых задач. В связи с этим в структуре информационной поддержки необходимо выделить отдельный специальный блок моделирования для поддержки пользователя при работе с моделями.

Проблемные ситуации, возникающие в процессе управления, можно отнести к отдельным однородным классам управленческих решений, то есть к некоторым типичным комплектам альтернативов. Следовательно, в системе необходимо выделить подсистему анализа и сохранения типовых эквивалентов проблемной ситуации.

Если анализируемая проблемная ситуация не связана с существующими классами типовых эквивалентов, по уровню формирования информационного обеспечения управленческих решений, позволяющим привлекать другие источники формирования адекватного информационного обеспечения, должна быть введена в работу следующая процедура.

При этом по некоторым проблемным обстоятельствам могут возникнуть случаи, когда система данных в информационной базе не является недостаточной для создания версии решения или данная информация является недостоверной или не соответствует значению требуемой точности адекватной степени информационного изображения проблемной ситуации. В таких случаях будет внедрен следующий уровень механизации поддержки, включающий систему экспертной поддержки для генерации и синтеза возможных альтернатив, ориентированный на автоматизированную экспертизу. Эта подсистема или экспертная система (ЭС) генерирует альтернативы в базе данных, имеющихся в автономном варианте, информационном фонде, в правилах преобразования и процедурах оценки синтезированных эквивалентов.

«Информированием» в сочетании с «Информационные технологии», «Информационные системы», «информатизация», «информатизация « не» и другие.б. используются как термины. Под информационной технологией понимаем способы, методы и способы применения средств вычислительной техники для выполнения функций сбора, хранения, обработки, передачи и использования данных». Из этого определения ИТ-это только технические средства и не более.

Мы считаем, что если говорить об информатизации предприятий, мы оказываем информационную поддержку процессам управления предприятием. «Управление-это совокупность целенаправленных действий, включающих оценку ситуации, оценку состояния объектов управления, выбор управленческих эффектов, реализацию этих эффектов». Ключевое слово для нашего исследования находится в начале определения. Это слово-quot; целевойquot;. Следовательно, все зависит от цели предприятия, его руководства, как это понять, как эта цель. Профессор В. В. По мнению Дика, информационная система является инструментом управления экономическими объектами и предназначена для обеспечения поддержки принятия решений, поскольку управление носит целевой характер.

Таким образом, делая вывод на исследования вышеупомянутых ученых, в общем случае, полная структура системы управления и поддержки процедур принятия решений является многоступенчатой и включает следующие подсистемы как составные части:

– система информационной поддержки (формирование информационного образа проблемной ситуации));

– подсистема поддержки процедур моделирования (моделирование и прогнозирование проблемной ситуации));

– подсистема экспертной поддержки (сохранение и анализ типовых условий управления; синтез альтернатив и их оценка).

Простая структура информационных технологий (ИТ), которые могут быть использованы для целей управления, обычно включает пять элементов: компьютер, человек, программа, процедуры и данные. Мы уточняем состав ИТ: прикладное программное обеспечение, системное программное обеспечение, техническая платформа, коммуникация, методика, данные.

Технологии и процедуры поддержки принятия решений

Рассмотрим участие информационных систем в принятии управленческих решений в отношении каждой фазы.

Исследование проблем. Исследование данных, необходимых для постановки проблемы, как правило, включает управление некоторой деятельностью и сопоставление ее запланированных и фактических результатов или посредством данных, полученных из УИС, или с помощью ответов ПДТ на запрос пользователя. Модули информационной поддержки специально предназначены для признания проблем путем контроля и предоставления наиболее важной информации руководству. Указанные действия должны быть предприняты для выявления проблем на начальном этапе, т.е. до тех пор, пока они не нанесли значительный ущерб организации. На данном этапе Эс может оказывать большую помощь, решая задачи диагностики исследуемого объекта или процесса.

Сбор данных. После того, как проблема выявлена, возникает много вопросов, требующих дополнительных данных. Поскольку быстрое решение проблемы обычно требует немедленного действия, эта фаза, как правило, не может быть длительной. Оптимальным является использование автоматизированных систем для сбора и анализа данных. Сбор данных для УИС является их непосредственной целью. ЭС также может быть эффективным на стадии сбора данных за счет адекватной интерпретации поступающей к менеджерам информации. Однако главным лицом, обеспечивающим сбор данных, является человек.

Разработка возможных альтернатив решения проблем. После завершения сбора данных и полной идентификации проблемы возникает вопрос о том, как его решить. Для анализа путей решения проблем могут применяться количественные и качественные методы анализа. Для разработки альтернативных решений в рамках количественного анализа обычно используются аналитические модели, составляющие основу СППР. Наиболее успешным методом обнаружения путей решения проблем является использование групповых систем поддержки принятия решений, реализующих

электронный вариант метода «мозгового штурма». Однако в любом случае предполагается участие человека в использовании ПДГ. Особое место в поиске путей решения-это ЭС, использующий для этого неуправляемый процесс и качественный другой метод, связанный с моделированием профессионального опыта компетентного менеджера. Важное значение имеет характер информации о последствиях применения каждого из альтернатив принимаемого решения. В зависимости от полноты такой информации в теории принятия решения выделяются следующие три ее уровня (рис.1).



Рисунок 1 – Уровни полноты информации, характеризующей последствия принимаемых решений

Точность. У каждого потенциального альтернатива есть полная информация по последствиям. При этом у каждого выбранного альтернатива есть только один вариант.

Риск. Может быть несколько последствий от каждой альтернативы. Можно указать вероятность начала каждого варианта.

Неопределенности. Каждая альтернатива принимаемого решения имеет несколько вариантов последствий, но вероятность начала каждого варианта не может быть указана, а настройки описанной проблемной ситуации четко не могут быть определены.

Оценка предложенных альтернатив. Целью этой фазы является проверка того, как реализация предложенных альтернатив влияет на действующую систему (предприятие). Как правило, альтернатив стремится оценить как с точки зрения экономического результата, достигнутого с их помощью, так и с точки зрения риска, который они приносят. Наибольший вклад при оценке эквивалентов решений вносят специализированные модели и проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ. Особенно следует отметить статистические модели прогнозирования, модели массового обслуживания и методы статистических испытаний. Для анализа потоков средств, возникающих с использованием тех или иных альтернативов, целесообразно использовать табличные процессоры, обычно входящие в состав ПДГ. При оценке предложенных альтернатив ЭС может сыграть важную роль.

Выбор решения. В связи с тем, что работа компьютера зависит от жестких информационных требований, в ближайшее время при принятии

решений по структурированным вопросам не требуется ожидать замены человека. Жизнь труднее, чем модель, созданная на его базе. Хотя Компьютер и модели могут значительно улучшить принимаемое решение, его последний выбор и ответственность за него остаются в руках человека.

Использование выбранного решения. После принятия решения, но сразу же должно быть достояние всей организации.

Это может быть быстро сделано через соответствующие терминалы, которые формируют электронную почту или компьютерные сети.

Кроме того, должна быть обеспечена возможность контроля результатов или оценки влияния выбранного решения на организацию (обратная связь). Такой контроль обеспечивается ИС центр, генерирующая периодические отчеты об основной деятельности предприятия, а на ДПК возлагается расчеты и запросы специального характера.

Таблица 3 – Участие различных типов информационных систем в процессе принятия решений.

Этапы принятия решений	ИСУ	СППР	ИСМ	ЭС
Исследование проблем	Основная помощь	Дополнительная помощь	Цель использования	Диагностика
Сбор данных	Использование СУБД	дополнительный СУБД	Цель использования	Интерпретация данных
Разработка возможных альтернатив	-	Основная помощь	-	Основная помощь
Выбор решения	-	Частично	-	Частично
Использование выбранного решения	Использование сети терминалов	Электронная почта (ТКС)	Электронная почта (ТКС)	Использование сети
Контроль и создание дополнительных	Расчет сроков	Сбор специальных данных	Периодические отчеты	

ВЫВОДЫ

Контроль и создание дополнительных решений. Процедура принятия решения в общем случае представляет собой рекурсивную процедуру, а не разовый процесс. Несмотря на то, что решение, принятое сегодня, представляется нам выгодным, новая информация, полученная завтра, может сделать ее неприемлемым. Такая ситуация требует возвращения на ранние стадии принятия решения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Крылов, Э. И., Власова, В. М., Егорова, М. Г.** Анализ финансового состояния предприятия / ГУАП. СПб., 2002. 182 с.

2 **Финансы предприятий: учебник / Под ред. М. В. Романовского.** – СПб. : «Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000. 528 с.

3 **Бочаров, В. В.** Финансовый анализ. – СПб. : Питер, 2001. 240 с.

4 **Боронина, Э. С.** Оценка основных средств в соответствии с концепциями поддержания капитала компании // Бухгалтерский учет. – 2009. – № 17. – С. 62–66.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Б. Е. Хамзина¹, Г. И. Жолдангарова², Н. Б. Байкенова³, А. Е. Анарбаев⁴

Кәсіпорынның қаржылық тұрақтылығын басқарудың ақпараттық моделінің жұмыс істеу тиімділігін арттыру

^{1,2}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

B. E. Khamzina¹, G. I. Zholdangarova², N. B. Baykenova³, A. E. Anarbaev⁴

Improving the effectiveness of the functioning of the information model of management of the financial stability of the enterprise

^{1,2}S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Мақалада кәсіпорынның қаржылық тұрақтылығын басқарудың ақпараттық моделінің жұмысын жақсарту туралы айтылады. Талдау үшін барлық ақпарат көздерін жоспарланған, есепке алынған және есепке алынбаған болып бөлуге болады. Жоспар жоспарына кәсіпорын жасаған барлық жоспарлар кіреді. Бухгалтерлік есеп бухгалтерлік, статистикалық және жедел есепке алу құжаттарында және соған сәйкес есептілікте қамтылған мәліметтерге бағынады.

The article discusses improving the functioning of the information model of managing the financial stability of the enterprise. For analysis, all sources of information can be divided into planned, accounting and unaccounted for. Plans include all plans developed by the enterprise. Accounting is subject to data contained in documents of accounting, statistical and operational accounting and related reporting.

SRSTI 45.43.35

V. F. Khatsevskiy¹, K. V. Khatsevskiy², T. V. Gonenko³

¹Doctor of Technical Sciences, professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

²Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Omsk State Technical University, Omsk, 644050, Russian Federation;

³Candidate of Technical Sciences, assistant professor, Omsk State Technical University, Omsk, 644050, Russian Federation

e-mail: ¹xvf5@mail.ru; ²xkv-post@rambler.ru; ³gonenko_t@mail.ru

MATHEMATICAL MODEL OF INDUCTION ELECTRIC HEATER FOR INDIVIDUAL HEAT SUPPLY SYSTEMS

This paper presents an analysis of the need and technical feasibility of using electric heaters for heat supply systems. The use of induction heating units in the design of individual heating systems is proposed. Electromagnetic systems for the conversion of electrical energy into heat are considered. The heater is made in the form of coaxial cylinders using ferromagnetic cores. The analysis is based on magnetic equivalent circuits. The ways of optimization of the considered devices used for heating liquids in multi-purpose water heaters are formulated.

Keywords: induction heater, liquid heating, inductor, coaxial cylinders, electromagnetic processes, cascade equivalent circuit.

INTRODUCTION

The general trend in the national economy, which is forecasted in the new economic conditions, is a significant reduction in electricity consumption in industrial sectors. However, it is necessary to note the growth of electricity consumption in the domestic sector, agriculture and passenger transport.

Further development of the world economy implies careful and rational use of not only electricity, but also other fuel and energy resources. One can expect a change in the entire fuel and energy balance from resource extraction to resource saving and the introduction of new energy saving technologies. From this point of view, the creation of modern electro-technological water-heating equipment for use not only in the traditional fields of industry, agriculture, but also in the thermal power industry to solve the problems of decentralization and reservation of heat supply systems becomes urgent. Therefore, this paper provides an applied analysis of the needs and technical feasibility of using electric heaters, primarily in the application to the heating supply. It is necessary to correctly substantiate

the technical requirements for new water heating systems, which can be used for electric heating of premises and to compare these requirements with the technical parameters of existing water heating equipment.

In the analysis of this problem it is necessary to take into account the development of modern decentralized systems of local heat supply using electricity, natural gas and fuel oil. However, in the current years and in the near future, centralized heat supply systems will provide most of the consumers of large cities of Siberia. This objective reality, the ignorance of which can lead to fundamental errors in the assessment of new life support systems under development. Economic calculations based only on the use of centralized heat sources from existing city heating systems show the efficiency of traditional heat sources. But they do not take into account the changes in pricing policy, environmental, comfort and resource-saving factors, which can be technically implemented in the creation of individual heating systems.

As an example, it is possible to consider the option of using electricity to produce heat for the communal needs of the rural population. This is especially important for settlements with significant distance from fuel sources, from each other, from heat supply centers, in mountainous areas and permafrost regions. The heat demand of these consumers is met by small boilers (10–15 %), furnaces and apartment heat generators (85–90 %). About 80 % of small boiler-houses with heat output up to 3 Gcal/h have obsolete equipment and low efficiency of burning fossil fuel with efficiency not exceeding 10–12 %. It leads to the consumption of coals in 2–2.5 times more than for the production of the same amount of heat by thermal power plants and large boiler-houses. Application of electric heating in these cases will allow saving up to 50 % of the mass of energy resources.

As it follows from the analysis of the current state of induction heating installations in recent years, new electrotechnological devices of induction type have been created, which made it possible to carry out heating liquids and gases with great efficiency. In spite of different design versions of the devices under consideration, from the electromagnetic point of view these devices are generalized by a single design scheme and, consequently, by a magnetic equivalent scheme. It should be noted that the generalized constructive scheme and the generalized electromagnetic equivalent circuit of induction systems with coaxial cylinders include three-element induction systems «load – inductor – electromagnetic shield». Multi-element systems of induction heating, having much in common differ principles of optimization: at creation of systems with shielding elements it is necessary to minimize the energy which is allocated in screens. When considering new induction systems with coaxial cylinders, it is necessary to optimize the power allocation, as this factor is the target in this case. It is necessary to analyze the energy characteristics of induction systems as a whole by operational efficiency and power factor.

MAIN PART

The creation of methods for calculating the new induction heating system with coaxial cylinders is based on the theory of induction heating and is its development. Structurally, the new devices are similar to transformers [1]. The inductor is the primary winding and is placed on the magnetic circuit. Secondary windings are made of short-circuited cylinders that cover the inductor from the outside. From the electrical point of view, the secondary windings in the form of coaxial cylinders are connected in parallel and form a layered system, which plays the role of heaters for non-conductive materials such as liquids and gases. The interaction of electromagnetic, thermal and hydrodynamic parameters determines the operational efficiency of the structure as a whole. The possibility of performing a secondary winding in the form of two or more short circuits in the form of coaxial cylinders does not allow the full use of known methods of analysis and calculation from the theory of induction heating. The objectives of this paper include the analysis of a new electromagnetic system and the creation of an affordable analytical method for calculating the induction systems that can significantly reduce the specific surface heating power. It will allow to carry out interconnected optimization of electromagnetic and thermotechnical characteristics of heaters.

The possible variety of technical solutions for flow induction heaters with coaxial cylinders is generalized by a magnetic system including magnetic cores and electrically conductive coaxial cylinders. The design scheme of the generalized system is shown in figure 1 [2].

In the theory of induction heating, there are two approaches to the mathematical description of such systems [3]. The first is based on the known physical laws-Faraday's law (the law of electromagnetic induction) and Joule-Lenz's law (the conversion of electrical energy into heat), which have the form:

– in differential form

$$e = -d\Phi/d\tau,$$

$$q_v = E^2/\rho,$$

– in integral form

$$U = 4,44 \cdot f \cdot B \cdot S,$$

$$P = U^2/R.$$

The following notations are used in these equations: e – electromotive force; Φ – magnetic flux, τ – time; q_v – specific volume power; E – electric field intensity; ρ – specific electrical resistance; U – voltage; f – frequency; B – magnetic induction; S – surface area through which the magnetic flux passes; P – power; R – an active conductor resistance.

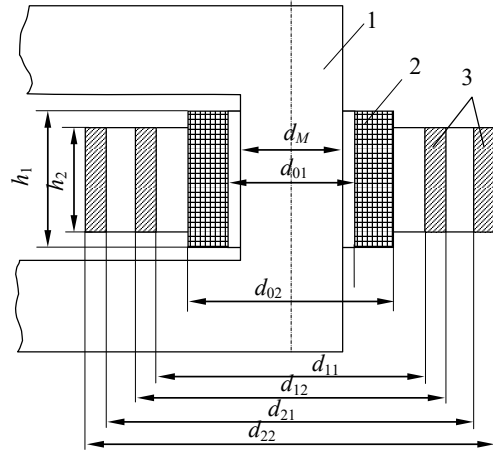


Figure 1 – Generalized structural scheme of the heating system:
1 – magnetic core; 2 – inductor; 3 – coaxial cylinders

This approach will be used to analyze the electromagnetic connections between the individual elements of the system: the magnetic core, the inductor and the coaxial cylinders. On the basis of the theory of electric circuits with the use of equivalent circuits, the electric parameters of the heating system with coaxial cylinders are estimated taking into account the edge effect [4, 5].

The second approach is based on Maxwell’s equations, which characterize the local parameters of the electromagnetic field:

$$\begin{aligned} \text{rot} \dot{H} &= \dot{E} / \rho + \partial \dot{D} / \partial t; & \text{rot} \dot{E} &= -\partial \dot{B} / \partial t; \\ \dot{B} &= \mu \mu_0 \dot{H}; & \dot{D} &= \varepsilon \varepsilon_0 \dot{E}; \\ \text{div} \dot{B} &= 0; & \text{div} \dot{E} &= \sigma, \end{aligned}$$

where \dot{H} – magnetic field intensity; \dot{D} – electric induction; μ – magnetic permeability; ε – dielectric permeability; μ_0, ε_0 – magnetic and electric constants; σ – density of electric charge.

This approach allows the analysis of processes inside bodies that are in an electromagnetic field, and will be used by us to determine the own resistances of the elements making the induction system.

For the preliminary analysis it was accepted that the considered system has a large length in height and the model can be consider the ratio of parameters per unit of its length.

The magnetic equivalent circuit of the heating system is provided on figure 2.

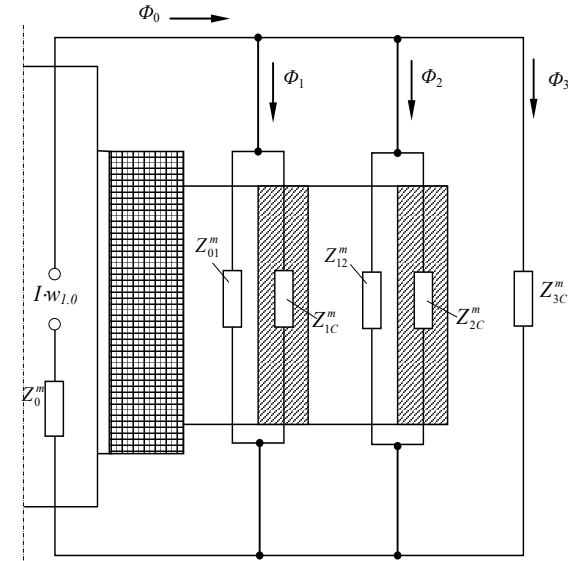


Figure 2 – The magnetic equivalent circuit of the heating system

According to the law of electromagnetic induction in each coaxial cylinder, forming an independent closed contour, electromotive force is induced e_n . Its value is determined by the rate of change in the flux linkage of a particular contour ψ_n , i.e.

$$e_n = -d\psi_n / dt, \tag{1}$$

where n – number of magnetic flux distribution paths.

From the analysis of figure 2 it follows that the flux linkage outside of the inductor ψ_0 is divided into

$$\psi_0 = \Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \psi_n = \Phi_n \tag{2}$$

therefore

$$\psi_0 = \Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_n = \sum_{i=1}^n \Phi_i \tag{3}$$

It was taken into account that the flux linkage of each cylinder is created not only by the magnetic flux in the specific gap $\Phi_{01}, \Phi_{12}, \dots, \Phi_{(n-1),n}$ but also by the own magnetic flux of each cylinder Φ_{nC} at the course of the electric current I_n , i.e. $\Phi_n = \Phi_{(n-1),n} + \Phi_{nC}$ where $\Phi_{nC} = L_{nC} \cdot I_n$, E.M.F. of a self-induction $e_n = -L_{nC} \cdot dI_n / dt$, L_{nC} – inductance of each cylinder. The components of the magnetic flux are created by the inductor so that

$$\Phi_0 = \sum_{i=1}^n \Phi_i = \sum_{i=1}^n \frac{I w_{1,0}}{Z_i^m} = \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot w_{1,0}}, \quad (4)$$

where $I w_{1,0}$ – number of ampere-turns per unit length; $Z_i^m = j\omega / Z_i$ – complex magnetic resistance of each of the magnetic flux paths; U_1 – voltage on the inductor; $w_{1,0}$ – number of turns per unit length of the inductor; Z_i – electrical resistance of each coaxial cylinder.

In the gaps between the inductor and the nearest cylinder to it and between the cylinders, magnetic fluxes can be calculated by the following expressions:

$$\Phi_{01} = \frac{\dot{H}_{01}}{Z_{01}^m} = \frac{\dot{H}_{01} x_{01}}{\omega} = \mu_0 \dot{H}_{01} \frac{(d_{11}^2 - d_{02}^2)}{4}, \quad (5)$$

$$\Phi_{12} = \frac{\dot{H}_{12}}{Z_{12}^m} = \frac{\dot{H}_{12} x_{12}}{\omega} = \mu_0 \dot{H}_{12} \frac{(d_{21}^2 - d_{12}^2)}{4}. \quad (6)$$

The presence in the equivalent circuit, shown in figure 2, of the magnetic flux component Φ_3 (outside the last in the cylinder heating system) is determined by the final value of the system length, i.e. height h_2 of this cylinder. From the theory of induction heating it is known that the magnetic flux Φ_3 can be taken equal to zero for cylinders with a ratio of height to diameter $h/d \gg 2$. Such systems are called long. For short systems with a ratio $h/d < 2$, it is necessary to consider the ways of the reverse closure of the magnetic flux of the last cylinder, which are characterized by magnetic resistance

$$Z_{3c}^m = j\omega / X_3, \quad (7)$$

where X_3 – reactive resistance of the reverse closure.

This resistance is calculated as follows. At $h_2 = h_1$ the value of X_3 is determined by the expression

$$X_3 = X_2^{1,0} \frac{K_2}{1 - K_2}, \quad (8)$$

where $X_2^{1,0}$ – cylinder resistance excluding edge effects; $X_2^{1,0} = \omega \cdot \mu_0 \frac{S_2}{h_2}$;

$S_2 = \pi D_2^2$ – cross sectional area of the internal cavity of the cylinder; $K_2 = 2.3 \cdot (d_2 / h_2 + 2.3)^{-1}$ – the correction factor taking into account the final height of the real cylinder (Nagaoka's coefficient).

When $h_2 < h_1$ the sought resistance of the reverse closure is determined by

$$X_3 = X_2^{1,0} \frac{K_2 \cdot h_1}{h_1 - K_2 \cdot h_2}. \quad (9)$$

The magnetic fluxes passing in coaxial cylinders are respectively equal to:

$$\Phi_{1y} = \frac{\dot{H}_{01}}{Z_{1c}^m} = \frac{\dot{H}_{01}}{j\omega} \dot{Z}_{1c} = \dot{H}_{01} \left(\frac{x_{1c}}{\omega} - j \frac{r_{1c}}{\omega} \right), \quad (10)$$

$$\Phi_{2y} = \frac{\dot{H}_{12}}{Z_{2c}^m} = \frac{\dot{H}_{12}}{j\omega} \dot{Z}_{2c} = \dot{H}_{12} \left(\frac{x_{2c}}{\omega} - j \frac{r_{2c}}{\omega} \right) \quad (11)$$

where \dot{Z}_{1c} , \dot{Z}_{2c} – own electric resistance cylinders; r_{1c} , x_{1c} , r_{2c} , x_{2c} – active and inductive resistances of the cylinders layers on which the magnetic flux passes.

The resulting expression allows to carry out preliminary analysis of a new heating system. After the transformations all resistances Z_i are given to equivalent resistance Z_i^{EQ} . Therefore, it turns out that the expression for the number of turns of the inductor $w_1 = U_1 / U_2$, where U_2 – equivalent electromotive force induced in coaxial cylinders. It turns out that $U_2 = f(Z_i^{EQ})$. At decrease Z_i^{EQ} , but at $U_1 = const$ and $P_s = const$ the total number of turns of the inductor w_1 increases due to a decrease in U_2 . Consequently, the magnetic flux in the magneto-conductor $\Phi_0 = U_1 / (4,44 \cdot w_1 \cdot f)$ decreases and at constancy of magnetic induction $B = \Phi_0 / S_m$, the cross section of the magneto-conductor S_m , its mass and losses in the magneto-conductor decreases. This allows to make the heating device more compact and less material-intensive. The increase of w_1 raises the consumption of copper or aluminum while maintaining the current density in the inductor. Therefore, for each design of the heating device there is an optimal mass ratio of electrotechnical steel and copper (aluminum) used for the inductor.

The analysis of internal interconnections of the heating system parameters showed that the ratio of equivalent sections of cylinders ($l \cdot a_i$) and their height (h_i), magnetic permeability (μ_i), specific electrical resistance of the cylinder material (ρ_i) and the distance between them (b_i) are optimization parameters, as it affects the cost of the device and performance indicators.

The change Z_i^{EQ} is possible by optimizing Z_i of each cylinder, changing its thickness (a_i) or installing an additional cylinder.

The optimization task of creating a new system conversion of electrical energy into heat based on a group of coaxial cylinders includes the following feature: the need to increase the total power in the heating system is in conflict with the existing limitation of the specific surface power on a specific cylinder, acting as a liquid or gas heater. The integral temperature of the heated cylinder is determined by the technological, structural and regime requirements and should not lead to boiling of water (100 °C) and overheating of air (120 °C) to prevent sublimates of the dust fraction. These two conflicting requirements are interconnected with two other features: introduction to the system of high power coaxial cylinders

while maintaining a relatively low specific surface power on a specific cylinder is possible by installing an additional coaxial cylinder. However, this leads to a significant decrease Z_i^{EQ} and, therefore, an increase in the number of turns of the inductor w_p , which complicates the construct of a multilayer inductor and increases the consumption of copper (aluminum).

CONCLUSION

The considered formulation of the optimization problem should be used in the designing of each projected heater, since the optimal design can be achieved in various ways. These include the use of materials for cylinders with different ρ , μ , geometric dimensions a , b , h and quantity of cylinders n .

From the technical options of heating electric devices are most suitable for the purpose of reserving heat supply are those that do not require relatively complex and expensive auxiliary systems for their operation. Without going into a detailed analysis of all variety of possible devices to use, it should be concluded that, according to this condition, the devices of a reserve heat supply with a water heat carrier are preferable. They are the easiest to combine with district heating systems. Flat heating elements are considered as additional or independent elements of autonomous heating when it is necessary to maintain comfortable conditions. They are easily mounted in protecting surfaces of the room, induction systems for low-temperature heating of water and air, and some other devices.

Reasonable application of variants of autonomous heat source in heat supply systems is possible as a result of a complex consideration of a specific energy situation, taking into account all the components: electricity, heat and fuel supply.

REFERENCES

1 **Elshin, A. I.** The induction device for the electromagnetic processing of a liquid / A. I. Elshin, S. Yu. Ivlikov // The 6th Russian-Korean International Symposium on Science and Technology KORUS-2002 – Novosibirsk : Novosibirsk State Technical University. – 2002. – p. 233–235.

2 **Khatsevskiy, K. V.** The calculation of induction heating system with coaxial cylinders / K. V. Khatsevskiy, T. V. Gonenko, V. F. Khatsevskiy // 2018 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). – Omsk : Omsk State Technical University. – 2018. – p. 1–5.

3 **Lupi, S.** Induction and direct resistance heating: theory and numerical modeling / S. Lupi, M. Forzan, A. Aliferov. – Springer International Publishing. – 2015. – p. 370.

4 **Khatsevskiy, K. V.** Heating and electrochemical processing of liquids in induction systems with coaxial cylinders / K. V. Khatsevskiy, L. D. Fedorova,

T. V. Gonenko // 2014 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). – Omsk : Omsk State Technical University. – 2014. – p. 1–5.

5 **Cherednichenko, V. S.** Induction installation for processing liquids in electromagnetic and thermal fields / V. S. Cherednichenko, S. Yu. Ivlikov, K. V. Khatsevskiy // Heating by Electromagnetic Sources (HES-04). – Padua : University of Padua. – 2004. – p. 635–640.

Material received on 12.08.19.

В. Ф. Хацевский¹, К. В. Хацевский², Т. В. Гоненко³

Жылумен жабдықтаудың жеке жүйелеріне арналған индукциялық электржылытқыштың математикалық моделі

¹С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

^{2,3}Омбы мемлекеттік техникалық университеті Омск, 644050, Ресей Федерациясы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

В. Ф. Хацевский¹, К. В. Хацевский², Т. В. Гоненко³

Математическая модель индукционного электронагревателя для индивидуальных систем теплоснабжения

¹Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

^{2,3}Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Осы жұмыста жылумен жабдықтау жүйелерінде электр жылытқыштарды пайдаланудың қажеттілігі мен техникалық орындылығына талдау келтірілген. Жеке жылыту жүйелерін құру кезінде индукциялық жылыту қондырғыларын пайдалану ұсынылды. Электр энергиясын жылу энергиясына түрлендірудің электромагниттік жүйелері қарастырылды, ферромагниттік өзекшелерді қолдану арқылы коаксиалды цилиндрлер түрінде орындалған. Талдау магниттік алмастыру схемалары негізінде жүргізілді. Кең мақсатты су жылытқыштарда сұйықтықтарды қыздыру кезінде қолданылатын қарастырылған құрылғыларды оңтайландыру жолдары тұжырымдалған.

В настоящей работе приведен анализ потребности и технической целесообразности использования электронагревателей в системах теплоснабжения. Предложено использование индукционных нагревательных установок при создании индивидуальных систем отопления. Рассмотрены электромагнитные системы преобразования электрической энергии в тепловую, выполненные в виде коаксиальных цилиндров с использованием ферромагнитных сердечников. Анализ проведен на основе магнитных схем замещения. Сформулированы пути оптимизации рассмотренных устройств, используемых при нагреве жидкостей в водонагревателях широкого назначения.

SRSTI 44.29.01

**B. K. Shapkenov¹, A. B. Kaidar², M. B. Kaidar³, A. P. Kislov⁴,
A. V. Neftisov⁵, V. P. Markovsky⁶, A. K. Zhumadirova⁷,
L. B. Tyulyuganova⁸, R. M. Irsymov⁹, O. T. Kozhanova¹⁰**

¹Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

²General manager, JSC «MC SEZ HimPark Taraz», Shu, 081128, Republic of Kazakhstan;

³Manager, JSC «KazTransGas», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁴Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁵Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁶Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁷Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁸doctorant, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁹undergraduates, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

¹⁰undergraduates, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²argin_intel@mail.ru; ³m.kaidar@amangeldygas.kz;

⁴kislovpsu@mail.ru; ⁶wadim54@mail.ru

APPLICATION OF IGBT CONVERTERS FOR TRACTION DRIVES

Topicality of the research problem is based on the practical needs and possibilities (opportunities). The development of energy efficient transportation systems is a priority field in strategic programs. Trams are one of the most efficient transportation vehicles in cities. The requirements for public transportation include energy efficiency, environment saving, comfort, safety, attraction and reliability. This is a specific field where transportation of each city is a unique system that is described with technical parameters: specific width of tramway, type of supply voltage, type of overhead contact line and current collection devices, certain

vehicle and wagon types and traditionally formed traffic conception. Tram operators and depots of each city are a tram building enterprises in a sense, because trams need regular maintenance, repair and modernization.

Keywords: motor torque-speed operation ranges, electric transportation system, controllability of the multi-motor drive system, the field-weakening range, traction force distribution problems, overcurrent or overvoltage protection systems.

INTRODUCTION

Light-rail vehicles are mainly vehicles with light-weight intended for use in short distances. Trams are light-rail vehicles that are intended to be used on tramways in city streets. Trams usually consist of one to three tramcars. Light-rail vehicles usually have multiple traction motors that are connected as one drive system. Different drive configurations are used on different types of rail vehicles. These traction drive configurations and control systems should fulfil all the needed functions with required response and accuracy, function correctly in all modes of operations and environment conditions and should also be reliable, disturbance insensitive, stable, with suitable construction, easily testable, maintainable, repairable and reasonably low-priced. Mainly, such modern control systems are implemented using software-based control on microprocessor control systems.

The control of all bogies with one acceleration rheostat is used on old ČKD Tatra tramcars (also in Oskemen, Temirtau, Karaganda). Such a system does not allow separate control of bogies or anti-slip control. The bridge circuit shown in Figure 1 is used to stabilize magnetization on electrical braking. Series connection of different motors is the only possibility for torque and current equalization there.

MAIN PART

The armature current of one bogie is series connected with the excitation of another bogie using such a bridge circuit. This circuit is also keeping magnetization current on freewheeling and thus has a weak self-braking effect. Real systems in addition to circuits described in the simplified circuit diagram, require eight contactors for drive reversing, six contactors for field weakening control and contactors for switching between the driving and braking mode.

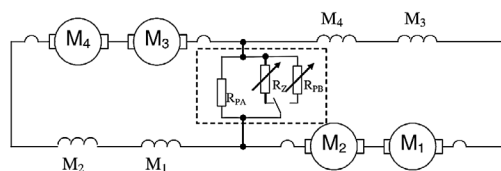


Figure 1 – Simplified main circuit on braking of an old rheostat-controlled tram

Several resistors are used for control and limiting of current – R_{PA} that is continuously in circuit and required for magnetization and R_Z or acceleration rheostat used for the control of traction and braking force. The given circuit does not allow complete freewheeling because of magnetization supply that causes weak self-braking. In addition to rheostat R_Z , the current is controlled using resistor R_{PB} that is on the roof of ČKD Tatra KT4 tramcar. Given braking circuit is also widely used in many switch-mode converter based traction drives – in Almaty [1] and Nur-Sultan [2]. The boost converter is connected instead of rheostat R_Z and resistors R_{PA} , R_{PB} that allow regeneration of braking energy to the contact network. The main disadvantage of this circuit is the complexity of operation and a large amount of contactors.

The system with one rheostat described in Figure 2 lacks torque equalization possibilities because both bogies are connected in parallel and currents cannot be separately controlled.

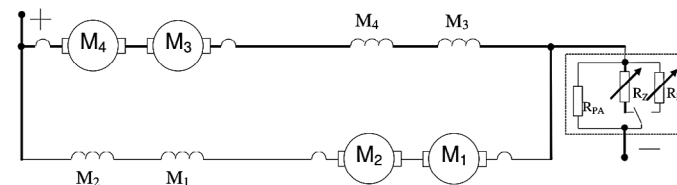


Figure 2 – Simplified main circuit on driving of an old rheostat-controlled tram

The main drawback of such a circuit is lack of constant speed operation mode. Constant speed cannot be kept without freewheeling or braking which leads to high losses in the acceleration rheostat and inefficient operation of traction motors.

Measurements of electronic equipment depend on the available width of vehicles. The choice of DC motors is economically reasonable because of the reliability of existing traction motors and remaining long lifetime. Thus, the need for special solution led to the development of a new traction drive. The power unit [3] hardware developed by the author of the thesis is designed for use with both DC traction motors and AC traction motors (asynchronous motors). The new drive system enables effective regeneration of the braking energy to the contact network and combined regenerative braking mode with the use of the braking resistor. The common magnetization circuit and its control allow the simplification of the power circuit with reduced component amount and cost. Separate power circuit wiring is needed for separate control of bogies, but the system is more flexible, redundant and allows the use of smaller and cheaper power modules than the single converter system. Traction and braking force are controlled automatically using separate modules of the traction converter. Limiting of armature current of DC motors using switch-mode

converters is needed for limiting of the output torque and power on acceleration and braking. Replacement of series-excitation with separate magnetization leads to more stiff characteristics of traction motors. This problem can be smoothed via appropriate control of traction motor currents. The voltage of magnetization is low that leads to very small duty-ratio of the excitation converter. Switch-mode is suitable because of high time-constant that avoids discontinuous current operation. The main circuit diagram of the new drive system is given in Figure. 3.

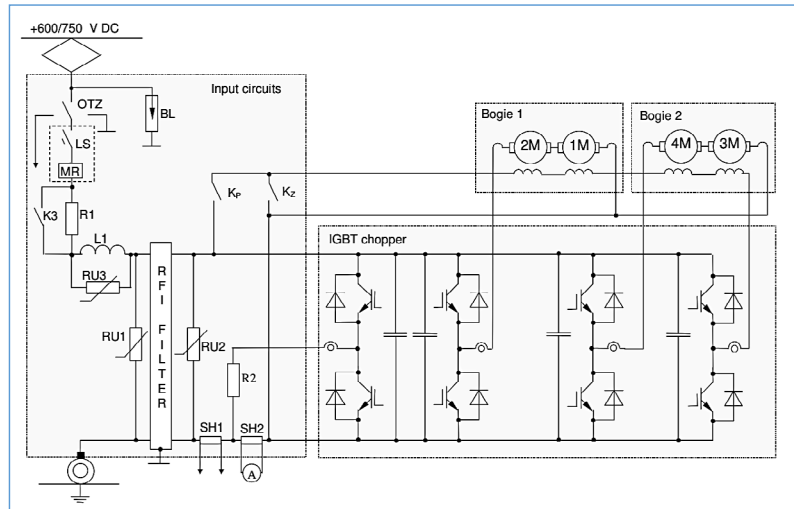


Figure 3 – The new main circuit for modernization of Tatra trams

The magnetization of all traction motors in tramcar (according to Figure 3) is supplied through one converter, thus magnetization cannot be separately controlled. The electromotive force of all bogies is checked to allow field weakening of all bogies. This is done via output voltage monitoring of all current controllers. A speed sensor is used in system to estimate electromotive force for ensuring stable magnetization control on freewheeling and instability conditions.

The excitation voltage should be continuously controlled to keep excitation current stable because the input voltage of the vehicle varies in a wide range and resistance R_f of the series connected excitation winding depends on the temperature. Numerical PI controller can be used for the compensation of these disturbances. Stable regulation of magnetization is important because transients and dynamic errors of magnetization current lead to transients in electromotive forces of all traction motors. The control of excitation current in the new drive is shown in Figure 4, and in Figure 5.

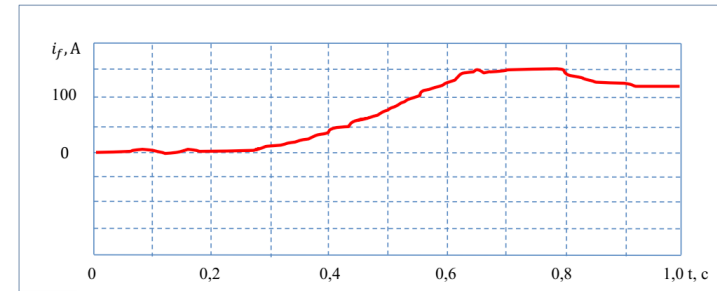


Figure 4 – Experiment of excitation current increase 0...150 A

Magnetization circuit is a slow control object because of high inductance.

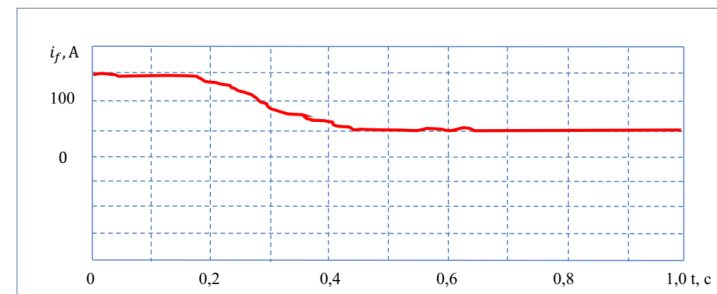


Figure 5 – Experiment of excitation current decrease 150...50 A

Current control on the steep step-change of the reference value is shown in Figure 5. The windings of four traction motors were connected in series during the experiment.

Magnetization is controlled differently in different modes of operation and conditions.

1 The controller is disabled (switched off) when the DC-link voltage is below the minimal voltage needed for magnetization supply. This allows stable excitation of motors at low supply voltages. Low voltages of DC-link and thus low voltages of magnetization occur on unstable braking when the system is disconnected from the network (off-line mode).

2 Upper limits of the magnetization current and voltage are needed to avoid saturation of magnetization poles that could lead to inefficient operation of motors. Increasing of the magnetization current for higher acceleration or braking torque is not reasonable because the increase of magnetic flux and torque is not significantly high on the increase of the magnetization current. The limit of the

magnetization voltage is needed to limit the magnetization current in the case of failure in magnetization current feedback.

3 Lower limit of the magnetization current is needed to limit the maximal driving speed. Higher speed cannot be allowed because the required braking power cannot be achieved, as the electromotive force cannot be increased over the maximal allowed voltage of DC-link capacitor bank. The maximal speed of traction motors is also limited for mechanical reasons.

4 The temporary limit of the magnetization current is needed when the magnetization circuit cannot be supplied from the network with the required power. This leads to the temporary limitation of the electromotive force of motors. This is needed during the charging process of the DC-link capacitor bank.

5 Temporary limit of electromotive force is used in the unstable uncontrollable self-braking mode. Outer-loop of control cascade is switched off and excitation is controlled only for reducing of the electromotive force. The operation of the outer loop is restored when self-braking ends. This allows bringing of self-braking bogie to a stable operation mode without trips in the overcurrent or overvoltage protection systems.

Control methods of traction drive systems can be divided according to the available modes of operation. Main operation modes of tram drives are the driving mode (on acceleration, deceleration or constant speed), the freewheeling mode without output electrical torque, and braking mode (including regenerative and dynamic brake). Different control and switching apparatus is needed for reversing, braking and field weakening of traction motors. The main disadvantage of series magnetization is its complicated power circuit and large amount of contactors needed for the control of magnetization. A multi-motor drive that has only one controllable rheostat or chopper requires contactors for field weakening and reversing of all series-magnetized traction motor groups. A comparison of different power circuits used on ČKD Tatra tramcars is given in Table 1. All the given configurations have the same amount and type of traction motors, but different control properties. New modernized drives have the control of traction and braking implemented via control systems with faster response. The amount of switches, such as contactors and power transistors, counted according to the circuit diagrams of vehicles is given in Table 1 – The maximal speed of trams used in Almaty [4, 5] is lower because of the smaller amount of contactors used for field weakening. Acceleration and maximal speed are also different because of different gear ratio and vehicle weight.

Table 1 – Switching elements in different drives with four DC traction motors

Function of switches	Symbols on original Tatra KT4	ČKD Rheostat KT4SU, KT4D	T3 Ganz Transelektro	KT6NF Kiepe	KT4, KT6T
Reversing contacts	P, Z	8	8	8	2
Field weakening contacts	F	6	4	2	0
Brake-mode contacts	B, M	5	4	2	0
Current control contacts	R	2 and acceleration rheostat	0	1	0
Supply line contactor contacts	LS	1	2	2	2
Separately controlled semiconductor switches	–	0	3	3	7

The use of separate magnetization in all modes of operation reduces the amount of contactors and allows the improvement of drive control properties. Slip problems occur because of stiff characteristics at low speeds [1].

Thus, current or torque limits should be used in the constant field range and in the field weakening range. In addition, more complicated software is needed than on series-magnetized drive systems. An original power circuit requires special controllers and control algorithms.

CONCLUSIONS

The following conclusions can be drawn from the experiments:

1 Control is slow because of high inductance, but this is not a disadvantage as it reduces the effects of disturbances.

2 All reversing contactors in the magnetization circuit should be switched off with delay to avoid electric arc on contacts. Anti-parallel freewheeling diodes on contactor windings can be used for delaying of contactors in the switching process.

3 Field weakening of all motors can be controlled using a single converter in the multi-motor traction drive.

REFERENCES

1 Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Тюлегенова, Л. Б., Кислов, А. П., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П. Колебания напряжения питания городского электротранспорта. Материалы международной научной

конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «ХҮІІ Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2017, Ч.1, – С. 328–334. ISBN 978-601-238-706-3 Ч. 1. – 2017. – 401 с.

2 **Шапкенов, Б. К., Темирханов, Е. У., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Тюлюгенова, Л. Б.** Сети с нелинейными нагрузками, генерирующими гармоники в среде тока и напряжения. Материалы Международной научно-практической конференции «ҮШТорайгыровские чтения», посвященной 25-летию независимости Республики Казахстан. – Павлодар : 2016 г. , т. 6, – с. 374–380. ISBN 978-601-238-669-1(Т.6).

3 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с. ISBN 978-601-238-674-5.

4 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б.** Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей: монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. – Алматы : Эверо, 2016. – 176 с. ISBN 978-601-310-762-2.

5 **Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Тюлюгенова, Л. Б., Кислов, А. П., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.** Колебания напряжения питания городского электротранспорта. Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «ХҮІІ Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2017, Ч.1, – С. 328–334. ISBN 978-601-238-706-3 Ч. 1. – 2017. – 401 с.

6 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кислов, А. П., Кайдар, М. Б., Тюлюгенова, Л. Б.** Применение программы SaupTR для управления тяговыми сетями. Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «ХҮІІ Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2017, Ч.1, С. 359-366. ISBN 978-601-238-706-3 Ч. 1. – 2017. – 401 с.

Material received on 12.08.19.

Б. К. Шапкенов¹, А. Б. Кайдар², М. Б. Кайдар³, А. П. Кислов⁴, А. В. Нефтисов⁵, В. П. Марковский⁶, А. К. Жумадилова⁷, Л. Б. Тюлюгенова⁸, Р. М. Ирсымов⁹, О. Т. Кожанова¹⁰

IGBT түрлендіргіштерін тарту электр жетектеріне қолдану

^{1,4,5,6,7,8,9,10}С. Торайгыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

²«ХимПарк Тараз» еркін экономикалық аймағын

басқару компаниясының» АҚ,

Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

³«ҚазТрансГаз» акционерлік қоғамы,

Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

Б. К. Шапкенов¹, А. Б. Кайдар², М. Б. Кайдар³, А. П. Кислов⁴, А. В. Нефтисов⁵, В. П. Марковский⁶, А. К. Жумадилова⁷, Л. Б. Тюлюгенова⁸, Р. М. Ирсымов⁹, О. Т. Кожанова¹⁰

Применение IGBT преобразователей для тяговых приводов

^{1,4,5,6,7,8,9,10}Павлодарский государственный университет

имени С. Торайгырова,

г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз»,

г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

³АО «КазТрансГаз»,

г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

Зерттеу проблемасының өзектілігі тәжірибелік қажеттіліктерге және мүмкіндіктерге негізделген. Энергияны тиімді тасымалдау жүйелерін дамыту стратегиялық бағдарламаларда басым бағыт болып табылады. Трамвайлар қаладағы ең тиімді көлік құралдарының бірі болып табылады. Қоғамдық көлікке қойылатын талаптарға энергияны үнемдеу, қоршаған ортаны үнемдеу, жайлылық, қауіпсіздік, тартылу және сенімділік жатады. Бұл әрбір қаладағы көлік айрықша жүйе болып табылады, ол техникалық параметрлермен сипатталады: трамвайдың нақты ені, кернеудің типі, үстіңгі байланыс желісінің типі және ағымдағы жинау құрылымы, белгілі бір көлік құралы мен вагондардың түрлері және

дәстүрлі қалыптасқан трафик тұжырымдамасы. Әрбір қаланың трамвай операторлары мен қоймалары мағынасында трамвай құрылысы кәсіпорындар болып табылады, себебі трамвайлар тұрақты жөндеу, жөндеу және модернизация қажет.

Актуальность проблемы исследования основана на практических потребностях и возможностях. Развитие энергоэффективных транспортных систем является приоритетным направлением в стратегических программах. Трамваи являются одним из самых эффективных транспортных средств в городах. Требования к общественному транспорту включают энергоэффективность, экономию окружающей среды, комфорт, безопасность, привлекательность и надежность. Это специфическая область, где перевозка каждого города представляет собой уникальную систему, которая описывается техническими параметрами: удельной шириной трамвая, типом напряжения питания, типом контактной линии и устройствами сбора тока, определенными типами транспортных средств и вагонов и традиционно сформированным движением. Операторы трамваев и депо каждого города в некотором смысле являются предприятиями по строительству трамваев, потому что трамваи нуждаются в регулярном обслуживании, ремонте и модернизации.

ГРНТИ 29.19.22

**В. М. Юров¹, А. С. Балтабеков²,
С. А. Гученко³, В. Ч. Лауринас⁴**

¹к.ф.-м.н., доцент, Физико-технический факультет, Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова, г. Караганда, 100028, Республика Казахстан;

²к.ф.-м.н., доцент, Физико-технический факультет, Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова, г. Караганда, 100028, Республика Казахстан;

³магистр, Физико-технический факультет, Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова, г. Караганда, 100028, Республика Казахстан;

⁴к.ф.-м.н., профессор, Физико-технический факультет, Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова, г. Караганда, 100028, Республика Казахстан

e-mail: ¹exciton@list.ru; ²abskargu@mail.ru; ³guchen@mail.ru;

⁴vit-laurinas@rambler.ru

СВОЙСТВА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ ПОКРЫТИЙ ПОСЛЕ ВЛИЯНИЯ СИЛЬНОТОЧНОГО ПУЧКА

В работе исследовано влияние облучения электронами на структуру и свойства плазменных покрытий. Покрытия получены при вакуумном распылении катодов Fe-Al и 12X18H10T. Исследованы микроструктура, микротвердость и коэффициенты трения до и после облучения электронами. После облучения изменяются все характеристики покрытий. Учет поверхностного натяжения на границе раздела фаз приводит к существенному изменению кинетики формирования покрытий. Чем больше поверхностное натяжение, тем меньше скорость диссипации свободной энергии. Это означает, что большая часть подводимой энергии идет на образование покрытия. При этом, как правило, формируются ячеистые наноструктуры, обладающие повышенной твердостью. Предложены методы определения и осуществлена оценка температур плавления и рекристаллизации плазменных покрытий. Установлено, что температура плавления покрытий, полученных в среде аргона выше, чем для покрытий, полученных в среде азота. Экспериментально показано, что покрытия 12X18H10T+Al, 12X18H10T+Fe-Al и

12X18H10T+Si, полученные в среде аргона, имеют более высокие температуры плавления и рекристаллизации. Это означает, что последние могут быть использованы как жаростойкие покрытия на стальные детали. Показано, что поверхностное натяжение покрытий, полученных в среде азота меньше, чем для покрытий, полученных в среде аргона. Отсюда следует, что образование нитридных фаз приводит к уменьшению поверхностной энергии покрытий. Показано, что чем больше поверхностное натяжение покрытия, тем выше его коррозионная стойкость. Установлено, что коррозионная стойкость большей части исследованных покрытий не уступает наиболее коррозионно-стойким сталям.

Ключевые слова: плазменное покрытие, облучение электронами, по-верхностная энергия, микротвердость, трение, износостойкость, разрушение, жаростойкость.

ВВЕДЕНИЕ

Последние годы характеризуются повышенным интересом к многоэлементным покрытиям. Они уже составляют основу для получения функциональных материалов для машиностроения, авиационной техники и многое другое. Особенностью этих материалов является возможность изменения их свойств в широких пределах путем изменения технологических параметров [1–3]. Можно изменять состав покрытия, параметры нанесения покрытий, параметры внешних воздействий.

Совсем недавно для нанесения покрытий использовались бинарные (TiN, ZrN и др.) системы. Затем произошел переход к тройным системам и далее – к многоэлементным. Среди многоэлементных сплавов и покрытий в отдельный класс выделяются высокоэнтропийные сплавы (ВЭСы) и покрытия [4–7]. ВЭСы – это сплавы, которые содержат не менее 5 элементов, причём количество каждого из них не должно превышать 35 ат. %. Для таких сплавов характерны повышенные, по сравнению с традиционными многокомпонентными сплавами, значения энтропии смешения $Smix$. Высокое значение энтропии приводит к образованию однофазных структур ОЦК или ГЦК – типа. Для ВЭС каждый элемент имеет равную возможность занять узел кристаллической решетки, если не учитывать химическое упорядочение. Поскольку размеры атомов могут быть различными, решетка сильно искажается, что приводит к высоким упругим. Этот эффект подтверждается сверхвысокой прочностью ОЦК ВЭС.

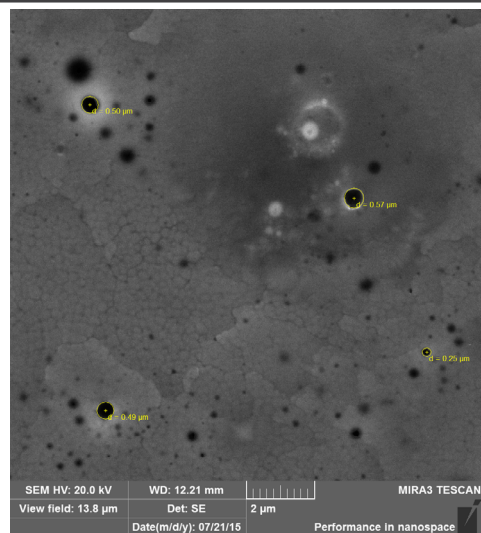
В настоящей работе исследуется влияние электронного облучения на структуру и свойства многоэлементного плазменного покрытия. В работе использовались катоды состава Fe–Al, которые получены методом

индукционного плавления, и катоды из стали 12X18H10T. Покрытия наносились на стальные образцы ионно-плазменным методом на вакуумной установке ННВ-6.6И1 при одновременном распылении указанных выше катодов. Полученные образцы облучались электронами на вакуумной импульсной электронно-пучковой установке СО-ЛО ИСЭ СО РАН (г. Томск) по методике, подробно описанной в работе [8].

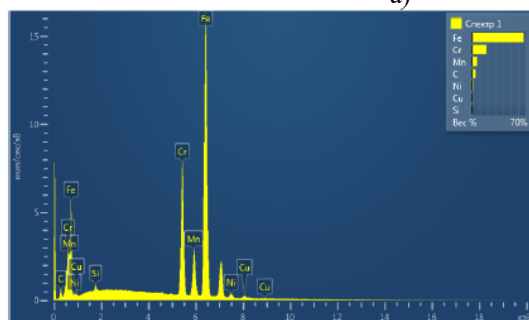
Электронно-микроскопическое исследование было проведено на растровом электронном микроскопе MIRA 3 фирмы TESCAN. Исследования проводились при ускоряющем напряжении 20 кВ и рабочем расстоянии около 15 мм. Для каждого образца было сделано по 4 снимка с 4 точек поверхности при разных увеличениях: 245 крат, 1060 крат, 4500 крат и 14600 крат. А также проведен энергодисперсионный анализ в 4 точках поверхности каждого образца. Оптическая микроструктура исследовалась на металлографическом микроскопе Эпиквант, а в наномасштабе – на атомно-силовом микроскопе NT-206. Исследование микротвердости покрытий проводилось на микротвердомере HVS-1000A. Трибологические исследования проводились на установке, описанной в работе [9].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На подложку из стали 45 было нанесено покрытие Fe–Al + 12X18H10T в газовой среде аргона в течение 40 мин. На рис. 1 показано РЭМ-изображение покрытия, РФЭС и элементный состав до облучения электронами, а на рис. 2 – после облучения электронами. На рис. 3 показано АСМ изображение до и после облучения электронами.



a)

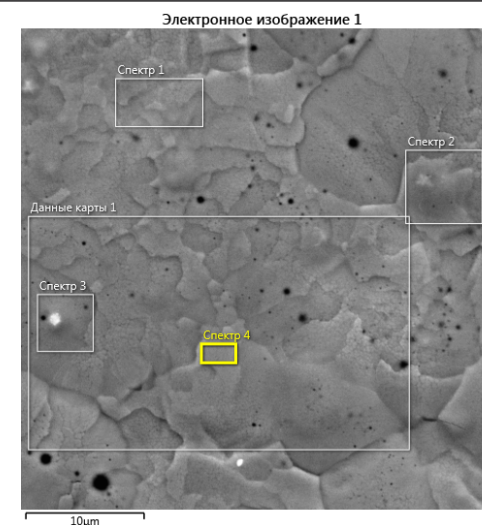


Элемент	Вес. %
C	4.07
Si	0.36
Cr	25.35
Mn	5.09
Fe	62.37
Ni	2.00
Cu	0.75
Сумма	100.00

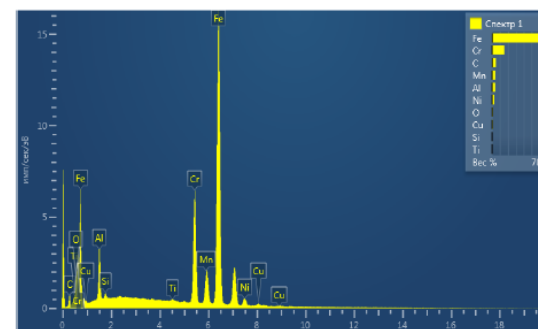
b)

c)

Рисунок 1 – РЭМ-изображение покрытия (а), РФЭС (b) и элементный состав (с) до облучения электронами



a)



b)

c)

Рисунок 2 – РЭМ-изображение покрытия (а), РФЭС (b) и элементный состав (с) после облучения электронами

Элемент	Вес. %
C	5.03
O	6.41
Al	1.11
Si	0.49
Ca	0.13
Ti	2.10
Cr	21.86
Mn	6.15
Fe	54.93
Ni	1.12
Cu	0.68
Сумма	100.00

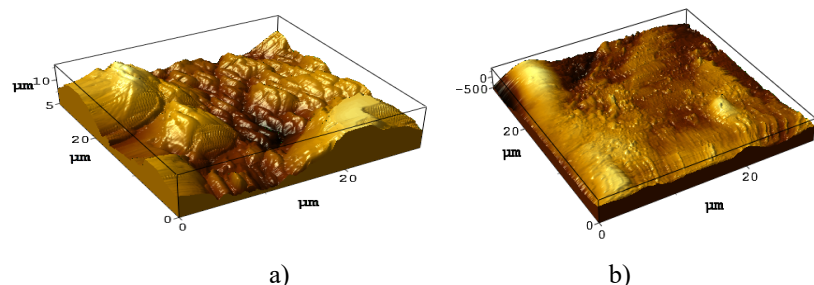


Рисунок 3 – АСМ –изображение покрытия до облучения (а) и после облучения электронами (b)

В таблице 1 представлены значения микротвердости покрытия, а в таблице 2 – коэффициенты трения до и после облучения электронами.

Электронно-микроскопические изображения на рис. 1 и 2 показывают наличие крупных включений хрома, которые незначительно диспергируют после облучения электронами (рис. 2, 4).

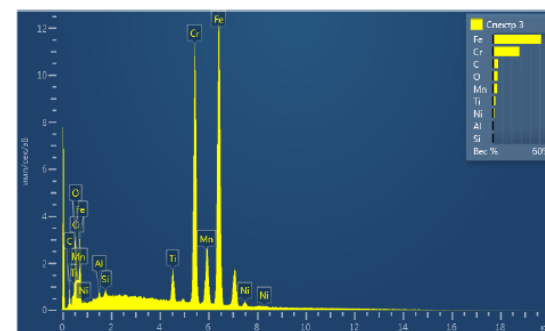
Таблица 1 – Микротвердость покрытия 12Х18Н10Т+(Fe-Al) в среде аргона при различных временах напыления (до и после облучения)

Микротвердость МПа	10 мин.	20 мин.	30 мин.	40 мин.
до облучения	416,2	428,6	464,2	273,5
после облучения	502,4	534,6	542,4	564,7

Таблица 2 – Коэффициенты трения до и после облучения

	коэффициент трения
до облучения	0,426
после облучения	0,130

Это видно из анализа спектра 3 (рис. 2, а). Картирование элементов по поверхности покрытия показало, что с шагом 30 мкм распределение всех элементов в образцах равномерное, за исключением хрома. Яркость, контраст и количество отображаемых точек соответствуют массовому содержанию элемента в заданной области исследования. Облучение покрытия электронами приводит к фрагментации и диспергированию ее структуры. Особенно четко это видно из АСМ – измерений (рис. 3), которое показывает резкое снижение шероховатости покрытия. Такой эффект наблюдался и для других покрытий [8, 10, 11]. Это приводит к увеличению микротвердости покрытия (табл. 1) и к значительному (более чем в 3 раза) уменьшению коэффициента трения (табл. 2).



Элемент	Вес. %
C	5.66
O	4.85
Al	0.32
Si	0.30
Ca	2.53
Ti	28.60
Cr	4.30
Mn	52.16
Fe	1.29
Ni	5.66
Cu	4.85
Сумма	100.0

Рисунок 4 РФЭС (b) и элементный состав (c) в спектре (3)

В процессе электронной обработки покрытий и при остывании в последнем формируются напряженные состояния, которые могут являться источниками размножения дислокаций по всему объему осаждаемого покрытия. Наблюдаемое при этом увеличение микротвердости образованной пленки является следствием дислокационного упрочнения материала покрытия. Рассмотрим этот вопрос с привлечением модели ЯДС-ячеистой дислокационной структуры. Пластическая деформация кристаллов (и покрытий) сопровождается образованием на их поверхности деформационного рельефа, отражающего процесс локализации деформаций в кристалле на мезо-, микро- и наномасштабном уровнях. ЯДС начинает формироваться в деформируемом кристалле в конце второй начале третьей стадии кривой деформационного упрочнения металлов и заканчивается в конце третьей стадии (см. [12] и библиографию в ней). При дальнейшем деформировании в материале формируется фрагментированная дислокационная структура – ФДС (на четвертой и пятой стадии кривой деформационного упрочнения). Считается, что ЯДС является процессом самоорганизации дислокаций в условиях множественного скольжения. Для ее возникновения необходимо выполнение определенного критерия, связывающего коэффициенты размножения, иммобилизации и аннигиляции дислокаций. Смоделированная в работе [12] ЯДС показана на рисунке 5.

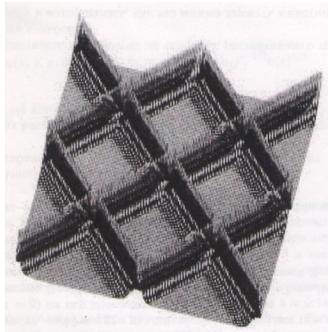


Рисунок 5 – Ячеистая дислокационная структура в аксонометрической проекции [12]

Рассмотрим качественно микромеханизм трения металлов с покрытиями. Он складывается, в основном, из двух механизмов: разрушение контактов соприкасающихся тел и межмолекулярное взаимодействие тел. Силу трения скольжения в случае молекулярного механизма можно представить в виде [13]:

$$F_{\text{сб}} = \int_L \sigma dl \approx \sigma L, \tag{1}$$

где σ – поверхностное натяжение твердого тела; L – длина пройденного при скольжении пути.

Общая работа сил трения будет представлять собой работу по преодолению сил межмолекулярного взаимодействия и работу по разрушению контактов:

$$A = \sigma \cdot L^2 + \sigma \cdot S = \sigma(L^2 + S). \tag{2}$$

Из уравнения (2) следует, что работа сил трения определяется, в основном, поверхностным натяжением твердого тела. Поверхностное натяжение – основная характеристика процессов, связанных с участием поверхностей или границ раздела фаз. Поверхностное натяжение определяет свободную энергию (работу), которую необходимо затратить, чтобы образовать единицу площади поверхности или раздела фаз. Наличие поверхностного натяжения обусловлено тем, что атомы на поверхности жидкости или твердого тела обладают большей потенциальной энергией, чем атомы или ионы внутри их, поэтому поверхностную энергию обычно рассматривают как избыток энергии приходящейся на единицу площади.

Учет поверхностного натяжения на границе раздела фаз приводит к существенному изменению кинетики формирования покрытий.

Мы воспользуемся общим термодинамическим подходом, изложенным нами в работе [16]. В этой работе на основе неравновесной квантовой термодинамики получено выражение для функции Φ отклика подсистемы на внешнее воздействие, которое имеет вид:

$$\dot{O} = \frac{kT}{C} \cdot \frac{A}{G^0} \cdot \bar{N}, \tag{3}$$

где A – работа (энергия) внешнего поля; T – температура; k – постоянная Больцмана; G^0 – потенциал Гиббса массивного образца; \bar{N} – среднее число элементарных носителей возбуждения; C – постоянная.

В случае металлов потенциал Гиббса совпадает с химическим потенциалом ($G^0 = \mu$). Если в качестве функции отклика взять коэффициент трения, то получим:

$$k_{\text{сб}} = \bar{N}_1 \cdot \dot{O} \cdot \frac{A}{\mu} \cdot \bar{N}, \tag{4}$$

Для чистых металлов химический потенциал совпадает с энергией Ферми. В таблице 3 эти значения приведены для некоторых металлов [17].

Таблица 3 – Энергия Ферми некоторых металлов [17]

Металл	Энергия Ферми, эВ	Металл	Энергия Ферми, эВ
Медь	7,00	Цинк	9,39
Серебро	5,48	Алюминий	11,63
Золото	5,51	Свинец	9,37
Магний	7,13	Олово	10,03
Стронций	3,95	Кальций	4,68

Из уравнения (4) следует, что коэффициент сухого трения тем меньше, чем больше химический потенциал (энергия Ферми).

Поверхностная энергия исследованных покрытий, измеренная по методике работы [18] равна: $\sigma = 1,684$ Дж/м² (до облучения) и $\sigma = 1,980$ Дж/м² (после облучения).

Другим важным свойством покрытий является их жаростойкость. Жаростойкость – это способность металлов и сплавов сопротивляться газовой коррозии при высоких температурах в течение длительного времени. Если изделие работает в окислительной газовой среде при температуре (500–550) °С без больших нагрузок, то достаточно, чтобы они были только жаростойкими (например, детали нагревательных печей). Для повышения жаростойкости в состав стали вводят элементы, которые образуют с кислородом оксиды с плотным строением кристаллической решетки (хром,

кремний, алюминий). Высокой жаростойкостью обладают силхромы, сплавы на основе никеля – нихромы, стали 08X17T, 36X18H25C2, 15X6CЮ.

Разрушение металлов при подводе тепловой энергии сопровождается накоплением термоупругих напряжений, приводящих к повышению плотности дислокаций, различных дефектов (дилатонов, фрустронов и т.д.).

Если в качестве функции отклика в формуле (3) взять жаростойкость, то мы получим:

$$\zeta = \tilde{N} \cdot \sigma. \quad (5)$$

Поскольку, как отмечалось выше, поверхностное натяжение металла пропорционально его температуре плавления, то отсюда следует, что жаростойкость, в первую очередь, зависит от температуры плавления металла. Чем выше температура плавления металла, тем выше его температура рекристаллизации. Между названными температурами существует следующая зависимость:

$$\dot{\sigma}_s = \dot{E} \cdot \dot{\sigma}_{ie}, \quad (6)$$

где $K = 0,3 \dots 0,4$ для технически чистых металлов, $K = 0,6 \dots 0,8$ для сплавов.

Поверхностная энергия исследованных покрытий, измеренная по методике работы [18] равна: $\sigma = 1,684$ Дж/м² (до облучения) и $\sigma = 1,980$ Дж/м² (после облучения).

Поскольку работа по разрушению покрытия $A = \sigma \cdot S$ (S – площадь покрытия), то приведенные выше результаты показывают увеличение износостойкости после облучения электронным пучком.

Температуру плавления покрытия можно оценить по формуле, предложенной нами в работе [19]:

$$\dot{\sigma}_m = 1,4 \cdot 10^3 \cdot \sigma.$$

Тогда получим: $T_m = 2537,6$ °С (до облучения) и $T_m = 2772,0$ °С (после облучения). Поскольку температура плавления покрытия характеризует его жаростойкость, то отсюда следует, что облучение электронами приводит к увеличению жаростойкости покрытия.

ВЫВОДЫ

Облучение электронами приводит к диспергированию структуры покрытия и изменению физико-механических свойств.

Учет поверхностного натяжения на границе раздела фаз приводит к существенному изменению кинетики формирования покрытий. Поскольку формирование покрытий хорошо описывается теорией дислокаций, то

можно выбрать два управляющих параметра – плотность дислокаций и поверхностное натяжение. В этом случае процесс формирования покрытия может быть рассмотрен с точки зрения теории катастроф.

Чем больше поверхностное натяжение, тем меньше скорость диссипации свободной энергии. Это означает, что большая часть подводимой энергии идет на образование покрытия. При этом, как правило, формируются ячеистые наноструктуры, обладающие повышенной твердостью.

Работа выполнена по программе МОН РК. Гранты №0118РК000063 и №Ф.0780.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Жуков, М. Ф., Неронов, В. А., Лукашов, В. П.** Новые материалы и технологии. Экстремальные технологические процессы. – Новосибирск, Наука, 1992. – 183 с.

2 **Панин, В. Е., Клименов, В. А., Псахье, С. Г. и др.** Новые материалы и технологии. Конструирование новых материалов и упрочняющих технологий. – Новосибирск : Наука, 1993. – 152 с.

3 **Костюк, Г. И.** Перспективы и реальность применения комбинированных технологий упрочнения и нанесения покрытий для упрочнения деталей машиностроения и в инструментальном производстве (I. Физические и технические аспекты) // ФИП, 2003, т. 1, № 3 – 4, – С. 259–293.

4 **Соболь, О. В., Андреев, А. А., Горбань, В. Ф. и др.** Овоспроизводимости однофазного структурного состояния многоэлементной высокоэнтропийной системы Ti-V-Zr-Nb-Hf и высокотвердых нитридов на ее основе при их формировании вакуумно-дуговым методом // Письма в ЖТФ, 2012. – Т. 38. – В. 13. – С. 40–47.

5 **Tsai, M. H., Yeh, J. W.** High-entropy alloys: a critical review // Mater. Res. Lett., 2014, Vol. 2. – P. 107–123.

6 **Погребняк, А. Д., Багдасарян, А. А., Якушенко, И. В., Береснев, В. М.** Структура и свойства высокоэнтропийных сплавов и нитридных покрытий на их основе // Успехи химии, 2014, Т. 83, № 11. – С. 1027–1061.

7 **Schuh, B., Mendez-Martin, F., Vulker, B. et. al.** Mechanical properties, microstructure and thermal stability of a nanocrystalline CoCrFeMnNi high-entropy alloy after severe plastic deformation // Acta Materialia, 2015, Vol. 96. – P. 258–268.

8 **Квасницкий, В. В., Кузнецов, В. Д., Коваль, Н. Н. и др.** Применение сильноточенного электронного пучка для модификации железа, нержавеющей стали и жаропрочного сплава // Электронная обработка материалов, 2009, № 3. – С. 14–20.

9 Колесников, В. А., Байсагов, Я. Ж., Юров, В. М. Информационно-измерительный прибор для определения коэффициента трения скольжения // Фундаментальные исследования, 2011, № 12. – С. 121–124.

10 Шулов, В. А., Пайкин, А. Г., Теряев, Д. А., Быщенко, О. А., Энгелько, В. И., Ткаченко, К. И. Структурно-фазовые изменения в поверхностных слоях деталей из титанового сплава ВТ6 при облучении сильноточным импульсным электронным пучком // Физика и химия обработки материалов. 2012. № 3. – С. 5–9.

11 Шулов, В. А., Энгелько, В. И., Громов, А. Н., Теряев, Д. А., Быщенко, О. А. Применение сильноточных импульсных электронных пучков для модифицирования поверхности лопаток газотурбинного двигателя с перфорационными отверстиями // Упрочняющие технологии и покрытия. 2013. № 10 (106). – С. 23–25.

12 Малыгин, Г. А. Моделирование деформационного рельефа поверхности пластически деформируемого кристалла // ФТТ, 2007. – Т. 49. – В. 8. – С. 1392–1397.

13 Крагельский, И. В. Трение и износ. – М. : Машиностроение, 1968. – 480 с.

14 Малыгин, Г. А. Моделирование деформационного рельефа поверхности пластически деформируемого кристалла // ФТТ, 2007. – Т. 49. – В. 8. – С. 1392–1397.

15 Арнольд, В. И. Теория катастроф. – М. : Едиторная УРСС, 2007. – 136 с.

16 Юров, В. М., Лауринас, В. Ч., Гученко, С. А., Завацкая, О. Н. Структура и свойства многофазных ионно-плазменных покрытий. – Караганда : Изд-во Казахстанско-Российского ун-та, 2013. – 150 с.

17 Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела. – М. : Наука, 1978. – 792 с.

18 Юров, В. М., Гученко, С. А., Лауринас, В. Ч., Завацкая, О. Н. Поверхностное натяжение упрочняющих покрытий // Упрочняющие технологии и покрытия, 2014, № 1. – С. 33–36.

19 Юров, В. М., Гученко, С. А., Лауринас, В. Ч. Роль поверхностного натяжения в формировании плазменных покрытий // Научное обозрение. Технические науки. – 2016. – № 4. – С. 124–139.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

V. M. Yurov¹, A. S. Baltabekov², S. A. Guchenko³, V. Ch. Laurinas⁴

Қушті ағынды шоқтың әсерінен кейінгі жоғары энтропиялы қаптамалардың қасиеттері

^{1,2,3,4}Физика-техникалық факультеті,

Е. А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті,

Қарағанды қ., 100028, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

V. M. Yurov¹, A. S. Baltabekov², S. A. Guchenko³, V. Ch. Laurinas⁴

Properties of high entropical coatings after the effect of a high-current beam

^{1,2,3,4}Physics and Technology Faculty,

E. A. Buketov Karaganda State University,

Karaganda, 100028, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Электрондық сәулеленудің плазмалық жабындардың құрылымы мен қасиеттеріне әсері зерттелді. Қаптамалар Fe-Al және 12X18H10T катодтарын вакуумдық бұрку арқылы алынды. Электрондардың сәулеленуіне дейінгі және кейінгі микроқұрылымы, микроқайнақтар және үйкеліс коэффициенттері зерттелді. Сәулеленгеннен кейін, жабындардың барлық сипаттамалары өзгереді. Интерфейс бетіндегі кернеуді ескере отырып, қаптамалардың қалыптасуының кинетикасының айтарлықтай өзгеруіне әкеледі.

Беттік кернеу неғұрлым көп болса, онда еркін энергияның диссипация жылыдамдығы төмендейді. Бұл дегеніміз, жеткізілетін энергияның басым бөлігі жабынның пайда болуына байланысты. Бұл жағдайда, әдетте, қаттылық дәрежесі жоғары ұялы нанокұрылымдар пайда болады.

Анықтау және бағалау әдістері плазмалық жабындарды еруіне және перекристаллизация орындады. азот ортаға шеңберінде алынған жабындар үшін қараганда жоғары аргон алынған деп ТЭМ-температура балқу жабындылар құрылды.

Ол, 12X18H10T + Fe-Al және аргон астында дайындалған 12X18H10T + Cu, -Lea ВО балқу температурасы жоғары және перекристаллизация бар жабын 12X18H10T + Әл деп эксперименттік көрсетілген. Бұл соңғы жасалған бөлшектер ыстыққа төзімді жабыны ретінде пайдаланылуы мүмкін екенін білдіреді.

Азот ортада алынған жабындардың беттік керілуі аргондағы алынған жабындарға қарағанда төмен екенін көрсетті. Бұл білдіреді, беттік энергия жабындарды төмендеуіне нитрида фазалық нәтижелерін қалыптастыру болып табылады.

Ол жабу үлкен бетінің шиеленіс, жоғары коррозияға төзімділігі деп көрсетілген. Зерттелген жабындардың көпшілігінің коррозияға төзімділігі ең коррозияға төзімді болаттан кем емес екендігі анықталды.

The effect of electron irradiation on the structure and properties of plasma coatings is studied. The coatings were obtained by vacuum spraying of Fe-Al and 12X18H10T cathodes. The microstructure, microhardness and friction coefficients before and after irradiation by electrons were studied. After irradiation, all the characteristics of the coatings change. Taking into account the surface tension at the interface, leads to a significant change in the kinetics of the formation of coatings.

The greater the surface tension, the lower the dissipation rate of the free energy. This means that most of the energy supplied goes to the formation of the coating. In this case, as a rule, cellular nanostructures with increased hardness are formed.

Methods of determination are proposed and the melting and recrystallization temperatures of plasma coatings are estimated. It is established that the melting temperature of coatings obtained in argon is higher than for coatings obtained in a nitrogen medium.

It was shown experimentally that 12X18H10T + Al, 12X18H10T + Fe-Al and 12X18H10T + Cu coatings obtained in argon medium have higher melting and recrystallization temperatures. This means that the latter can be used as a heat-resistant coating on steel parts.

It is shown that the surface tension of coatings obtained in a nitrogen medium is lower than for coatings obtained in argon. Hence, the formation of nitride phases leads to a decrease in the surface energy of the coatings.

It is shown that the greater the surface tension of the coating, the higher its corrosion resistance. It is established that the corrosion resistance of most of the coatings studied is not inferior to the most corrosion-resistant steels.

ГРНТИ 44.01.11

**Е. В. Зигангирова¹, Ю. В. Кибартене²,
В. В. Кибартас³, А. П. Кислов⁴, В. Ю. Мельников⁵,
Б. А. Мухамедов⁶, А. Д. Умурзакова⁷**

¹к.т.н., ассоц. профессор, Факультет информационных технологий, АО «Финансовая академия», г. Нур Султан, 010000, Республика Казахстан;
²PhD, ассоц. профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., ассоц. профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵к.т.н., профессор, Инженерно-технологический факультет, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁶магистрант, Инженерно-технологический факультет, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁷PhD, ассоц. профессор, Инженерно-технологический факультет, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹elena-1975@yandex.ru; ²juvk@yandex.kz; ³vkibartas@yandex.kz;

⁴kislovpsu@mail.ru; ⁵s-melnik@yandex.kz; ⁶ba_muckhamed@yandex.ru,

⁷granat_72@yandex.kz

ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ С ВИЭ-КОМПОНЕНТАМИ И ТЕХНОЛОГИЯМИ

В статье рассмотрены вопросы организации функционирования энергетических систем тепловой генерации как объектов модернизации с учетом современных требований их перспективного развития как интегрированного сочетания традиционной тепловой системы генерации энергии с ВИЭ-компонентами и технологиями. Организация функционирования энергосистем представляется как основа системного подхода к применению технической политики по энергетической эффективности. При этом основными принципами

предложены максимизация энергетической эффективности при заданном уровне надежности и минимизация совокупных расходов или расходов на жизненный цикл. Сформулированы основные направления развития систем генерации с ВИЭ-компонентами в оценках экологических и экономических векторов модернизации. Показаны основные технологические возможности ВИЭ-компонентов для реализации проектов энергоэффективной модернизации и создания интегрированных электроэнергетических систем тепловой энергетики.

Ключевые слова: энергетическая система, тепловая генерация, модернизация, солнечные технологии, потери, экономические показатели, энергетическая эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Организацию функционирования электроэнергетических систем тепловой генерации (ЭЭСГ) целесообразно рассматривать в качестве основы современного комплексного, системного подхода к формированию научно-обоснованной технической политики по энергетической эффективности. Основными принципами которой являются максимизация энергетической эффективности при заданном уровне надежности и минимизация совокупных расходов или расходов на жизненный цикл. Можно выделить следующие основные группы свойств функционирования ЭЭСГ: развития, функционирования и управляемости. Группа свойств «развитие» включает в себя такие технико-экономические показатели ЭЭСГ, как стабильность, динамичность, инерционность и дискретность; группа свойств «функционирование» характеризуется комплексными свойствами экономичности и надёжности, а в группу свойств «управляемости» включены такие свойства ЭЭСГ, как неполнота информации, адаптация, неопределённости оптимальных решений, самоорганизованность и многокритериальность.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Энергоэффективное развитие ЭЭСГ в критериях требований экологических и экономических векторов современной модернизации направлены на формирование экономически и экологически допустимых топливно-энергетических балансов. Они состоят в следующем: усиление политики энергосбережения, так как часть всех добываемых энергоресурсов теряется, что приводит не только к экономическому, но и к экологическому ущербу; коренная реконструкция теплового хозяйства и электроэнергетических компонентов с применением высокоэффективных

современных газотурбинных (ГТУ) и парогазовых (ПГУ) установок на газе; проведение экспертиз инвестиционных, инновационных и других энергоэффективных проектов; выбор приоритетов и очерёдности инвестирования энергетических объектов; разработка и корректировка энергетических программ; обеспечение бесперебойного энерго-, топливоснабжения потребителей; разработка механизмов реализации энергоснабжения.

Для оценки экономической эффективности мероприятий по модернизации энергетических объектов целесообразно, в качестве основных показателей, использовать следующие характеристики: внутренняя норма доходности, срок окупаемости капиталовложений и рентабельность.

Анализ функционирования энергетических систем ЭЭСГ должен быть проведен на основе методик системного анализа с обоснованием показателей энергетической эффективности энергетического комплекса организаций, а также математического моделирования и расчета энергетических характеристик оборудования.

Приоритетным направлением в организации анализа функционирования энергетических систем является выполнение требований международного стандарта ISO 13602-1-2009 – Системы энергетические технические «Методы анализа».

Перспективное планирование развития ЭЭСГ включает в себя цели планирования, циклы и горизонты планирования. Планирование развития должно осуществляться в контексте трех горизонтов планирования:

Горизонт краткосрочного планирования с периодом от одного до трех лет; горизонт среднесрочного планирования с периодом от пяти до семи лет и горизонт долгосрочного планирования на период десять-пятнадцать лет.

Развитие генерирующих мощностей. Обоснование целесообразности сооружения ТЭЦ, выбор типа и единичной мощности агрегатов рекомендуется осуществлять с учетом существующей и перспективной схем региональных компонентов и систем теплообеспечения, уровня и концентрации тепловых нагрузок, динамики их роста, объемов и режимов выработки электрической энергии как в теплофикационном, так и в конденсационном режимах, а также эффективности выработки электрической энергии в конденсационном режиме по сравнению с поставками электроэнергии с оптового рынка.

Современная интегрированная система генерации энергии, как показано в качестве примера на рисунке 1, уже стала стандартом энергетики нового поколения технологически развитых стран.

Сравнение рассматриваемых вариантов финансовых инновационных вложений и выбор лучшего из инвестиционных проектов должно

производиться по критерию экономической эффективности с использованием следующих возможных критериев, например, максимальной величины чистого дисконтированного дохода; критерия внутренней нормы доходности; индекса доходности; срока окупаемости или дисконтированного срока окупаемости. Соответственно, в принятой международной терминологии – NPV, IRR, PI, PP, DPP.

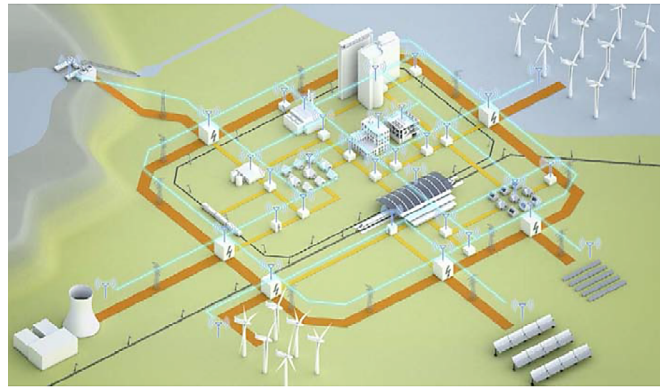


Рисунок 1 – Современная система генерации энергии как интеграция традиционной тепловой системы генерации энергии с ВИЭ-компонентами и технологиями

Обоснование решений при планировании развития инновационных энергоэффективных решений должно осуществляться сопоставлением вариантов развития путем оценки их сравнительной эффективности по критерию минимума суммарных дисконтированных затрат.

На рисунке 2 показаны основные технологические ВИЭ-компоненты солнечных высокотемпературных технологий, которые могут быть рассмотрены при создании новых проектов модернизации энергетических генерирующих объектов и создании интегрированных энергетических систем тепловой энергетики.

Предварительно следует определить сравнение эксплуатационных технологических показателей энергетического объекта. Для этого, например, могут быть использованы потери электрической энергии, рассчитанные одним из общепринятых в электроэнергетике методов, а именно: оперативных расчетов; расчетных суток; средних нагрузок; числа часов наибольших потерь мощности или оценки потерь по данным о существующих конфигурациях и схемах электрообеспечения и фактических значений эксплуатационных нагрузок.

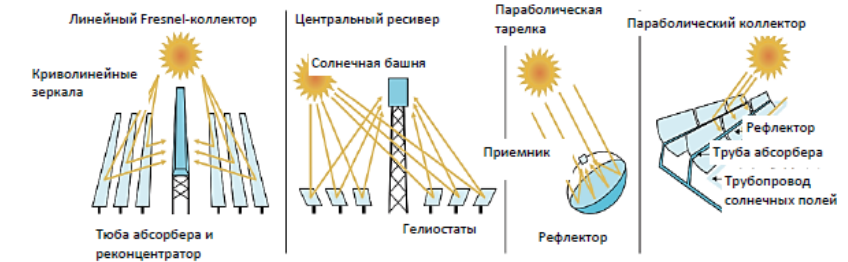


Рисунок 2 – Основные солнечные высокотемпературные технологии

Приведенные на рисунке 3 кривые суточной генерации для интегрированной тепловой станции с использованием ВИЭ-компонентов могут быть, при необходимости, использованы для более адекватного понимания процессов и, соответственно, для более точного выполнения расчетов.



Рисунок 3 – Кривые генерации энергии в интегрированной тепловой станции

Метод оперативных расчетов заключается в расчете потерь электроэнергии по токовым нагрузкам компонентов электроэнергетической сети, которые определяют по фактическим данным ведомостей нагрузок диспетчерской службы, а также по данным оперативных измерительных комплексов и автоматизированных систем учета и контроля электроэнергии – ОИК и АСКУЭ. Кроме того, осуществляются расчеты потерь электрической энергии: за сутки расчетного месяца (метод расчетных суток); потери электроэнергии при средних за расчетный период времени электрических нагрузках основных узлов присоединений (метод средних нагрузок); потери электроэнергии в режиме наибольшей нагрузки компонентов

электрической сети (метод числа часов наибольших потерь мощности). Также, в зависимости от предъявляемых требований по точности, могут использоваться и другие методы оценки потерь электрической энергии. В том числе: по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети – метод основан на расчете потерь электроэнергии и использует данные и зависимости электрических потерь от суммарной длины, количества кабельных и воздушных линий электропередач, суммарной мощности и количества присоединенного электрического оборудования, полученных на основе технических показателей электрических компонентов или статистических данных. Необходимо также учитывать потери, от фактических погрешностей информационно-измерительных приборов и оборудования систем коммерческого учета электрической энергии.

Расчетные потери электроэнергии в электрическом оборудовании, в том числе, в шунтирующих реакторах, силовом и измерительном трансформаторном оборудовании и токоведущих проводниках подстанций можно определить по нормативным справочным данным.

Повышение энергетической эффективности электрогенерирующего объекта, на примере ТЭЦ, может быть достигнуто путем повышения удельного отпуска электрической энергии за счет последовательной оптимизации оборудования системы технологического функционирования станции.

Основные принципы интеграции вновь строящихся и модернизируемых объектов ЭЭСТГ в существующие энергетические системы могут быть сформулированы как:

- необходимость рассмотрения влияния вновь присоединяемого компонента ЭЭСТГ на изменение режимов работы действующей энергетической системы в целом. Присоединение энергетической инфраструктуры вновь строящегося объекта не должно оказывать отрицательное воздействие на работу других частей энергетической системы; тип и параметры потребляемых энергоносителей на вновь строящихся объектах ЭЭСТГ должны выбираться, по возможности, идентично уже применяемым энергоносителям.

На рисунке 4 приведен пример технологической ВИЭ-компоновки солнечной термальной станции с указанием основных технологических блоков или модулей, как объектов энергетической интеграции.

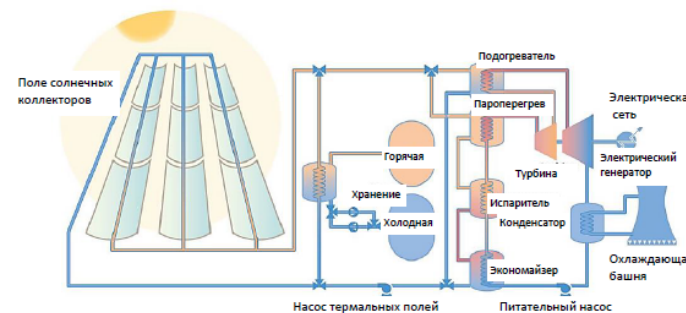


Рисунок 4 – Схема солнечной термальной станции с накопителем энергии

На рисунках 5 и 6 приведены возможности солнечной высокотемпературных энергетических технологий для нагрева питательной воды и для генерации пара высокого давления, которые могут быть эффективно использованы для снижения потребления топлива в модернизируемых объектах тепловой генерации, например, в районах с высокой солнечной активностью Республики Казахстан.

Кроме того, для гармоничной модернизации и обеспечения рекомендуемой степени энергетической эффективности должны быть в достаточной мере учтены вновь вводимые компоненты энергетических присоединений ЭЭСТГ в существующие энергетические объекты. При этом, должны учитываться конкретные особенности плана долгосрочного развития энергетической системы, которая также должна обеспечивать необходимые условия по пропускной способности энергетических коммуникаций, а также ограничительные мощности находящихся в эксплуатации трансформаторов и другие условия.



Рисунок 5 – Схема нагрева питательной воды электростанции с использованием солнечной тепловой энергии



Рисунок 6 – Генерация пара высокого давления с использованием солнечной энергии

Для оценки эффективности коммерческих инвестиционных проектов ЭЭСТГ при разработке бизнес-планов, технико-экономических обоснований и других документов, которые приводят к получению экономического эффекта, а именно: к получению дополнительного дохода; к сокращению затрат; к избежанию затрат или к избежанию сокращения доходов, используют методики, основанные на следующих принципах: организация рассматривается как центр прибыли; при проведении оценки эффективности проектов предполагается, что организация самостоятельно закупает сырье, реализует продукцию и несет все расходы. В процессе осуществляется сравнение с базовым вариантом. При этом учет прироста потока денежных средств от реализации инвестиционного проекта рассчитывается как разница значений с учетом реализации проекта и без него; в качестве базового принимается фактический результат за последний полный год.

При расчете эффективности проекта следует учитывать все инвестиционные расходы, связанные с реализацией проекта, с учетом упущенной выгоды и дополнительных эффектов от реализации проекта. Расчет эффективности инвестиционного проекта должен строиться на сравнении предлагаемого варианта энергоэффективного проекта с наилучшим из возможных альтернативных вариантов. При расчете эффективности проекта также необходимо учитывать возникновение дополнительных положительных эффектов, возникающих после реализации данного проекта.

ВЫВОДЫ

В качестве основного метода расчета коммерческой эффективности инвестиционных проектов ЭЭСТГ с применением ВИЭ-компонентов

и технологий следует принять метод дисконтированных денежных потоков – ДДП. Рассмотрение инвестиционного проекта с применением ВИЭ-компонентов и технологий осуществляется на протяжении полного жизненного цикла ЭЭСТГ с годовой ставкой амортизации по всем основным средствам в 6,7 % и периодом в 10 лет.

При расчете эффективности инновационных энерго- и ресурсосберегающих проектов с применением ВИЭ-компонентов и технологий должны учитываться только предстоящие в ходе осуществления инновационного проекта затраты и поступления, включая затраты, связанные с привлечением ранее созданных производственных фондов, а также предстоящие потери, непосредственно вызванные осуществлением проекта. Ранее созданные ресурсы, используемые в проекте, оцениваются альтернативной стоимостью, отражающей максимальное значение упущенной выгоды. Осуществленные ранее затраты на значение показателей эффективности инновационного проекта не влияют.

Моделирование денежных потоков, включающее все связанные с осуществлением проекта денежные поступления и оттоки за расчетный период следует осуществлять в валюте реализации проекта с прогнозным значением инфляции из официальных источников. В процессе реализации инновационных энерго- и ресурсосберегающих проектов с применением ВИЭ-компонентов и технологий целесообразно проводить учет влияния фактора неопределенности и рисков, сопровождающих осуществление проекта с анализом чувствительности основных показателей эффективности проекта (NPV, IRR) к различным вариантам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 <http://www.eetic.org/>. Вопросы энергоэффективности (Caddetee), возобновляемой энергии (Caddetre) и проблеме ограничения выбросов парниковых газов (Greentie).
- 2 <http://www.eceee.org> The European Council for an Energy Efficient Economy (ECEEE)
- 3 <http://www.thecarbontrust.co.uk/energy> The Energy Efficiency Best Practice programme (EEBPP).
- 4 **Chávez Urbiola EA, Vorobiev Y.** Investigation of solar hybrid electric/thermal system with radiation concentrator and thermoelectric generator. Int J Photoenergy 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/704087>.
- 5 Показатели энергоэффективности: основы формирования политики. Ист: International Energy Agency. © OECD/IEA, 2014 <http://www.iea.org/termsandconditionsuseandcopyright/>

6 Energy Technology Perspectives 2016 2016 – Towards Sustainable Urban Energy Systems, OECD/IEA, Paris.

7 Roadmap for a Renewable Energy Future – 2016 edition, IRENA, Abu Dhabi.

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

*Е. В. Зигангирова¹, Ю. В. Кибартене², В. В. Кибартас³, А. П. Кислов⁴,
В. Ю. Мельников⁵, Б. А. Мухамедов⁶, А. Д. Умурзакова⁷*

ЖЭК-компоненттермен және технологиялармен энергия тиімді жүйелердің жұмыс істеуін ұйымдастыру

¹Ақпараттық технологиялар факультеті,
«Қаржы академиясы» АҚ,

Нур Султан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{2,3,4}Энергетикалық факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

^{5,6,7}Инженерлік-технологиялық факультеті,

Инновациялық Еуразия Университеті,

Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

*Ye. V. Zigangirova¹, Yu. V. Kibartene², V. V. Kibartas³, A. P. Kislov⁴,
V. Yu. Melnikov⁵, B. A. Mukhamedov⁶, A. D. Umurzakova⁷*

Organization of functioning of energy efficient systems with renewable energy components and technologies

¹Information Technology Department,
Financial Academy JSC,

Nur Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{2,3,4}Faculty of Energy Engineering,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

^{5,6,7}Faculty of Engineering and Technology,

Innovative University of Eurasia,

Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

*Мақалада энергия генерациясының дәстүрлі жылу жүйесінің
ЖЭК-компоненттермен және технологиялармен интеграцияланған
үйлесімі ретінде олардың перспективалық дамуының қазіргі заманғы*

талаптарын ескере отырып, жаңғырту объектілері ретінде жылу генерациясының энергетикалық жүйелерінің жұмыс істеуін ұйымдастыру мәселелері қарастырылған. Энергия жүйелерінің жұмыс істеуін ұйымдастыру энергетикалық тиімділік бойынша техникалық саясатты қолдануға жүйелік тәсілдің негізі ретінде ұсынылады. Бұл ретте негізгі қағидаттарға сенімділіктің берілген деңгейінде энергетикалық тиімділікті барынша арттыру және өмірлік циклге арналған жиынтық шығыстарды немесе шығыстарды барынша азайту ұсынылды. Жаңғыртудың экологиялық және экономикалық векторларын бағалауда ЖЭК-компоненттерімен генерация жүйелерін дамытудың негізгі бағыттары тұжырымдалды. Энергия тиімді жаңғырту жобаларын іске асыру және жылу энергетикасының интеграцияланған электр энергетикалық жүйелерін құру үшін ЖЭК-компоненттерінің негізгі технологиялық мүмкіндіктері көрсетілген.

The article deals with the issues of organization of functioning of energy systems of thermal generation as objects of modernization taking into account modern requirements of their perspective development as an integrated combination of traditional thermal system of energy generation with renewable energy components and technologies. The organization of the functioning of power systems is presented as the basis of a systematic approach to the application of technical policy on energy efficiency. At the same time, the main principles are the maximization of energy efficiency at a given level of reliability and the minimization of total costs or costs for the life cycle. The main directions of development of generation systems with renewable energy components in the assessment of environmental and economic vectors of modernization are formulated. The main technological capabilities of renewable energy components for the implementation of energy-efficient modernization projects and the creation of integrated electric power systems of thermal energy are shown.

**Г. Г. Таткеева¹, В. С. Портнов², Г. Ж. Асаинов³,
Н. Б. Жакипов⁴, А. Д. Маусымбаева⁵**

¹д.т.н., зав. кафедрой «Электроснабжение», Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан.

²д.т.н., профессор, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100028, Республика Казахстан;

³доктор (PhD), ст. преподаватель, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁴ст. преподаватель, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁵к.т.н., ст. преподаватель, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100028, Республика Казахстан

e-mail: ¹tatkeeva@mail.ru; ³asainovgibrat@gmail.com; nazhmiden@mail.ru

АНАЛИЗ СВЕРХНОРМАТИВНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВА И ВЫСОКОГО ВЫБРОСА CO₂ КОТЕЛЬНЫМИ, ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИМИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ ОБЪЕКТЫ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В данной работе рассматриваются причины сверхнормативного потребления топлива и соответственно высокого выброса CO₂ котельными, предназначенными для теплоснабжения децентрализованных объектов Карагандинской области. Так же рассматривается влияние качества углей на топливосжигание и эмиссию вредных веществ. Произведены расчеты для определения результатов фактических выбросов CO₂, а так же определены выбросы CO₂ с учетом нормативного потребления.

Ключевые слова: CO₂, парниковые газы, котельные, уголь, выброс.

Объектом исследования являются локальные котельные, предназначенные для теплоснабжения децентрализованных объектов. Согласно методическим указаниям по расчету выбросов парниковых газов от тепловых электростанций и котельных, утвержденной Министром охраны окружающей среды Республики Казахстан от 05 «ноября» 2010 г. № 280 [1] в зависимости от полноты информации возможна оценка (расчет) выбросов

парниковых газов на трех уровнях. Чем больше информации о применяемой технологии сжигания топлива, тем выше может быть уровень оценки. Так, если известны только данные о количестве сожженного топлива за год, то расчеты возможны только на уровне 1. Поскольку никаких данных о режиме сжигания топлива нет кроме его количества, то расчеты придется выполнять на уровне 1. Исходными данными для расчета выбросов послужили данные о виде и потреблении твердого топлива (угля) за год бюджетными организациями Карагандинской области.

Для расчетов использовались следующие физические единицы измерения массы или объема топлива: для твердого топлива – тонны, для перевода физических единиц в общие энергетические единицы – тераджоули.

Расчет выбросов CO₂ при сжигании топлива разбивался на следующие шаги:

- определение количества ежегодно сжигаемого топлива, которое было получено путем умножения его количества в натуральном выражении на соответствующее значение теплотворной способности;
- определение коэффициента эмиссии для каждого вида топлива;
- произведен перерасчет CO в CO₂;
- расчет выбросов CO₂;
- расчет общего количества эмиссий путем суммирования результатов, полученных по отдельным бюджетным организациям;

Расчет выбросов для каждого вида топлива для отдельных источников (установок для сжигания) производится по формуле [1]:

$$M_{\text{пг}} = \sum_1^n m \times k \times k_{\text{пг}} \times \Phi, \quad (1)$$

где: $M_{\text{пг}}$ – годовой выброс CO₂ в весовых единицах (тонн/год);

m – количество сожженного топлива данного типа за год (тонн/год);

k – коэффициент для пересчета топлива из тысяч тонн в тераджоули;

$k_{\text{пг}}$ – удельный коэффициент выброса (эмиссии) углерода, т/ТДж;

Φ – фракция окисления, $\Phi=1$;

Характеристики угля были взяты из предоставленных организациями сертификатов качества на уголь, при отсутствии таковых информация бралась из таблицы 1, в которой предоставлены качественные характеристики Казахстанских углей [2].

Таблица 1 – Характеристика углей

№ п/п	Месторождения и бассейны	Средняя зольность по месторождению, %	Теплотворность, (удельная теплота сгорания)
1	Карагандинский бассейн	29,5	21,77
2	В том числе коксующиеся	24,0	23,86
3	Шубаркольское месторождение	21,7	19,64
4	Куу-чекинское месторождение	41,0	17,83
5	Борлинское месторождение	46,0	14,54
6	Экибастузский бассейн	42-44	16,04-17,00
7	Майкубенский бассейн	22,4	16,98
8	Месторождение Юбилейное «Каражыра»)	20,4	18,58

Важной характеристикой углей является микрокомпонентный состав, зольность. Так, например, угли Шубаркольского месторождения каменные гумусовые, постоянного вещественного состава, малозольные, малосернистые, малофосфористые, «не соленые», склонные к самовозгоранию. В рядовом угле содержание золы до 12 %, а зольность отдельных пачек составляла всего 3–6 %. Угли считаются высококалорийными, энергетическими, имеют низкое содержание серы (до 0,5 %) и высокую теплотворную способность (от 5200 до 5700 ккал/кг) и при сгорании дают много тепла. Рабочая влажность угля составляет 14–15 %, содержание летучих компонентов 43–44 % [3–4].

Далее рассматриваются проблемы выбросов метана (CH₄) и закиси азота (N₂O). Выбросы таких газов как метан и закись азота являются результатом неполного сгорания топлива. Основными факторами, определяющими масштабы выбросов газов CH₄ и N₂O из стационарных источников, являются характеристики топлива, тип технологии и меры контроля выбросов.

Эмиссии газов, отличных от CO₂, сильно зависят от технологии сжигания и условий эксплуатации оборудования. Поэтому при расчетах выбросов метана и закиси азота при сжигании ископаемых видов топлива следует подразделять на сжигание топлива по основным видам деятельности или установкам для сжигания.

В связи с отсутствием данных от бюджетных организаций о технологии сжигания топлива и условий эксплуатации оборудования, а так же в связи с тем, что CO₂ вносит основной вклад в парниковый эффект расчеты проводились только по образованию CO₂ в результате сжигания топлива в котельных.

Расчет эмиссий CO₂ в атмосферный воздух проводился согласно Методических указаний «По расчету выбросов парниковых газов от тепловых электростанций и котельных», утвержденных Приказом МОС РК № 280 от 05.11.2010 г [1]. Расчет проводился по количеству фактически расходуемого на отопление здания угля.

В результате расчетов определены фактические выбросы CO₂ от каждого объекта, а так же определены выбросы CO₂ с учетом нормативного потребления здания твердым топливом.

Анализ по потреблению твердого топлива и выбросов парниковых газов котельными бюджетных организаций Карагандинской области представлен ниже (Рисунок 1, 2, 3).

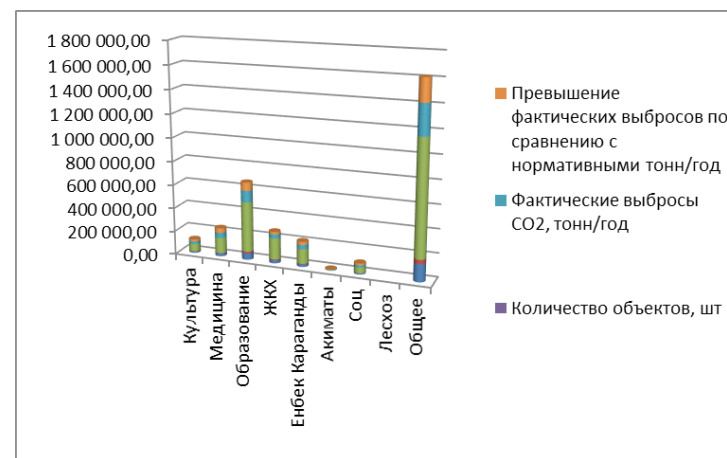


Рисунок 1 – Котельные, потребляющие твердое топливо менее 100 тонн/год

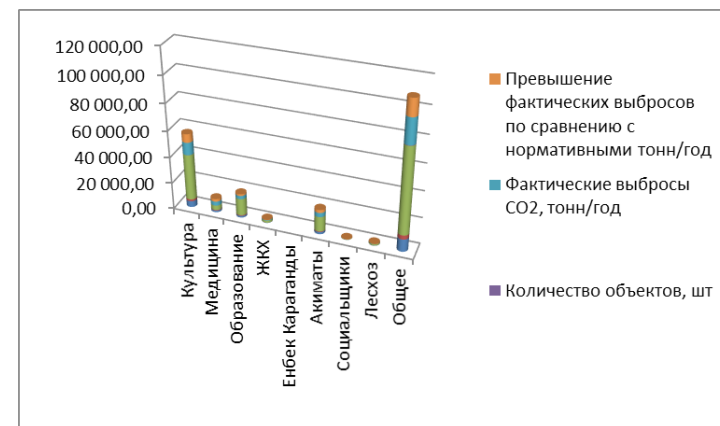


Рисунок 2 – Котельные, потребляющие твердое топливо более 100 тонн/год

В целом по Карагандинской области фактический выброс оксида углерода превышает выбросы, при соблюдении нормы потребности тепловой энергии, в среднем в 4 раза [1]. Относительно отдельных объектов превышение норматива по выбросам парниковых газов значительно превышают нормированные показатели.



Рисунок 3 – Всего по Карагандинской области

Как показал анализ ситуации по котельным бюджетных организаций, практически все котельные имеют сверхнормативное потребление твердого топлива.

Основной проблемой по приведению котельных в должное состояние является ограниченный бюджет Карагандинской области. Средства на модернизацию котельных выделяются крайне редко. Решить вопрос модернизации котельных собственными средствами организации не имеют возможности из-за отсутствия финансирования от вышестоящих организаций.

Действующим законодательством предусматриваются лимиты на эмиссии загрязняющих веществ. Однако при разработке проектной документации не учитываются нормативы потребления тепловой энергии с учетом площади и этажности зданий согласно СН РК 2.04-21-2004 энергопотребление и тепловая защита гражданских зданий [5]. Выбросы загрязняющих веществ рассчитываются исходя из данных организаций по использованному топливу за год.

В проектной документации оценка воздействия на окружающую среду в разделе по энергосбережению и внедрению мероприятий по повышению энергоэффективности, конкретные мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ, в том числе парниковых газов, не учитывается

коэффициент полезного действия котельной. Даются только рекомендации по контролю соблюдения установленных нормативов эмиссий и план действий по регулированию выбросов на период неблагоприятных метеоусловий.

При рассмотрении проектов нет профильных специалистов, которые могут дать оценку эффективности предлагаемого оборудования и предложить мероприятия по улучшению ситуации. План мероприятий по охране окружающей среды составляется с учетом бюджета организации. В связи с этим в планы включаются неэффективные мероприятия ввиду их дешевизны.

Выполнение природоохранных мероприятий находится на контроле уполномоченного органа по охране окружающей среды в лице Министерства энергетики Республики Казахстан и его территориальных представительств.

Зачастую мероприятия по охране окружающей среды исполняется только «на бумаге». Это показывает слабую работу уполномоченного органа по охране окружающей среды.

Так же большой проблемой является использование «дешевого» угля. Закуп угля организациями проводится на тендерной основе по принципу экономии бюджетных средств. По причине малого бюджета на закуп твердого топлива приобретается уголь с низкими качественными характеристиками. Что в свою очередь ведет к повышенному расходу угля, повышенному образованию золы.

Из вышесказанного видно, что основной проблемой бюджетных организаций Карагандинской области является отсутствие в проектной документации раздела «Энергосбережение» и грамотных специалистов имеющих достаточные знания для проведения энергетической экспертизы проектов и подбору необходимого оборудования, слабый контроль за выполнением природоохранных мероприятий со стороны контролирующих органов и так далее.

Но все же основной причиной сверхнормативного потребления топлива и соответственно высокого выброса CO2 является износ оборудования по причине нехватки финансовых средств на модернизацию котельных в бюджете области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Методическим указаниям по расчету выбросов парниковых газов от тепловых электростанций и котельных, утвержденной Министром охраны окружающей среды Республики Казахстан от 05 «ноября» 2010 г. № 280.

2 Карагандинский угольный бассейн // Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы : Қазақ энциклопедиясы, 2005.

3 Электронный ресурс <http://novikovv.ru/> Шубарколь – черная жемчужина Сары-Арки.

4 Сафонов А. А., Парафилов В. И., Маусымбаева., Ганеев., Портнов В. С. Микрокомпонентный состав углей Центрального Казахстана// Уголь. – 2018. – № 9. – С. 89–92.

5 Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства СН РК 2.04-21-2004 энергопотребление и тепловая защита гражданских зданий (с изменениями по состоянию на 01.04.2019 г.)

Материал поступил в редакцию 12.08.19.

G. G. Tatkeeva¹, V. S. Portnov², G. Zh. Assainov³, N. B. Zhakipov⁴, A. D. Mausymbaeva⁵

Отынның нормативтен тыс тұтынуын және қазандықтардың CO₂ жоғары шығарынды талдау, Қарағанды облысының жылумен қамтамасыз ететін орталықтандырылған объектілері

^{1,3,4}С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық университеті,

Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{2,5}Қарағанды Мемлекеттік техникалық университеті,

Қарағанды қ., 100028, Қазақстан Республикасы.

Материал 12.08.19 баспаға түсті.

G. G. Tatkeeva¹, V. S. Portnov², G. Zh. Assainov³, N. B. Zhakipov⁴, A. D. Mausymbaeva⁵

Analysis of excess fuel consumption and high CO₂ emissions by boilers, supplying heating to decentralized facilities of Karaganda region

^{1,3,4}S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Nur Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{2,5}Karaganda State Technical University,

Karaganda, 100028, Republic of Kazakhstan.

Material received on 12.08.19.

Бұл жұмыста Қарағанды облысының орталықтандырылған нысандарын жылумен қамтамасыз етуге арналған қазандықтардың тиісініше CO₂ жоғары шығарындысының және отынның нормативтен тыс тұтыну себептері қарастырылады. Сонымен қатар көмір сапасының отынға және зиянды заттардың эмиссиясына әсері қарастырылады. CO₂ нақты шығарындыларының нәтижелерін анықтау үшін есептеулер жүргізілді, сондай-ақ нормативтік тұтынуды ескере отырып, CO₂ шығарындылары анықталды.

In this paper, the causes of excess fuel consumption and correspondingly high CO₂ emissions by boilers designed for heat supply of decentralized objects of Karaganda region are considered. The influence of coal quality on fuel combustion and emissions of harmful substances is also considered. Calculations were made to determine the results of actual CO₂ emissions, and CO₂ emissions were determined taking into account regulatory consumption.

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА
«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,
«КРАЕВЕДЕНИЕ»**

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в

1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **12 страниц печатного текста**. *Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).*

Статья должна содержать:

1 **ГРНТИ** (Государственный рубрикатор научной технической информации);

2 **Инициалы и фамилия** (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (*прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, см. образец*);

3 **Ученую степень, ученое звание;**

4 **Аффилиация** (факультет или иное структурное подразделение, организация (место работы (учебы)), город, почтовый индекс, страна) – на казахском, русском и английском языках;

5 **E-mail;**

6 **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (*не более 12 слов, заглавными прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, на трех языках: русский, казахский, английский, см. образец*);

7 **Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Дается на казахском, русском и английском языках (*рекомендуемый объем аннотации – не менее 100 слов, прописными буквами, нежирным шрифтом 12 кегль, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец*);

8 **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (*оформляются на языке публикуемого материала: кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см.*). Рекомендуемое количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3.

Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (*см. образец*);

9 **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

– слово **ВВЕДЕНИЕ / KIPICPE / INTRODUCTION** (*нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре см. образец*).

Необходимо отразить результаты предшествующих работ ученых, что им удалось, что требует дальнейшего изучения, какие есть альтернативы (если нет предшествующих работ – указать приоритеты или смежные исследования). Освещение библиографии позволит отгородиться от признаков заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно сослаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (*не более 1 страницы*).

– слова **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ / НЕГІЗГІ БӨЛІМ / MAIN PART** (*нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения. При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости. Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы, схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. Формулы, уравнения, рисунки, фотографии и таблицы должны иметь подписи или заголовки (*не более 10 страниц*).

– слово **ВЫВОДЫ / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION** (*нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество самих данных и позволит дать свою интерпретацию результатов (*не более 1 страницы*).

10 **Список использованных источников** включает в себя:

– слово **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES** (*Нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами для кругозора читателям, как смежные работы, проводимые параллельно. Рекомендуемый объем *не более чем из 20 наименований* (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Статья и список литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (*см. образец*).

11 **Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

12 **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В бумажном и электронном вариантах приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

Информация для авторов

Все статьи должны сопровождаться двумя рецензиями доктора или кандидата наук для всех авторов. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор.

Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензий и квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: kereku@psu.kz

www.vestnik.psu.kz

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

Наши реквизиты:

РГП на ПХВ Павлодарский
государственный университет имени
С. Торайгырова

РНН 451800030073

БИН 990140004654

АО «Цеснабанк»

ИИК KZ57998FTB00 00003310

БИК TSESKZK A

Кбе 16

Код 16

КНП 861

РГП на ПХВ Павлодарский
государственный университет имени
С. Торайгырова

РНН 451800030073

БИН 990140004654

АО «Народный Банк Казахстана»

ИИК KZ156010241000003308

БИК HSBKZKX

Кбе 16

Код 16

КНП 861

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ:

ГРНТИ 396.314.3

А. Б. Есимова

к.п.н., доцент, Гуманитарно-педагогический факультет, Международный Казахско-Турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан
e-mail: ad-ad_n@mail.ru

СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

В статье рассматриваются вопросы, связанные с кодификацией норм устной речи в орфоэпических словарях, являющихся одной из отраслей орфоэпической лексикографии. Проводится анализ составления первых орфоэпических словарей, говорится о том, что в данных словарях большее внимание уделяется устной орфографии в традиционном применении, а языковые нормы устной речи остались вне внимания. Также отмечается, что нормы устной речи занимают особое место в языке программ средств массовой информации, таких как радио и телевидение, и это связано с тем, что диктор читает свой текст в микрофон четко по бумажке. В статье также выявлены отличия устной и письменной речи посредством применения сравнительного метода, и это оценивается как один из оптимальных способов составления орфоэпических словарей.

Ключевые слова: репродуктивное поведение, семейно-родственные связи.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отрасль мобильной робототехники переживает бурное развитие. Постепенно среда проектирования в области мобильной ...

Продолжение текста

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На современном этапе есть тенденции к стабильному увеличению студентов с нарушениями в состоянии здоровья. В связи с этим появляется необходимость корректировки содержания учебно-тренировочных занятий по физической культуре со студентами, посещающими специальные медицинские группы в ...

Продолжение текста публикуемого материала

ВЫВОДЫ

В этой статье мы представили основные спецификации нашего мобильного робототехнического комплекса...

Продолжение текста

Пример оформления таблиц, рисунков, схем:

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1 - Показатели репродуктивного поведения

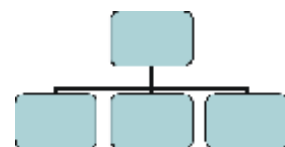
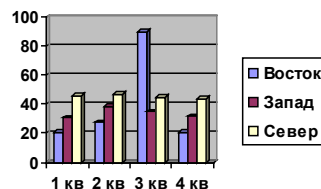


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2-е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).

2 Фришман, И. Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.

3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587.
4 http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part_0.

А. Б. Есімова

Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде

Гуманитарлық-педагогикалық факультеті,
Қ. А. Ясави атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университеті,
Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы.

А. В. Yesimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors

Faculty of Humanities and Education,
K. A. Yesevi International Kazakh-Turkish University,
Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan.

Мақалада ортологиялық лексикографияның бір саласы – орфоэпиялық сөздіктердегі ауызша тіл нормаларының кодификациялануымен байланысты мәселелер қарастырылады. Орфоэпиялық сөздік құрастырудың алғашқы тәжірибелері қалай болғаны талданып, дәстүрлі қолданыстағы ауызша емлесімен, әсіресе мектеп өмірінде жазба сөзге ерекше көңіл бөлініп, ал ауызша сөздің тілдік нормалары назардан тыс қалғаны айтылады. Сонымен қатар ауызша сөз нормаларының бұқаралық ақпарат құралдары – радио, телевизия хабарлары тілінде ерекше орын алуы микрофон алдында диктордың сөзді қағаз бойынша нақпа-нақ, тақпа-тақ айтуымен байланысты екені атап көрсетіледі. Сөздікте ауызша сөзбен жазба сөздің салғастыру тәсілі арқылы олардың айырмасын айқындалғаны айтылып, орфоэпиялық сөздік құрастырудың бірден-бір оңтайлы жолы деп бағаланады.

The questions, related to the norms of the oral speech codification in pronouncing dictionary are the one of the Orthologous Lexicography field, are examined in this article. The analysis of the first pronouncing dictionary is conducted, the greater attention in these dictionaries is spared to verbal orthography in traditional application, and the language norms of the oral speech remained without any attention. It is also marked that the norms of the oral speech occupy the special place in the language of media programs, such as radio and TV and it is related to that a speaker reads the text clearly from the paper. In the article the differences of the oral and writing language are also educed by means of application of comparative method and it is estimated as one of optimal methods of the pronouncing dictionary making.

ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА
(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,
«КРАЕВЕДЕНИЕ»)

Редакционная коллегия журнала «Вестник ПГУ. Серия энергетическая» в своей работе придерживается международных стандартов по этике научных публикаций и учитывает информационные сайты авторитетных международных журналов.

Редакционная коллегия журнала, а также лица, участвующие в издательском процессе в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (использование недостоверных сведений, изготовление данных, плагиат и др.), обеспечения общественного признания научных достижений обязаны соблюдать этические нормы и стандарты, принятые международным сообществом и предпринимать все разумные меры для предотвращения таких нарушений.

Редакционная коллегия ни в коем случае не поощряет неправомерное поведение (плагиат, манипуляция, фальсификация) и приложить все силы для предотвращения наступления подобных случаев. В случае, если редакционной коллегии станет известно о любых неправомерных действиях в отношении опубликованной статьи в журнале или в случае отрицательного результата экспертизы редколлегией статья отклоняется от публикации.

Теруге 12.08.2019 ж. жіберілді. Басуға 23.09.2019 ж. қол қойылды.
Пішімі 70x100 ¹/₁₆. Кітап-журнал қағазы.
Шартты баспа табағы 26,0. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Тапсырыс № 3495

Сдано в набор 12.08.2019 г. Подписано в печать 23.09.2019 г.
Формат 70x100 ¹/₁₆. Бумага книжно-журнальная.
Усл. печ. л. 26,0. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Заказ № 3495

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
e-mail: kereku@psu.kz
www.vestnik.psu.kz