

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

№ 4 (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

Абишев К. К., Касенов А. Ж., Сарсембаев Д. Ж., Хамитова Г. Ж. Қазақстанның көлік саласын дамыту перспективалары мен талдауы	15
Айткенова Г. Т., Есбенбетова Ж. Х. Әуе көлігі кәсіпорнының мысалында Қазақстан Республикасындағы кәсіби тәуекелдерін бағалау және басқару	22
Аканова А. С., Оспанова Н. Н. Нейрондық желілерде қолданылатын PIL алгоритмі	28
Акимжанов Т. Б., Герасименко Т. С. Ақмола облысының ауылдық электр желілеріндегі электр энергиясының сапасын бағалау	37
Алибиев Д. Б., Хакимзянов Г. С., Кажикенова А. Ш., Сетимбетова А. Б. Алдын ала і жалын предиктор-түзеткіш схемасы бойынша кеңейту	47
Алимгазин А. Ш., Алимгазина С. Г. «Қазхром «ТҰК» АҚ филиалы – Ақсу ферроқорытпа зауытында баламалы энергия көздерін пайдалана отырып, энергия үнемдейтін жылу сорғыш технологияларды қолдану перспективалары»	54
Арынгазин К. Ш., Карпов В. И., Акишев К. М. Құрылыс саласында математикалық статистиканың имитациялық модельдері мен әдістерін қолданудың қазіргі шетелдік және отандық әзірлемелерін талдау	64
Барукин А. С., Калтаев А. Г., Клецель М. Я. Бітеу түйіспелі қорғаныс сенімділігін есептеу әдістемесін жетілдіру	75
Баубек А. А., Жумагулов М. Г., Картджанов Н. Р. Құйынды жанарғы құрылғыны сынау	83
Болатова А. Б., Хамитова Г. Ж., Абишев К. К., Касенов А. Ж., Хусан Б. Астынатүсу қабатты жүйемен пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу кезінде жерасты құрылысы конструкциясының сенімділік параметрлері ...	90
Герасименко Т. С. Кернеуі 10/0,4 кВ болып келетін трансформаторлар мен электрлік желілеріндегі электр энергиясын жоғалтуын айзату бойынша іс-шараларының кешені	99
Глазырина Н. С., Фураева И. И., Нью В. В. Өсімдіктердің жерсіз өсіру үшін атқару және бағдарламалық қамтамасыз кешені дамыту	108
Глазырина Н. С., Фураева И. И., Омаров Д. К. WCAG 2.0 стандартының сапасы бойынша мобильді ақпараттық қосмшасын дамыту	119
Демьяненко А. В., Горькаева Е. Ю. Қазақстанның электр энергетика саласын цифрландыру. Smart Grid тұжырымдамасы: алғышарттары, болашағы мен қиындықтары	129

Демин В. Ф., Шонтаев Д. С., Демина Т. В., Балгабеков Т. К., Унайбаев Б. Б., Шонтаев А. Д., Сайдалин Е. Н., Ким Е. Е.
Қазбалар айналасындағы жыныстардың кернеулі-деформацияланған жай- күйі139

Дробинский А. В., Исупова Н. А., Саринова А. Ж.
Жел энергиясын тиімді пайдаланумен жел энергетикалық қондырғы147

Дюсенов К. М., Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Говорун В. Ф., Бексултанов А. Д.
Қазақстанның климаттық жағдайлары үшін инверторлы кондиционерлерді қолданудың үнемділігі156

Жунусов А. К., Быков П. О., Рыспаев Т., Касимгазинов А. Д., Тоқтар Д.
«Кастинг» ЖШС ПФ жағдайында қаттылығы V топтағы болат ұнтақтау шарлары өндірісінің энергия үнемдеу технологиясын әзірлеу167

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 ұйымдастыру173

Зигангирова Е. В., Кибартене Ю. В., Кибартас В. В., Кислов А. П., Мельников В. Ю., Мухамедов Б. А., Умурзакова А. Д.
Энергия жүйелерін энергия тиімді жаңғырту үшін жаңа энергетикалық компоненттер мен технологияларды қолдану мүмкіндіктері184

Исаева Ж. Р., Шоланов К. С.
Қалқымалы толқын электр станциясын басқару195

Исупова Н. А., Қамариден С. Қ.
Электр энергиясын есепке алудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу207

Камбаров Ж., Миков А. Г., Серьянова А. С., Бекмагамбетова Б. М.
ЖЭС су-күл ағынынан микросфераны бөлу бойынша тұрақты қондырғыларды қолданудың техникалық-экономикалық негіздемесі213

Каспакбаев К. С., Устемирова Р. С., Карпов А. П.
Достық станциясы халықаралық тасымалдардың логистикалық операторы рөлінде219

Кибартене Ю. В., Мельников В. Ю., Кибартас В. В.
Өздігінен диагностикалау функциясы бар асинхронды электрқозғалтқыштың айналу жиілігін бақылау құрылғысы225

Клецель М. Я., Машрапов Б. Е., Исабеков Д. Д.
Ақауды диагностикалаумен геркондар негізіндегі максималды ток қорғауының схемалары234

Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В., Тюлюгенова Л. Б., Говорун В. Ф., Олейник С. И.
Қала мемлекеттік көліктің қтж жүйелерінің қауіпсіздік мәселелері241

Калмагамбетова А. Ш., Богоявленская Т. А.
Жылу құбырларына арналған полиуретанды көбік адгезиясы252

Малыбаев Н. С., Карбаев Н. К., Шонтаев Д. С., Оразалиев Б. Т., Сайдалин Е. Н., Қоңқыбаева А. Н., Унайбаев Б. Б.
Өзін-өзі толтырған бетон араластырғышты зерттеудің сұрақтары259

Мендыбаев С. А., Садуақасова Г. Б., Байкенова Н. Б., Анарбаев А. Е.
Павлодар қаласының орталықтандырылған жылумен жабдықтауды автоматтандыру жүйесі266

Мерғалимова А. К., Умирзаков Р. А., Онгар Б., Талипов О. М.
Қазан агрегаттарын жағу және сығылған табиғи газды пайдалана отырып, шаңкөмір алауының тұрақты тұтануын қамтамасыз ету272

Миков А. Г., Камбаров Ж.
Жылу электр станцияларының гидрокүлді жою құбырында арматурасын су-күл ағынынан микросфераны бөлу жөніндегі тәжірибелік қондырғыны қосу тәсілін теориялық негіздеу279

Несмеянова Р. М., Ковтарева С. Ю., Калиев Т. А.
Қазақстан мұнай өндірісін өзгерістіру жөніндегі ездiк және оның процептің рөлі286

Никифоров А. С., Приходько Е. В., Кинжибекова А. К., Карманов А. Е., Шупеева Ш. М.
Жоғары температуралы агрегаттардың қоршаған ортаға жылулық шығындарды талдау299

Оразова Г. О., Кислов А. П., Кибартас В. В.
Темір жол көлігінің қозғалысын басқарудың автоматтандырылған интеллектуалды жүйесі306

Оспанова Н. Н., Аканова А. С., Абильдинова Г. М., Тоқжігітова Н. Қ., Фалихайдар И. А., Найманова Д. С.
GRON технологиясы бойынша қатынау желісін жобалау314

Приходько Е. В., Оришевская Е. В., Беркетов С. С.
Әкімшілік ғимараттардың инфильтрациялық шығындарын талдау327

Саввин Е. В., Муқанова Д. Б., Шорманов С. Т., Куанышбаев С. Т., Ибраева А. Б.
Еңбекті қорғауды басқару жүйесін енгізу тарихы339

Саканов К. Т., Акимханов Н. Ж., Жукенова Г. А., Шагиева Р. А.
Павлодар-Семей автомобиль жолдарындағы қызмет көрсету орындарының жағдайы352

Саканов К. Т., Акимханов Н. Ж., Кудерин М. К., Шагиева Р. А.
Ертіс өзені жағалауының табиғи қосылыстарының тұрақтылығы363

Саканов Д. К., Аспанбетов Д. А.
Жақсартылған цемент-бетон төсемдерінің экономикалық тиімділігі375

Танабаева А. Е., Есбенбетова Ж. Х., Серимбетов Б. А.
Тау-кең өнеркәсібіндегі жұмыскерлердің науқастану тәуекелелін бағалау386

Туркебаева З. Т., Асаинов Г. Ж., Алдиеров С.
Реактивті қуатты компенсациялау шаралары393

Тютебаева Г. М., Хабибуллина А. Ж., Талипов О. М. Көмірмен жұмыс істейтін отандық электр станциялардың экологиялық қауіпсіздігін жақсарту бойынша техникалық шараларды әзірлеу	399
Цыба Ю. А., Алмуратова Н. К., Кузьмин Ю. А. Қатты тұрмыс қалдықтарын жағудан электр энергиясын алудың энергетикалық тиімділік сұрақтары	407
Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Дюсенов К. М., Марковский В. П., Ашимова А. К., Жумадилова А. К., Габдулов А. У., Говорун В. Ф. Карбонды жылытқыштардың тиімділігі	415
Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Алимов Х. А., Юлдашев Б. А., Говорун В. Ф. Өндірістік және кеңсе желілерінің кедергілерінен қорғау әдістері. Желілердің техникалық ерекшеліктері ТТ, TN, TN-C, TN-S, TN-C-S жүйесінде	424
Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Марковский В. П., Ашимова А. К., Жумадилова А. К., Габдулов А. У., Говорун В. Ф. Қорғаныстық ажырату құрылғыларын таңдау үшін адам ағзасына қауіптілік дәрежесі бойынша токтарды бағалау	432
Авторларға арналған ережелер	439
Жарияланым этикасы	445

СОДЕРЖАНИЕ

Абишев К. К., Касенов А. Ж., Сарсембаев Д. Ж., Хамитова Г. Ж. Анализ и перспективы развития транспортной отрасли Казахстана	15
Айткенова Г. Т., Есбенбетова Ж. Х. Оценка и управление профессиональными рисками в Республике Казахстан на примере предприятия воздушного транспорта	22
Аканова А. С., Оспанова Н. Н. Алгоритм PIL используемый в нейронных сетях	28
Акимжанов Т. Б., Герасименко Т. С. Оценка качества электрической энергии в сельских электрических сетях Акмолинской области	37
Алибиев Д. Б., Хакимзянов Г. С., Кажикенова А. Ш., Сетимбетова А. Б. Распространение фронта пламени i по схеме предиктор-корректор	47
Алимгазин А. Ш., Алимгазина С. Г. Перспективы применения энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников энергии на Аксуском заводе ферросплавов – филиале АО «ТНК «Казхром»	54
Арынгазин К. Ш., Карпов В. И., Акишев К. М. Анализ существующих зарубежных и отечественных разработок применения имитационных моделей и методов математической статистики в отрасли строительства	64
Барукин А. С., Калтаев А. Г., Клецель М. Я. Совершенствование методики расчета надежности герконовых защит	75
Баубек А. А., Жумагулов М. Г., Картджанов Н. Р. Испытания вихревого горелочного устройства	83
Болатова А. Б., Хамитова Г. Ж., Абишев К. К., Касенов А. Ж., Хусан Б. Параметры надежности конструкции подземных сооружений при обработке месторождения полезных ископаемых нисходящей слоевой системой	90
Герасименко Т. С. Комплекс мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях и трансформаторах напряжением 10/0,4 кВ	99
Глазырина Н. С., Фураева И. И., Нью В. В. Разработка аппаратно-программного комплекса для беспочвенного выращивания растений	108
Глазырина Н. С., Фураева И. И., Омаров Д. К. Разработка мобильного информационного приложения в соответствии со стандартом WCAG 2.0	119
Демьяненко А. В., Горькаева Е. Ю. Цифровизация электроэнергетической отрасли Казахстана. Концепция smart grid: предпосылки, перспективы, сложности	129

Демин В. Ф., Шонтаев Д. С., Демина Т. В., Балгабеков Т. К., Унайбаев Б. Б., Шонтаев А. Д., Сайдалин Е. Н., Ким Е. Е. Напряженно-деформированное состояние пород вокруг выработок	139
Дробинский А. В., Исупова Н. А., Саринова А. Ж. Ветроэнергетическая установка с эффективным использованием энергии ветра	147
Дюсенов К. М., Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Говорун В. Ф., Бексултанов А. Д. Экономичность применения инверторных кондиционеров для климатических условий Казахстана	156
Жунусов А. К., Быков П. О., Рыспаев Т., Касимгазин А. Д., Тоқтар Д. Разработка энергосберегающей технологии производства стальных помольных шаров V группы твердости в условиях ПФ ТОО «Кастинг»	167
Зигангирова 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	173
Зигангирова Е. В., Кибартене Ю. В., Кибартас В. В., Кислов А. П., Мельников В. Ю., Мухамедов Б. А., Умурзакова А. Д. Возможности применения новых энергетических компонентов и технологий для энергоэффективной модернизации энергосистем	184
Исаева Ж. Р., Шоланов К. С. Управляемая поплавокная волновая электростанция	195
Исупова Н. А., Қамариден С. Қ. Разработка автоматизированной системы учета электроэнергии	207
Камбаров Ж., Миков А. Г., Серьянова А. С., Бекмагамбетова Б. М. Технико-экономическое обоснование применения стационарных установок по выделению микросферы из водно-зольного потока ТЭС	213
Каспакбаев К. С., Устемирова Р. С., Карпов А. П. Станция достық в роли логистического оператора международных перевозок	219
Кибартене Ю. В., Мельников В. Ю., Кибартас В. В. Устройство контроля частоты вращения асинхронного электродвигателя с функцией самодиагностики	225
Клецель М. Я., Машрапов Б. Е., Исабеков Д. Д. Схемы максимальной токовой защиты на герконах с диагностикой неисправности	234
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В., Тюлюгенова Л. Б., Говорун В. Ф., Олейник С. И. Вопросы безопасности систем постоянного тока городского государственного транспорта	241
Калмагамбетова А. Ш., Богоявленская Т. А. Эффект адгезии полиуретановой теплоизоляции для сетей горячего водоснабжения	252

Малыбаев Н. С., Карбаев Н. К., Шонтаев Д. С., Оразалиев Б. Т., Сайдалин Е. Н., Қоңқыбаева А. Н., Унайбаев Б. Б. Вопросы исследования колебаний самоходного бетоносмесителя	259
Мендыбаев С. А., Садуакасова Г. Б., Байкенова Н. Б., Анарбаев А. Е. Система автоматизации централизованного теплоснабжения города Павлодара	266
Мергалимова А. К., Умирзаков Р. А., Онгар Б., Талипов О. М. Растопка котлоагрегатов и обеспечение устойчивого воспламенения пылеугольного факела с использованием сжатого природного газа	272
Миков А. Г., Камбаров Ж. Теоретическое обоснование способа подключения опытной установки по выделению микросферы из водно-зольного потока без арматуры на трубе гидрозолоудаления тепловых электростанций	279
Несмеянова Р. М., Ковтарева С. Ю., Калиев Т. А. Роль процесса изомеризации и его перспективы для казахстанской нефтепереработки	286
Никифоров А. С., Приходько Е. В., Кинжибекова А. К., Карманов А. Е., Шупеева Ш. М. Анализ тепловых потерь в окружающую среду высокотемпературными агрегатами	299
Оразова Г. О., Кислов А. П., Кибартас В. В. Автоматизированная интеллектуальная система управления движением железнодорожным транспортом	306
Оспанова Н. Н., Аканова А. С., Абильдинова Г. М., Токжигитова Н. К., Фалихайдар И. А., Найманова Д. С. Проектирование сети доступа по технологии GPON	314
Приходько Е. В., Оришевская Е. В., Беркетов С. С. Анализ инфильтрационных потерь административных зданий	327
Саввин Е. В., Муканова Д. Б., Шорманов С. Т., Куанышбаев С. Т., Ибраева А. Б. Актуальность исследования истории внедрения системы управления охраной труда	337
Саканов К. Т., Акимханов Н. Ж., Жукенова Г. А., Шагиева Р. А. Состояние придорожного сервиса автомобильной дороги Павлодар- Семей	352
Саканов К. Т., Акимханов Н. Ж., Кудерин М. К., Шагиева Р. А. Устойчивость откосов природного сложения берега р. Иртыш	363
Саканов Д. К., Аспанбетов Д. А. Экономическая эффективность улучшенных цементобетонных покрытий	375
Танабаева А. Е., Есбенбетова Ж. Х., Серимбетов Б. А. Оценка риска заболеваемости работников в горнодобывающей отрасли	386
Туркебаева З. Т., Асаинов Г. Ж., Алдиеров С. Методы компенсации реактивной мощности	393

Тютебаева Г. М., Хабибуллина А. Ж., Талипов О. М. Разработка технических мероприятий по повышению экологической безопасности отечественных угольных ТЭС	399
Цыба Ю. А., Алмуратова Н. К., Кузьмин Ю. А. К вопросу энергетической эффективности от сжигания твёрдых бытовых отходов с выработкой электроэнергии	407
Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Дюсенов К. М., Марковский В. П., Ашимова А. К., Жумадилова А. К., Габдулов А. У., Говорун В. Ф. Эффективность карбоновых обогревателей	415
Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Алимов Х. А., Юлдашев Б. А., Говорун В. Ф. Методы защиты от помех офисных и промышленных сетей. Технические особенности сетей, выполненных в системе ТТ, TN, TN-C, TN-S, TN-C-S	424
Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Марковский В. П., Ашимова А. К., Жумадилова А. К., Габдулов А. У., Говорун В. Ф. Оценка токов по степени опасности воздействия на организм человека для выбора устройств защитного отключения	432
 Правила для авторов	439
 Публикационная этика	445

CONTENT

Abishev K. K., Kasenov A. Zh., Sarsembaev D. Zh., Khamitova G. Zh. Analysis and prospects of the transport industry development in Kazakhstan	15
Aitkenova G. T., Esbenbetova Zh. H. Assessment and management of professional risks in the Republic of Kazakhstan on the example of the air transport enterprise	22
Akanova A. S., Ospanova N. N. PIL algorithm used in neural networks	28
Akimzhanov T., Gerassimenko T. Assessment of the quality of electric power in rural electric networks in Akmola region	37
Alibiyev D. B., Khakimzyanov G. S., Kazhikenova A. Sh., Seitimbetova A. B. Spreading of flame front I by the predictor-corrector scheme	47
Alimgazin A. Sh., Alimgazina S. G. Prospects of application of the energy-saving heat pump technologies using alternative energy sources at the Aksu Ferroalloy Plant – a branch of «Kazchrome TNK» JSC	54
Aringazin K., Karpov V., Akishev K. M. Analysis of existing foreign and domestic developments in the application of simulation models and methods of mathematical statistics in the construction industry	64
Barukin A., Kaltaev A., Kletsel M. Improving the methodology for calculating the reliability of reed switches protections	75
Baubek A. A., Zhumagulov M. G., Kartjanov N. R. Testing of the vortex burner device	83
Bolatova A. B., Khamitova G. Zh., Abishev K. K., Kasenov A. Zh., Husan B. Parameters of reliability of a construction design at working off a deposit of minerals by the descending layer system	90
Gerassimenko T. S. The complex of measures for decrease of electric power losses in electrical networks and transformers with voltage of 10/0,4 kV	99
Glazyrina N. S., Furayeva I. I., Nu V. V. Development of hardware and software complex for environmental growing of plants	108
Glazyrina N. S., Furayeva I. I., Omarov D. K. Developing a mobile information application in accordance with WCAG 2.0 standard	119

Demyanenko A. V., Gorkayeva Y. Y.
Digitalization of electric power industry in Kazakhstan.
Smart Grid concept: preconditions, prospects, difficulties129

Demin V. F., Shontayev D. S., Demina T. V., Balgabekov T. K., Unaibaev B. B., Shontayev A. D., Saidalin E. N., Kim E. E.
Stress-strain state of rocks around openings139

Drobinsky A. V., Isupova N. A., Sarinova A. Zh.
Wind power plant with effective use of wind energy147

Dyusenov K. M., Shapkenov B. K., Kaydar M. B., Kaydar A. B., Kislov A. P., Markovsky V. P., Govorun V. F., Beksultanov A. D.
Efficiency of application of inverter conditioners for climatic conditions of Kazakhstan156

Zhunusov A. K., Bykov P. O., Ryspayev T., Kassimgazinov A. D., Toktar D.
Development of energy saving technology of production steel grinding balls with V hardness group in the PB LLP «Casting» conditions167

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 technologies173

Zigangirova Ye. V., Kibartene Yu. V., Kibartas V. V., Kislov A. P., Melnikov V. Yu., Mukhamedov B. A., Umurzakova A. D.
Possibilities of application of new energy components and technologies for energy efficient modernization of power systems184

Issayeva Zh. R., Sholanov K. S.
Controlled float wave power station195

Isupova N. A., Kamariden S. K.
Development of an automated energy metering system207

Kambarov J., Mikov A. G., Seryanova A. S., Bekmagambetova B. M.
Feasibility study of application fixed installations on the allocation of microspheres from water-ash flow thermal power plant213

Kaspakbaev K. S., Ustemirova R. S., Karpov A. P.
Dostyk station as a logistics operator of international transportation219

Kibartene Yu. V., Melnikov V. Yu., Kibartas V. V.
The control device of frequency of rotation of asynchronous motor with self-diagnostic function225

Kletsel M. Ya., Mashrapov B. E., Issabekov D. D.
Overcurrent protection circuits on reed switches with fault detection234

Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Tyulyugenova L. B., Govorun V. F., Oleynik S. I.
The security issues of urban DC public transport systems241

Kalmagambetova A. Sh., Bogoyavlenskaya T. A.
The effect of adhesion of rigid pur in district heat pipe252

Malybaev N. S., Karbayev N. K., Shontayev D. S., Orzaliev B. T., Saidalin E. N., Kongkybayeva A. N., Unabayev B. B.
Questions of research of vibrations of the self-propelled concrete mixer259

Mendybaev S. A., Saduakasova G. B., Baykenova N. B., Anarbaev A. E.
Automation system of district heating of Pavlodar city266

Mergalimova A. K., Umirzakov R. A., Ongar B., Talipov O. M.
Kindling of boilers and ensuring stable ignition of pulverized coal flares using compressed natural gas272

Mikov A. G., Kambarov J.
Theoretical substantiation of the connection method of the experimental installation for isolating the microsphere from water-ash flow without the fittings on the pipe of water ash removal of heat power plants279

Nesmeyanova R. M., Kovtareva S. Y., Kaliyev T. A.
Role of the isomerization process and its prospects for Kazakhstan oil refining286

Nikiforov A. S., Prikhod'ko E. V., Kinzhibekova A. K., Karmanov A. E., Shupeeva S. M.
Analysis of thermal losses into the environment by high-temperature units299

Orazova G. O., Kislov A. P., Kibartas V. V.
Automated intelligent traffic control system for road transport306

Ospanova N. N., Akanova A. S., Abildinova G. M., Tokzhigitova N. K., Galihaydar I. A., Naimanova D. S.
GPON access network design314

Prihod'ko E. V., Orishevskaya Y. V., Berketov S. S.
Analysis of infiltration losses in administrative buildings327

Savvin Ye. V., Mukanova D. B., Shormanov S. T., Kuanyshbaev S. T., Ibrayeva A. B.
The relevance of studying the history of introduction of occupational health and safety management systems337

Sakanov K. T., Akimkhanov N. Zh., Zhukenova G. A., Shagiyeva R. A.
Condition of roadside service of Pavlodar-Semey highway352

Sakanov K. T., Akimkhanov N. Zh., Kuderin M. K., Shagiyeva R. A.
Stability of slopes of natural addition of the Irtys river bank363

Sakanov D. K., Aspanbetov D. A.
Economic efficiency of improved cement concrete pavements375

Tanabayeva A. E., Esbenbetova Zh. Kh., Serimbetov B. A.
Assessment of the risk of morbidity of employees in the mining industry386

Turkebaeva Z., Assainov G., Aldierov S.
Reactive power compensation methods393

Tyutebayeva G. M., Habibullina A. G., Talipov O. M.
Development of technical measures for improving the environmental safety of nature coal-fired power plants399

Tzyba Yu. A., Almuratova N. K., Kuzmin Yu. A.
To the question of energy efficiency from burning of solid domestic waste with electricity production407

Shapkenov B. K., Kaydar M. B., Kaydar A. B., Dyusenov K. M., Markovsky V. P., Ashimova A. K., Zhumadirova A. K., Gabdulov A. U., Govorun V. F. Efficiency of carbon heaters	415
Shapkenov B. K., Kaydar M. B., Kaydar A. B., Markovsky V. P., Kislov A. P., Alimov H. A., Yuldashev B. A., Govorun V. F. Methods of protection against interference of office and industrial networks. Technical features of networks performed in TT, TN, TN-C, TN-S, TN-C-S system	424
Shapkenov B. K., Kaydar M. B., Kaydar A. B., Markovsky V. P., Ashimova A. K., Zhumadirova A. K., Gabdulov A. U., Govorun V. F. Assessment of current severity on the human body for selection of protective devices	432
Rules for authors	439
Publication ethics	445

ГРНТИ 73.01.11

**К. К. Абишев¹, А. Ж. Касенов², Д. Ж. Сарсембаев³,
Г. Ж. Хамитова⁴**

¹к.т.н., профессор, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., доцент, Горно-технологический институт, Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган, 100600, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., доцент, Горно-технологический институт, Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган, 100600, Республика Казахстан
e-mail: ¹a.kairatolla@mail.ru

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ КАЗАХСТАНА

Транспортная система является важнейшей составной частью производственно-социальной инфраструктуры государства, основой обеспечения внешнеэкономических связей Казахстана и ее интеграции в глобальную экономическую систему, гарантом экономической независимости и территориальной целостности страны.

Ключевые слова: анализ, перспективы, развитие, инфраструктура, транспорт.

ВВЕДЕНИЕ

Географические особенности Казахстана определяют приоритетную роль транспорта в развитии конкурентных преимуществ страны с точки зрения реализации ее транзитного потенциала. Доступ к безопасным и качественным транспортным услугам определяет эффективность работы и развития производства, бизнеса и социальной сферы [1].

Согласно Общему классификатору видов экономической деятельности (ОКЭД-2019) [2] отрасль «Транспорт и складирование» относится к секции «Н» и состоит из следующих компонентов:

– сухопутный транспорт и транспортирование по трубопроводам: транспортировка грузов и пассажирские перевозки на автомобилях;

транспортировка грузов и пассажирские перевозки по железной дороге; транспортировка грузов по трубопроводам;

– водный транспорт: грузовые перевозки и пассажирские перевозки на морском и прибрежном транспорте; грузовые перевозки и пассажирские перевозки на речном транспорте;

– воздушный транспорт: грузовые перевозки и пассажирские по воздуху; грузовые перевозки и пассажирские в космическом пространстве;

– складское хозяйство и вспомогательная транспортная деятельность: складирование и хранение груза; вспомогательные виды деятельности при транспортировке (погрузочно-разгрузочные работы до или после транспортировки, или между транспортными сегментами, эксплуатация и техобслуживание всех транспортных средств);

– почтовая и курьерская деятельность: почтовые услуги в соответствии с обязательствами по предоставлению услуг в зоне всеобщего охвата; прочая почтовая и курьерская деятельность.

Транспортному комплексу Республики, представленному железнодорожным, автомобильным, внутренним водным, воздушным, трубопроводным видами транспорта, автомобильными и железными дорогами, судоходными путями, отводится важнейшая роль в осуществлении межхозяйственных и межгосударственных связей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Современная система транспортного сообщения Казахстана обеспечивает надлежащую и бесперебойную работу всех отраслей экономики страны. Огромная территория, низкая плотность населения и значительные расстояния между населенными пунктами предъявляют свои особые требования к развитию всей транспортной отрасли Казахстана.

Согласно данным Комитета по статистике при Министерстве национальной экономики Республики Казахстан (КС МНЭ РК) за 2016 год [3], доля транспортной отрасли во внутреннем валовом продукте республики составила 7,1 %. Однако за последние пять лет ВДС отрасли выросла на 20 % (рисунок 1).

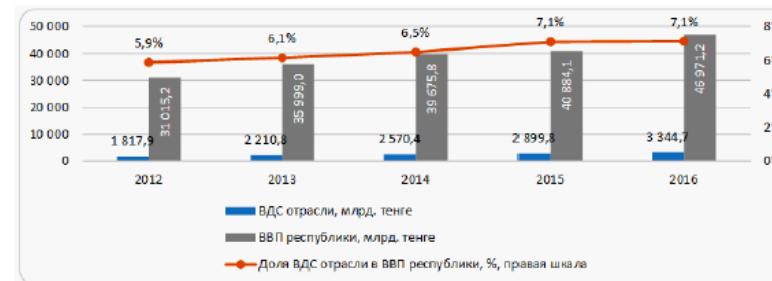


Рисунок 1 – Доля транспортной отрасли в ВВП Республики Казахстан, 2012-2016 гг.

Транспортная сеть общего пользования Казахстана включает 16,1 тыс. км железных дорог, 6,4 тыс. км автомобильных дорог, 4,2 тыс. км внутренних водных судоходных путей, 253,1 км троллейбусных, трамвайных и метрополитенных путей, 23,3 тыс. км магистральных трубопроводов. Общая протяженность путей сообщения общего пользования без учета длины магистральных трубопроводов составила 116,9 тыс. км, с учетом длины магистральных трубопроводов – 140,1 тыс. км [3].

Каждый вид транспорта имеет свои существенные достоинства, которые делают его предпочтительнее другого вида транспорта, и характеризуется типами транспортных средств, путями сообщения, сигнализацией и управлением, транспортными узлами, энергетическим и техническим обеспечением.

Железнодорожный транспорт. Железнодорожный транспорт является одним из ключевых секторов экономики Казахстана, так как обеспечивает его внутренние и внешние транспортно-экономические связи, и потребности населения в перевозках. Деятельность железнодорожного транспорта как части единой транспортной системы страны способствует нормальному функционированию всех отраслей общественного производства, социальному и экономическому развитию и укреплению обороноспособности государства, международному сотрудничеству Казахстана [4].

Национальным транспортно-логистическим холдингом в области железнодорожного транспорта является АО «Национальная Компания «Қазақстан темір жолы» – акционерное общество со 100-процентным участием государства в уставном капитале, которое занимает 7-е место в мире по объему грузоперевозок после США, Китая, Индии, стран Европейского союза, России и Украины. Железнодорожный транспорт на данный момент обеспечивает 58,1 % всего грузооборота и 10,8 % пассажирооборота в стране. Реализован проект «Строительство железнодорожной линии Шар – Усть-Каменогорск на

концессионной основе», протяженностью 153 км. Объем перевозок грузов по линии Шар – Усть-Каменогорск составляет более 9 млн. тонн грузов в год. Планируется реализация проекта «Строительство железнодорожной линии в обход станции Алматы протяженностью 73,2 км» [5].

Вместе с положительными тенденциями грузооборота сохраняется убыточность тарифов на такие массовые виды грузов, как уголь, железная руда, сельхозпродукция (перевозки этих грузов являются основными и в структуре перевозок занимают около 50 %). Не в полной мере субсидируются из республиканского бюджета убытки пассажирских перевозчиков, курсирующих на социально-значимых маршрутах (порядка 40 %), не решена проблема с обновлением парка пассажирских вагонов [6, 7].

Сектор железнодорожных перевозок нуждается в решении следующих задач [5]:

- сохранение единой государственной транспортной инфраструктуры при одновременном создании условий для активного привлечения частного сектора в развитие конкурентоспособных секторов транспортной системы;
- создание благоприятных предпосылок для повышения конкурентоспособности казахстанских транзитных путей;
- активное использование транзитного потенциала Республики Казахстан;
- выработка механизмов антимонопольного регулирования процессов слияния предприятий, действующих в потенциально конкурентной среде с предприятиями естественно-монопольного сектора;
- обеспечение финансовой прозрачности всех видов хозяйственной деятельности транспортных предприятий и транспортного комплекса.

Автомобильный транспорт. На первый квартал 2017 года в Казахстане было зарегистрировано более 4,4 млн. транспортных средств, из которых более 3,8 млн. – легковые автомобили, более 400 тысяч – грузовые. Стимулирование процесса регионального развития в значительной степени зависит от наличия и качества инфраструктуры, важной составляющей которой является сеть автодорог. Общая протяженность автомобильных дорог страны составляет 128,3 тыс. км, из которых более 97,4 тыс. км автодороги общего пользования [8].

Следствием несбалансированного роста автопарка и финансирования отрасли стало отставание дорожной инфраструктуры от потребностей общества, что ограничивает реализацию транзитного потенциала Казахстана в качестве логистического центра между европейским и азиатско-тихоокеанским глобальными экономическими кластерами. Строительство и реконструкция автодорог международного класса выступает необходимым условием успешной интеграции Казахстана в мировое экономическое пространство [1].

В статье Милишихина Д. [8] отмечается ежегодный рост перевозок грузов автомобильным транспортом, который за период с 2012 по 2016 годы составил в среднем 4 %. В 2016 году в Казахстане было перевезено 3 180,7 млн. тонн грузов. Однако на фоне роста перевозок грузов в целом по республике международные перевозки грузов (без учета объемов по ЕАЭС) в последние годы демонстрируют существенный спад. Согласно данным Комитета транспорта МИР РК, падение составило в 2014 году – 8,5 %, в 2015 – 25,9 % и в 2016 – 23,8 %. Основным фактором снижения международных перевозок грузов является «санкционная» политика, последствием которой стал тотальный контроль со стороны таможенных органов на внешнем периметре границ ЕАЭС с российской стороны.

Новые требования к перевозкам грузов по таможенной территории ЕАЭС стали отправной точкой усовершенствования системы контроля над транзитными грузами. На этом фоне за 2017 год общий объем международных автомобильных перевозок грузов по Казахстану увеличился на 13 % по сравнению с 2016 годом. При этом объемы перевозок, выполняемые операторами третьих стран на Казахстан, снизились на 5,3 %.

Увеличились объемы перевозок, выполняемые на условиях Международной Конвенции TIR, на 11,3 % против 7,7 % в 2016 году. Удельный вес казахстанских операторов в общем объеме международных автомобильных перевозок увеличился с 46,4 % до 52,6 %. Объемы перевозок в страны Центральной Азии, выполняемые отечественными операторами, увеличились на 12,5 %. Общий объем транзитных перевозок автомобильным транспортом через Казахстан увеличился на 46,5 % и достиг 2,1 млн. тонн.

Несмотря на сбалансированные показатели, автотранспортный сектор экономики требует решения таких вопросов, как:

- отечественное производство автотранспортных средств. Импорт автомобилей в Казахстан превышает объемы собственного производства в среднем в четыре раза;
- обновление автобусного парка. Из 12 тысяч автобусов более 60 % имеют физический износ; при необходимых 20 % обновление автопарка составляет ежегодно лишь 3–5 %;
- рост цен на горюче-смазочные материалы, запчасти, техническое обслуживание и др.;
- субсидирование. Из 16 регионов перевозки субсидируются лишь в семи (Алматы, Алматинская, Акмолинская, Восточно-Казахстанская, Павлодарская, Северо-Казахстанская, Кызылординская области), и то лишь частично;
- снижение утилизационного сбора и сбора за первичную регистрацию для отдельной категории АТС, предназначенных для международных перевозок грузов и автобусных перевозок.

В 2014 году по регионам было приобретено 1109 автобусов, в 2016 – всего лишь 524. Снижение ставки сбора за первичную государственную регистрацию для грузовых автомобилей сроком эксплуатации от 5 до 7 лет для международных автомобильных перевозок, ввозимых из третьих стран, до 400 МРП, позволило бы казахстанским перевозчикам увеличить парк автотранспортных средств ежегодно на 500–600 единиц.

ВЫВОДЫ

На сегодня ресурсы казахстанских перевозчиков не в полной мере позволяют использовать существующую транспортную инфраструктуру [8]. И в случае, если не будут предприняты соответствующие меры в данном направлении, Казахстан рискует оказаться в ситуации, когда создаваемая инфраструктура будет работать и приносить финансовую выгоду исключительно иностранным пользователям ввиду нехватки ресурсов у отечественных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Рахимбердинова, М. У.** Анализ современного состояния транспортной инфраструктуры Республики Казахстан // Многогранность оценки бизнеса: проблемы и перспективы в условиях формирования наукоемкой экономики – Алматы, КазЭУ им. Т. Рыскулова, 16.05.2014 г. – [Электронный ресурс]. – <https://articlekz.com/article/9206>.

2 Коды ОКЭД РК 2019 с расшифровкой (ОКЭД-2019). Общий классификатор видов экономической деятельности. ГК РК 03-2007. Дата введения: 01.01.2009 г. по состоянию на 2019 г. – [Электронный ресурс]. – https://statinfo.kz/oked-rk.html#razdel_H.

3 Анализ транспортной отрасли Республики Казахстан за 2016 год. – https://kase.kz/files/ra_rfca_reports/rfca_automotive_industry_2016.pdf.

4 Тезисы о вопросах ГЧП. – [Электронный ресурс]. – <http://miid.gov.kz/ru/pages/tezisy-o-voprosah-gchp>.

5 **Арыстанов, Ж. Т.** Развитие железнодорожной отрасли в Казахстане – [Электронный ресурс]. – <https://articlekz.com/article/21265>.

6 **Исингарин, Н. К.** Железные дороги Казахстана: в 4т. – Алматы, 2006. – Т1.

7 **Нурғалиева, Г. К.** Развитие транспортного комплекса РК : повышение казахстанской составляющей // Вестник Казахского национального университета имени аль-Фараби. Том 91, № 3 (2012), – С. 17–21 – [Электронный ресурс]. – <https://articlekz.com/article/8562>.

8 **Милишихин, Д.** Автомобильный транспорт Казахстана: точки роста и сдерживающие факторы. – [Электронный ресурс]. – <http://transexpress.kz/ru/magazines.php?id=841&edition=25>.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

К. К. Абишев¹, А. Ж. Касенов², Д. Ж. Сарсембаев³, Г. Ж. Хамитова⁴

Қазақстанның көлік саласын дамыту перспективалары мен талдауы

^{1,2}Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

^{3,4}Тау-кен технологиялық институты,
Ө. А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті,
Жезқазған қ., 100600, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

K. K. Abishev¹, A. Zh. Kasenov², D. Zh. Sarsembaev³, G. Zh. Khamitova⁴

Analysis and prospects of the transport industry development in Kazakhstan

^{1,2}Faculty of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}Institute of Mining and Technology,
Zhezkazgan Baikonurov University,
Zhezkazgan, 100600, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Көлік мемлекеттің өндірістік-әлеуметтік инфрақұрылымының маңызды құрамдас бөлігі, елдің экономикалық тәуелсіздігі мен аумақтық тұтастығының кепілі болып табылады. Бұл мақалада Қазақстанның көлік саласының темір жол және автомобиль секторларының жай-күйіне талдау жасалды, ағымдағы жағдай сипатталған және мемлекеттің қатысуымен шешуді талап ететін негізгі проблемалар қаралды.

Transport is an important part of the production and social infrastructure of the state, the guarantor of economic independence and territorial integrity of the country. This article analyzes the state of the railway and automobile sectors of the transport industry in Kazakhstan, describes the current situation and considers the main problems that require solutions with the participation of the state.

Г. Т. Айткенова¹, Ж. Х. Есбенбетова²

¹магистр естественных наук, ст.науч.сотр., Лаборатория исследования профессиональных рисков, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²магистр естественных наук, руководитель, Лаборатория исследования профессиональных рисков, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан
e-mail: gulzhanat_89@mail.ru

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

В данной работе представлены результаты оценки профессиональных рисков на примере одного из предприятий транспортной отрасли, которое относится к компоненту воздушного транспорта. Оценка проведена на основе методики расчета индивидуального показателя степени профессионального риска, разработанной Институтом. Полученные результаты могут использоваться на отечественных предприятиях независимо от вида экономической деятельности предприятия, и ожидается положительный эффект в регулировании трудовых отношений.

Ключевые слова: безопасность и охрана труда, оценка профессионального риска, степень риска.

ВВЕДЕНИЕ

Принципами трудового законодательства Республики Казахстан являются обеспечение права на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены, приоритет жизни и здоровья работника и государственное регулирование вопросов безопасности и охраны труда.

Согласно Трудовому Кодексу, уполномоченный государственный орган по труду организует мониторинг и оценку рисков в сфере безопасности и охраны труда, а работодатель, в свою очередь, должен принимать меры по

предотвращению рисков на рабочих местах и в технологических процессах и проводить профилактические работы с учетом производственного и научно-технического прогресса [1].

В настоящее время существуют различные методики оценки профессионального риска, направленные на выявление опасностей и улучшение условий труда, которые в свою очередь позволяют снизить производственный травматизм. Однако на предприятиях республики данные методики использовать сложно, из-за несоответствия отечественному законодательству.

В этой связи, Институтом РГКП «РНИИОТ МТСЗН РК» в рамках научно-технической программы на тему «Разработка научно-методических основ обеспечения безопасного труда в приоритетных секторах экономики Республики Казахстан» разработана методика расчета индивидуального показателя степени профессионального риска (далее – Методика) [2]. В 2019 году данная методика была апробирована более чем на 15 предприятиях различных отраслей, форм собственности и управления.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящей статье представлены результаты апробации методики на примере одного из предприятий, основными видами деятельности которого являются предоставление комплекса аэродромного и аэропортового оборудования и услуг авиационным перевозчикам для обслуживания воздушных судов; коммерческое и техническое обслуживание воздушных судов; оказание услуг по авиационной безопасности и аварийно-спасательное и противопожарное обеспечение полетов, объектов аэропорта.

Предприятие относится к субъектам среднего предпринимательства. Общая численность работников по штатному расписанию составляет 168 человек. Профессионально-квалификационная структура предприятия состоит из 72 профессий. От общей численности работников 74 % занимают работники основного производственного персонала, 8 % административный персонал и 18 % вспомогательный производственный персонал.

Оценка профессионального риска проводилась путем расчета индивидуального профессионального риска для каждой профессий на основании 5-ти показателей: вредности условий труда, травмоопасности трудового процесса, безопасности производственного оборудования, обеспеченности средствами индивидуальной защиты и риска заболеваемости. По каждому оцененному показателю устанавливались градации профессиональных рисков по 5 степеням: 1 степень – допустимый риск; 2 степень – низкий риск; 3 степень – средний риск; 4 степень – высокий риск; 5 степень – очень высокий риск.

Таким образом, по результатам оценки профессионального риска по показателям установлено следующее (Таблица 1).

Таблица 1 – Результаты оценки профессионального риска по показателям

№ п/п	Показатели	Профессиональный риск			
		1-степень	2-степень	3-степень	4-степень
1	Оценка вредности условий труда	56 профессий (77,7 %)	11 профессий (15,3 %);	5 профессий (7 %).	
2	Оценка травмопасности условий труда	8 профессий (11 %)	56 профессий (78 %);	8 профессий (11 %).	
3	Оценка безопасности производственного оборудования	57 профессий (79 %)	13 профессий (18 %);	2 профессий (3 %).	
4	Оценка обеспеченности СИЗ	29 профессий (40 %)	43 профессий (60 %);		
5	Оценка риска заболеваемости	49 профессий (68 %)	4 профессий (5,5 %)	15 профессий (21 %);	4 профессий (5,5 %).
	<i>Индивидуальный профессиональный риск</i>	<i>37 профессий (51,4 %)</i>	<i>32 профессий (44,4 %)</i>	<i>3 профессий (4,2 %)</i>	

Оценка вредности условий труда 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 в соответствии с результатами замеров, проведенных сотрудниками института, с помощью приборов.

Вредность условий труда оценивалась по следующим производственным факторам: химического воздействия (керосин, бензин, дизельное топливо, диоксид азота, диоксид серы); физического воздействия (температура воздуха, скорость движения воздуха, относительная влажность воздуха, ГНС-индекс, давление, тепловое излучение, неионизирующие электромагнитные поля и излучения, шум, недостаточная освещенность рабочей зоны, аэрозольный состав воздуха); психофизиологического воздействия (тяжесть и напряженность трудового процесса).

По результатам оценки вредности условий труда 3 степень риска работникам установлена работникам 5-ти профессий: авиатехник ГСМ, водитель спецтехники, машинист-сварщик, машинист-слесарь, тракторист.

Оценка травмопасности условий труда проведена в соответствии с требованиями нормативных документов, определяющих содержание трудового процесса, функциональные обязанности, виды выполняемых работ.

По результатам оценки травмоопасности условий труда 3 степень риска установлена работникам 8 профессий (инженер ЭСТОП, светотехник-водитель, электромонтер, авиатехник, механик, приемосдатчик груза и багажа, машинист-сварщик, машинист-слесарь).

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.

В связи с невыполнением нормативных требований от опасного воздействия производственного оборудования или его частей, используемых в технологическом (производственном) процессе, с учетом оценки тяжести последствий травмирования, по результатам оценки безопасности производственного оборудования, установлена 3 степень риска машинисту-сварщику и машинисту-слесарю.

Оценка обеспеченности средствами индивидуальной защиты (СИЗ) проведена для выявления соответствия выдачи СИЗ установленным нормам и их наличия нормативно-технической документации, а также наличия сертификатов качества на используемые СИЗ у работников профессий, которым полагается СИЗ.

По результатам оценки обеспеченности средствами индивидуальной защиты профессиям, которым полагаются СИЗы, была установлена 2 степень риска, так как соблюдены вышеуказанные требования.

Оценка риска заболеваемости была проведена для выявления профессий, характеризующихся наличием функциональных изменений в организме работников под воздействием вредных и/или опасных производственных факторов.

Было проанализировано 109 листов нетрудоспособности за период 2016–2018 гг. При этом, временная утрата трудоспособности зарегистрирована у работников 23 профессий, суммарная продолжительность дней нетрудоспособности вследствие заболевания работников предприятия составила 1586 дней.

По результатам оценки риска заболеваемости, авиатехнику ИАС, инспекторам (13 видов), машинисту-слесарю установлена 3 степень риска, так как продолжительность временной утраты трудоспособности (далее – ВУТ) в среднем составила от 14 до 21 дня в год.

4 степень риска (высокий) установлена светотехнику-водителю (ВУТ составила в среднем 27 дней), электромонтеру (ВУТ составила в среднем 23 дня), начальнику службы ГСМ (ВУТ составила в среднем 132 дня), авиатехнику ГСМ (ВУТ за год составила 140 дней).

На основании вышеизложенного, комплексная числовая характеристика оценки степени индивидуального профессионального риска работников 72 профессий показала, что допустимый риск установлен работникам 37 профессий (51,4 %); низкий риск установлен работникам 32 профессий (44,4 %); средний риск установлен работникам 3 профессий (4,2 %). Профессиональные риски 4 (высокий) и 5 (очень высокий) степени не установлены.

ВЫВОДЫ

По результатам исследований, в целом по предприятию присвоена 2 степень профессионального риска (низкий риск), которая предполагает проведение корректирующих мер, не требующих значительных затрат.

Следует отметить, что авиатехнику ГСМ, машинисту-сварщику и машинисту-слесарю, у которых индивидуальный профессиональный риск средний (3 степень), требуется проведение корректирующих мер по снижению риска в течение 6 месяцев после оценки риска.

Кроме того, для наиболее эффективной оценки рисков вредности условий труда, в первую очередь, необходима качественная аттестация производственных объектов по условиям труда.

Согласно выявленным рискам, предприятию было рекомендовано разработать специальные мероприятия для устранения рисков, которые позволили бы значительно сократить материальные расходы предприятия и привели к значительной экономии. Материальные средства, сэкономленные в результате мероприятий, по снижению рисков, предприятие может направить на улучшение условий труда, снабжение рабочих мест модернизированным оборудованием, автоматизации трудового процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трудовой Кодекс РК от 23 ноября 2015 года № 414-V ЗРК.

2 **Бисакаев, С. Г., Абикенова, Ш. К., Есбенбетова, Ж. Х.** Методические рекомендации по внедрению системы управления профессиональными рисками на предприятии / Бисакаев С. Г., Абикенова Ш. К., Есбенбетова Ж. Х. – Астана : РГКП «РНИИОТ МТЗСН РК», 2017. – С. 58.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Г. Т. Айткенова¹, Ж. Х. Есбенбетова²

Әуе көлігі кәсіпорнының мысалында Қазақстан Республикасындағы кәсіби тәуекелдерін бағалау және басқару

^{1,2}«Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты РМҚК», Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы. Материал 29.11.19 баспаға түсті.

G. T. Aitkenova¹, Zh. H. Esbenbetova²

Assessment and management of professional risks in the Republic of Kazakhstan on the example of the air transport enterprise

^{1,2}«Republican science research institute on labor protection of MLSPP of RK» RSE, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan. Material received on 29.11.19.

Бұл жұмыста әуе көлігінің құрамдас бөлігіне қатысты көлік индустриясы кәсіпорындарының біреуінің мысалында өндірістік тәуекелдерді бағалау нәтижелері келтірілген. Бағалау Институт әзірлеген кәсіби тәуекел дәрежесінің жеке көрсеткіштерін есептеу әдістемесінің негізінде жүргізілді. Нәтижелерді кәсіпорының экономикалық қызмет түріне қарамастан отандық кәсіпорындарда қолдануға болады, және еңбек қатынастарын реттеуде оң нәтиже күтіледі.

This paper presents the results of an assessment of occupational risks associated with air transport. The assessment was carried out on the basis of the methodology for calculating an individual indicator of the degree of professional risk developed by the Institute. The results can be used at national enterprises, and a positive effect is expected in the regulation of labor relations.

А. С. 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., 140008, Қазақстан Республикасы
e-mail: ¹akerkegansaj@mail.ru, ²nazira_n@mail.ru

**НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕРДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН
PIL АЛГОРИТМІ**

Кіріс-шығыс деректерін немесе бақылау деп аталатын оқытуды функцияны жақындастыру тұрғысынан үйрену проблемасы белгілі функцияны (немесе аппроксиматор деп аталатын) реттелетін параметрлер жиынтығымен негізгі (белгісіз) функцияны жуықтау үшін пайдалану арқылы шешуге болады. Әдебиеттегі барлық бақыланып отырған оқу алгоритмдер (параметрленген) жиынтығынан оңтайландырудың қандай да бір мәселелерінен туындайды, мұндағы мақсат бақыланып отырған нәтижелер мен сәйкессіздіктерді өлшейтін белгілі бір шығын функциясын оңтайландыру болып табылады. Шешімдерді іздеуде жиі қолданылатын әдіс градиент-түсу алгоритмі, әсіресе стохастикалық (немесе on-line) градиент-түсу алгоритмі болып табылады. Нейрондық желілерді оқытудың алгоритмі және оның көптеген нұсқалары қазіргі уақытта жан-жақты зерттелген және кеңінен қолданылған. Айта кететін жайт, градиент-түсетін алгоритмнің көптеген нұсқалары және басқа «жетілдірілген алгоритмдер» ұсынылғанына қарамастан, негізгі градиентті-түсу алгоритмі конвергенцияда баяу сынға түссе де, өзінің қарапайымдылығымен, тиімділігімен және сенімділігімен әйгілі болып қала береді.

Кілтті сөздер: градиент, нейрон, алгоритм.

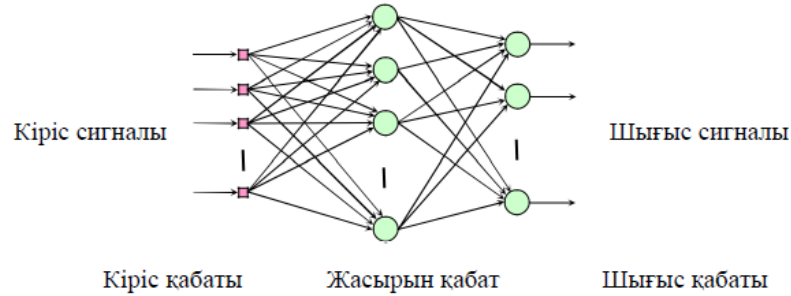
КІРІСПЕ

Оқу алгоритмінің градиентінде нейрондық желінің болжау қателігі құн функциясы үстінде оқыту алгоритмін қолдануды қайталаудан кейін азаяды. Алайда, оқуды қайталауы кезінде жақындастырушының «бұрыннан үйренген» қасиетін сақтау үшін нақты ешқандай шара қолданылмағаны атап

кету керек. Басқа жағынан, адамның оқуға деген көзқарасын ескере отырып, алдыңғы нәтижелерге сүйене отырып, оқудың соңғы нәтижелерін құру табиғи болып көрінеді. Бұл іс жүзінде қосымша оқытудың бір ерекшелігі: жақындастырушы өзінің параметрлерін түзету арқылы жаңа енгізу-шығару үлгісіне бейімделуден кейін бір уақытта екі мақсатқа (біршама қарама-қайшы болса да) қол жеткізіледі: Біріншіден, жаңа үлгі үшін нейрондық желінің болжау қателігі (егер толығымен жойылмаса) азаяды; Екіншіден, параметр бейімделуінен туындаған жақындастырғыштың ауытқуы (нақты анықталған метрика арқылы өлшенеді) мүмкіндігінше аз сақталады, сондықтан априорлық нәтиже жақсы сақталады. Белгілі екі оқу алгоритмдерінің көпшілігі, мысалы градиент-түсу сияқты, бірінші мақсатқа, яғни априори нәтижелерін сақтау мәселесін нақты шешпестен, оқу мәліметтерін бейімдеуге бағытталған. Бұл диссертацияда бақыланып отырған оқыту әдісі ұсынылған, ол бір уақытта екі мақсатты бірыңғай шешеді. Нейрондық желілердегі оқытудың басқа қосымша әдістеріне қарағанда, радиалды базалық желілер үшін ұсынылған ресурстарды бөлу желілері, бұл жерде оқытудың негізгі рухы құрылымдық бейімделу арқылы (яғни, ол жаңа нейронды тартады немесе қажет болған жағдайда жаңа ресурстар бөледі) жүзеге асырылады. Бұл зерттеу тек параметрге бейімделу қарастырылатын жағдайға назар аударады. Осылайша, ұсынылған әдіс «Параметрлерді арттыру» (PIL) стратегиясы деп аталады.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Ең танымал берілетін нейрондық желілер – көп қабатты перцептрон. 1-суретте бір жасырын қабаты бар MLP құрылымының мысалы көрсетілген. Бұл тарауда көп қабатты перцептронды (MLP) оқыту алгоритмінің туындысына жалпы PIL алгоритмі қолданылады. Жалпы PIL алгоритмі нейронды түрде бейнеленгендіктен, осы бөлімдегі келесі талқылаулар нейрон өкілі, яғни нейрондық желідегі нейрондардың кез келгені бола алатын нейронға негізделеді.



1 сурет – Бір жасырын қабаты бар көп қабатты перцептрон

Нейрондық жүйенің сызықты емес активтендіру функциясы ең танымал гиперболалық тангенс функциясы болып таңдалады:

$$h(s) = \frac{1 - e^{-s}}{1 + e^{-s}} \quad (1)$$

MLP-де нейронның активтендіру функциясы кіреді

$$s = \mathbf{u}^T \boldsymbol{\theta} \quad (2)$$

мұндағы $\bar{\mathbf{u}} = [1, \mathbf{u}^T]^T$; $\mathbf{u} = [u_1 \ u_2 \ \dots \ u_n]^T \in \mathcal{R}^n$ нейронның кіріс векторы болып табылады; $\boldsymbol{\theta} = [\theta_0 \ \theta_1 \ \dots \ \theta_n]^T$ осы нейрон салмағының векторы болып табылады. Берілген активтендіру функциясымен MLP-де нейрон өрнектеледі

$$y_s = g(\mathbf{u}, \boldsymbol{\theta}) = h(s) \quad (3)$$

мұндағы $y_s \in \mathcal{R}$ нейронның шығуы. Содан кейін

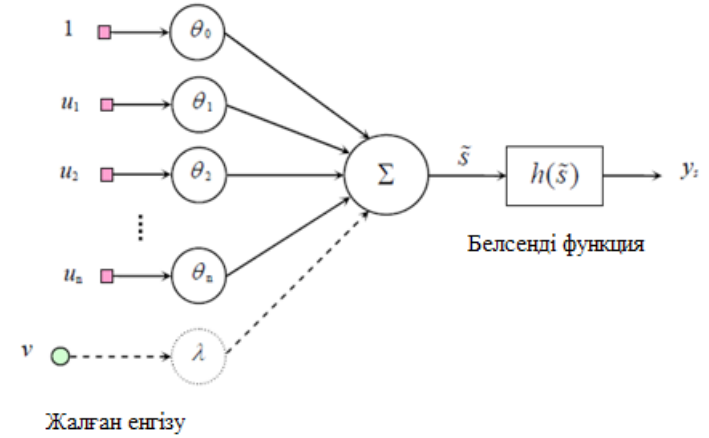
$$p = \frac{\partial g(\mathbf{u}, \boldsymbol{\theta})}{\partial \boldsymbol{\theta}} = h'(s) \bar{\mathbf{u}} \quad (4)$$

Мұндағы

$$h'(s) = \frac{1}{2} (1 - h^2(s)) = \frac{2e^{-s}}{(1 + e^{-s})^2} \quad (5)$$

Кейін

$$\Theta(\boldsymbol{\theta}) = \int_{\mathbf{u} \in \mathcal{D}} p(\mathbf{u}, \boldsymbol{\theta}) p^T(\mathbf{u}, \boldsymbol{\theta}) d\mathbf{u} = \int_{\mathbf{u} \in \mathcal{D}} (h'(s))^2 \bar{\mathbf{u}} \bar{\mathbf{u}}^T d\mathbf{u} \quad (6)$$



2 сурет – Нейронның жалған енгізілген моделі

PII есебінің аналитикалық шешімін алудағы басты мәселе $\tilde{\varphi}$ интегралына (6) негізделген «жабық форма» формуласын алу керек. Өкінішке орай, бұл мүмкін емес жағдай. Осы қиындықты жеңу үшін 2-суретте көрсетілгендей нейронға қосымша жалған кіріс енгізіледі.

Бұл (3) тендеуді келесі түрде қайта жазу үшін қажет:

$$y_s = g(\tilde{\mathbf{u}}, \tilde{\boldsymbol{\theta}}) = h(\tilde{s}) \quad (7)$$

Мұндағы

$$\tilde{s} = \tilde{\mathbf{u}}^T \tilde{\boldsymbol{\theta}} \quad (8)$$

және $\tilde{\mathbf{u}} = [1, \tilde{\mathbf{u}}^T]^T$; $\tilde{\mathbf{u}} = [\mathbf{u}^T, v]^T$ нейронға кеңейтілген вектор; v жалған енгізуді білдіреді; $\tilde{\boldsymbol{\theta}} = [\boldsymbol{\theta}^T, \lambda]^T$ λ жалған кіріске сәйкес келетін салмақ салушы. Толыққан нейрон үшін,

$$\tilde{p} = \frac{\partial g(\tilde{\mathbf{u}}, \tilde{\boldsymbol{\theta}})}{\partial \tilde{\boldsymbol{\theta}}} = h'(\tilde{s}) \begin{bmatrix} 1 \\ \tilde{\mathbf{u}} \end{bmatrix} \quad (9)$$

(6) тендеуі сәйкесінше :

$$\tilde{\Theta}(\boldsymbol{\theta}, \lambda) = \int_{\tilde{\mathbf{u}} \in \tilde{\varphi}} (h'(\tilde{s}))^2 \begin{bmatrix} 1 \\ \tilde{\mathbf{u}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \tilde{\mathbf{u}}^T \end{bmatrix} d\tilde{\mathbf{u}} \quad (10)$$

Енді интегралды аймақты анықтаңыз,

$$\tilde{\varphi} = \prod_{i=1}^n [-b_i/2, b_i/2], \quad b_i > 0 \quad i=1,2,\dots,n \quad \text{үшін} \quad (11)$$

және

$$\tilde{\varphi} = \varphi \times (-\infty, +\infty) \quad (12)$$

MLP үшін PИL алгоритмін келесідей алуға болады:

$$\delta\theta^{PIL} = -\mu h'(s) \frac{1 + \sum_{i=1}^n u_i^2}{1 + 12 \sum_{i=1}^n \frac{u_i^2}{b_i^2} + \frac{s^2}{\tau}} \begin{bmatrix} \frac{\theta_0 s}{\tau} + 1 \\ \frac{\theta_1 s}{\tau} + \frac{12}{b_1^2} u_1 \\ \vdots \\ \frac{\theta_n s}{\tau} + \frac{12}{b_n^2} u_n \end{bmatrix} (q^T \Delta y) \quad (13)$$

мұндағы $\tau = \frac{\pi^2 - 6}{3} \cong 1.29$

Кейбір қосымшаларда сызықты емес активтендіру функциясынан гөрі сызықты шығу нейроны артық болатындығын ескеріңіз. Яғни, $g(s) = s$ түзу нейрондарға PИL алгоритмін алу оңай,

$$\delta\theta^{PIL} = -\mu \frac{1 + \sum_{i=1}^n u_i^2}{1 + \sum_{i=1}^n \frac{12}{b_i^2} u_i^2} \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{12}{b_1^2} u_1 \\ \vdots \\ \frac{12}{b_n^2} u_n \end{bmatrix} (q_\ell^T \Delta y) \quad (14)$$

мұндағы $q_\ell = [1 \quad \dots \quad 1]_{1 \times m}^T$. Сызықтық нейрондар үшін жоғарыда келтірілген PИL алгоритмін немесе градиентті оқытудың қарапайым алгоритмін пайдалануда айтарлықтай айырмашылық болмайтындығы айтылған.

Жалпы таңдау ретінде $\tilde{\varphi}$ интегралды аймағы барлық $i = 1, 2, \dots, n$ $b_i = 2$ үшін арқылы белгіленеді. Мұның себептері: біріншіден, бұл таңдау нейрондар үшін ақылға қонымды болып табылады, себебі олар кірістері болып табылады. Алдыңғы нейрондардың басқа қабаттарынан, өйткені желідегі нейрондардың шығу диапазоны $(-1, +1)$; Екіншіден, желілік кірістерді алатын нейрондар үшін (мысалы, нейрон бірінші жасырын қабатта), енгізу мәндерінің диапазоны $[-1, +1]$ деңгейіне дейін тез қалпына келтірілуі мүмкін, бұл нейрондық желіні үйренуде жиі кездесетін тәжірибе.

Ескерту. (13) теңдеуде $q^T \Delta y$ есептеу қателіктерді кері қайтарудың белгілі процедурасын қамтиды, сондықтан PИL алгоритмін BP стандартты алгоритмінің вариациясы ретінде қарастыруға болады.

Шын мәнінде, егер қарапайым градиентті түсіру үйрену алгоритмі келесі нейронды түрде жазылса,

$$\delta\theta^{BP} = -\mu h'(s) \begin{bmatrix} 1 \\ u_1 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} (q^T \Delta y) \quad (15)$$

PИL алгоритмі қарапайым градиентті оқыту алгоритмінің «шамалы» модификациясы болып көрінеді. (13) теңдеуінен басқа жалпы градиентті оқыту алгоритмдерінен айырмашылығы, PИL алгоритмі мүлде матрицалық инверсияны қажет етпейді.

Сондай-ақ логистикалық активтендіру функциясы бар MLP-ге арналған ұқсас алгоритмді осы бөлімде осыған ұқсас процедураны орындау арқылы алуға болатындығын атап өткен жөн.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмыстың нейрондық желілер қоғамдастығына қосылатын үлесі жаңа дамушы нейрондық желілерді оқытудың жаңа стохастикалық алгоритмін ұсыну, әзірлеу, талдау және сандық тексеру болып табылады – параметриальды оқыту (PIL) алгоритмі.

PИL стратегиясының мәні мынада, оның параметрлерін түзету арқылы желіні оқытуға бейімдеу кезінде желінің деформациясы белгілі бір дәрежеде сақталуы қажет. Ғаламдық деңгейде (немесе желі деңгейінде) жалпы PИL мәселесі ұсынылады. Бірінші ретті жуықтау әдісін қолдана отырып, аналитикалық формула алынады. Алайда, жалпы әлемдік деңгейдегі PИL алгоритмі, әдетте, мүмкін емес, өйткені параметрлік векторға қатысты желілік функцияның жартылай туындысының сыртқы көбейтіндісінің

интегралына аналитикалық шешім табу мүмкін емес. Интегралды алуға болатын болса да, реттелетін желі параметрлері санына тең өлшемі бар квадрат матрицаның кері әсеріне байланысты есептеу құны өте үлкен.

Жоғарыда аталған қиындықты жеңуге әрекет ретінде, әлемдік деңгейдегі PИL-дің жалпы проблемасы, оның сақталуы бүкіл желінің орнына әрбір жеке нейронның деформациясына қарсы болатындай етіп өзгертіледі. Осы оптималды стратегия үшін аналитикалық шешім ұсынылады, ал «алшақтық» параметрі алгоритмнің қателіктерді азайту қасиетін стандартты градиентті түсіру алгоритміне теңшеу арқылы анықталады. PИL алгоритмінің балама интерпретациясы

Алгоритмнің кейбір түсініктерін ашатын нейрон деңгейі, проблема жаттығу үлгісі ұсынылған кезде желідегі жалғыз нейронды бейімдеу керек болғандықтан туындайды. Қосымша білім берудің мәнін көрсететін үлгерім индексі осы бір нейронның деформациясын минимумға теңестірумен белгіленген қателіктерді азайтуға (яғни, жаттығу үлгісіне бейімделуге) байланысты. Басқа көзқарастан басталғанымен, алынған формулалар қалады мәні бірдей.

MLP үшін PИL алгоритмі нейрон деңгейіндегі жалпы PИL алгоритміне және нейронға қосымша жалған кіріс енгізуге негізделген. MLP үшін алынған PИL алгоритмі қарапайым әдеттегі (on-line) кері тарату алгоритмі, сондықтан оны стандартты BP стохастикалық әдісі қолданылатын барлық жағдайларда қолдануға болады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Riedmiller, Martin.** «Advanced supervised learning in multi-layer perceptrons – from backpropagation to adaptive learning algorithms» // International Journal of Computer Standards and Interfaces, special Issue on Neural Networks. – 16(3): 265-278, 1994.

2 **Haykin, Simon.** «Neural Networks : A Comprehensive Foundation,» Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999.

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

4 <https://neuronus.com/history/5-istoriya-nejronnykh-setej.html> [Электронды ресурс].

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

A. S. Akanova¹, N. N. Ospanova²

Алгоритм PИL используемый в нейронных сетях

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 29.11.19.

A. S. Akanova¹, N. N. Ospanova²

PИL algorithm used in 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 Technologies, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Проблема обучения на основе данных ввода-вывода или так называемого контролируемого обучения с точки зрения приближение точки функции, может быть приведено как проблема использования известной функции (или так называемой аппроксиматор) с набором настраиваемых параметров для аппроксимации (неизвестной) базовой функции через наблюдаемые данные. Насколько известно автору, все (параметризованные) алгоритмы обучения под наблюдением в литературе получены из своего рода задач оптимизации по настраиваемому набору параметров, где цель состоит в том, чтобы оптимизировать определенную функцию стоимости (или функцию ошибки), которая измеряет расхождение между наблюдаемым выходом и приближительным выходом с заданным входом. Наиболее часто используемый техника поиска решений – это алгоритм градиентного спуска, в частности стохастический (или онлайн) алгоритм градиентного спуска.

The problem of learning from input-output data, or the so-called supervised learning, from the view point of function approximation, can be

cast as a problem of using a known function (or so-called approximator) with a set of adjustable parameters to approximate an (unknown) underlying function through the observed data. To the best knowledge of the author, all the (parameterized) supervised learning algorithms in the literature are derived from some sort of optimization problems over the adjustable parameter set, where the objective is to optimize a certain cost function (or error function) which measures the discrepancy between the observed output and the approximated output with given input. The most frequently used technique in searching solutions is the gradient-descent algorithm, particularly the stochastic (or on-line) gradient-descent algorithm.

ГРНТИ 44.29.37

Т. Б. Акимжанов¹, Т. С. Герасименко²

¹доктор PhD, ст. преподаватель, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²к.т.н., ст. преподаватель, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан

e.mail: ¹takimzhanov@mail.ru; ²melary-5@mail.ru

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Статья посвящена проблеме качества электрической энергии, поставляемой потребителям сельской местности. Обозначена степень влияния каждого участника системы электроснабжения на качество электроэнергии. Также рассмотрено влияние некачественной электроэнергии на работу электрооборудования. Проведенный анализ основных показателей качества электрической энергии, на основе экспериментальных данных, позволил выявить несоответствие некоторых показателей с установленными нормативными значениями. В связи с этим данная проблема является весьма актуальной на сегодняшний день. Исследования показали, что вопросам качества необходимо уделять более пристальное внимание. В работе даны рекомендации для улучшения качества электрической энергии.

Ключевые слова: качество электрической энергии, потребитель, энергоснабжающая организация, отклонение напряжения, несимметрия напряжений, несинусоидальность напряжения.

ВВЕДЕНИЕ

В современной жизни электроэнергия является одним из важнейших ресурсов. Она непосредственно участвует, в создании других видов продукции, влияя на их качество, а также используется в самых различных сферах деятельности человека, причем в большинстве случаев ее использования заменить ее каким-либо другим источником энергии невозможно. Электроэнергия производится, продается и покупается,

т.е. является товаром, и, как к любому другому товару, к его качеству предъявляются определенные требования [1].

Необходимо отметить, что электроэнергия это особенный товар, так как его свойства могут изменяться во времени. Данный товар, в случае возникновения претензий, нельзя будет обменять у продавца на аналогичный лучшего качества. Другой особенностью электроэнергии является то, что ее свойства зависят не только от поставщика, но и во многом – от самого потребителя. Например, в точке общего присоединения, поставщик электроэнергии может поддерживать в нормальных пределах частоту и напряжение электрического тока, в то время как сила и фаза тока, потребляемого из сети, целиком зависят от потребителя.

Цель работы заключается воценки качества электрической энергии поставляемой энергоснабжающей организацией в Акмолинской области, на основании экспериментальных наблюдений.

Задачи исследования:

- выявить степень влияния некачественной электрической энергии на работу электрического оборудования;
- раскрыть степень ответственности поставщика и потребителя за качество электрической энергии;
- провести анализ показателей качества электроэнергии на основании полученных экспериментальных данных.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Плохое качество электроэнергии является одной из основных причин остановки производства и выхода из строя оборудования. Надежность электроснабжения имеет решающее значение для разных направлений бизнеса, начиная с промышленных предприятий, медицинских учреждений, центров обработки данных, заканчивая офисными зданиями. Если в сети периодически возникают аварийные режимы работы, бизнес может понести серьезные убытки. Внимание конечных потребителей к проблемам качества поставляемой электроэнергии возрастает с каждым днём. Примерно 30–40 % всех внеплановых простоев сегодня обусловлены некачественной электроэнергией. В промышленном секторе финансовые потери могут достигать 4 % от годового оборота компании [2].

Давайте разберемся, какую степень влияния на качество электроэнергии оказывает каждый участник системы электроснабжения.

В 80 % случаев проблемы появляются из-за электрооборудования, установленного на стороне потребителя, и вызваны нелинейными нагрузками. Например, на промышленных предприятиях помехи могут возникнуть из-за работы сварочных аппаратов, преобразователей частоты, переключения

конденсаторов или запуска больших двигателей. В административных и коммерческих зданиях источником помех может быть электронное оборудование, например, компьютеры, источники бесперебойного питания и серверы. В остальных 20 % случаев сбой происходит по вине поставщиков электроэнергии [2].

Так, например, часто причиной ухудшения качества электроэнергии, вырабатываемой электростанциями, является плохое техническое состояние и большая протяженность линий электропередач, использование трансформаторов с большим сроком службы, неравномерное распределение нагрузок по фазам.

На рисунке 1 представлены основные свойства электрической энергии, перечислены последствия, к которым приводит несоблюдение установленных норм, а так же указаны вероятные виновники ухудшения качества электроэнергии.

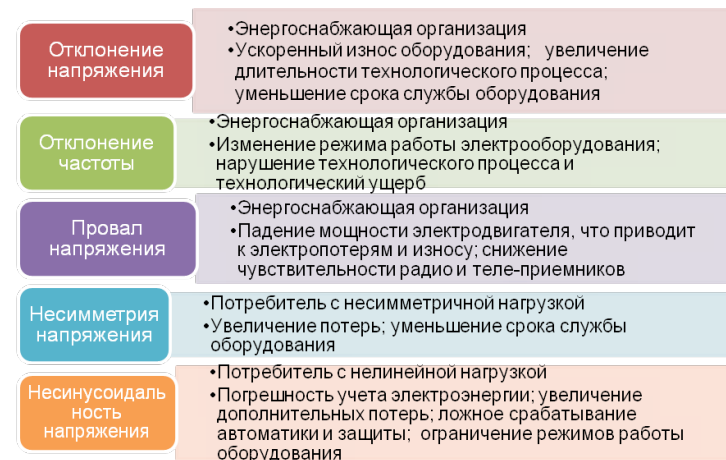


Рисунок 1 – Свойства электрической энергии с указанием последствий и вероятных виновников ухудшения качества электроэнергии

Требования к качеству электроэнергии определяются, как нормативными документами – стандартами, так и техническими условиями и договорами между поставщиком и потребителем. В настоящее время в Казахстане эти требования устанавливаются ГОСТом 13109-97 [3].

Для оценки качества электрической энергии поставляемой энергоснабжающей организацией, в Акмолинской области были проведены экспериментальные исследования следующих показателей качества электрической энергии (ПКЭ): установившееся отклонение

напряжения – δU_y ; коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности – K_{2u} ; коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности – K_{0u} ; длительность провала напряжения – Δt_n ; коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения – K_u ; коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения – $K_{u(n)}$; отклонение частоты – Δf .

Измерения проводились в точке общего присоединения потребителя, с коммунально-бытовой нагрузкой, к электрической сети напряжением 0,38 кВ. Замеры были выполнены сертифицированным прибором Fluke – 434, исследуемый интервал времени – сутки. Полученные базы данных обрабатывались в программе Microsoft (MS) Excel.

Проведем анализ качества электрической энергии, опираясь на полученные экспериментальные данные, по каждому показателю.

Установившееся отклонение напряжения, δU_y :

Измеренные значения напряжения, которые в трехфазных электрических сетях определяются как действующие значения напряжения прямой последовательности основной частоты $U_{1(1)i}$, определялись по приближенной формуле, В:

$$U_{1(1)i} = \left(\frac{U_{A(1)i} + U_{B(1)i} + U_{C(1)i}}{3} \right)$$

Затем вычислялось значение усредненного напряжения U_y , как результат усреднения N наблюдений напряжения U_i за интервал времени 1 мин по формуле, В:

$$U_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N U_i^2}{N}}$$

где U_i – значение напряжения в i-ом наблюдении;
N – число наблюдений за 1 мин, N= 20.

Далее было вычислено значение δU_y по формуле:

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\%$$

где $U_{ном}$ – номинальное фазное напряжение.

Зависимость установившегося отклонения напряжения от времени суток, представлена на рисунке 2.

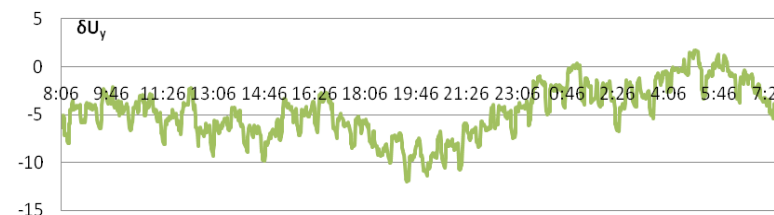


Рисунок 2 – Зависимость δU_y от времени суток

Согласно ГОСТУ качество электрической энергии по установившемуся отклонению напряжения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допустимые значения составляет не более 5 % от установленного периода времени, т.е. 1 час 12 мин, а за предельно допустимые значения – 0 % от этого периода времени. Согласно полученным результатам δU_y превышало нормально допустимое значение $\pm 5 \%$ в течение 10 часов 6 минут, а предельно допустимое значение $\pm 10 \%$ в течение 35 мин.

Коэффициенты несимметрии напряжений по обратной K_{2u} и нулевой K_{0u} последовательностям.

Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности рассчитывался по формуле, %:

$$K_{2U_i} = \frac{U_{2(1)i}}{U_{1(1)i}} \cdot 100,$$

где $U_{2(1)i}$ – действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений в i-ом наблюдении, В;

$U_{1(1)i}$ – действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений в i-ом наблюдении, В.

Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности рассчитывался по формуле, %:

$$K_{0U_i} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{0(1)i}}{U_{1(1)i}} \cdot 100,$$

где $U_{0(1)i}$ – действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений в i-ом наблюдении, В;

Зависимость коэффициентов несимметрии напряжений по обратной K_{2u} и нулевой K_{0u} последовательностям от времени суток, представлена на рисунке 3.

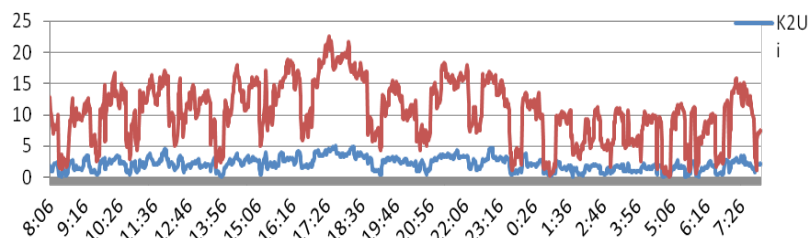


Рисунок 3 – Зависимость коэффициентов K_{2u} и K_{0u} от времени суток

Согласно [3] качество электрической энергии по коэффициентам K_{2u} и K_{0u} считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допустимые значения составляет не более 5 % от установленного периода времени, т.е. 1 час 12 мин, а за предельно допустимые значения – 0 % от этого периода времени.

Согласно полученным результатам значения K_{2u} и K_{0u} превышали нормально допустимое значение 2 % в течение 11 часов 16 минут и 1 час 31 мин соответственно, а предельно допустимое значение 4 % в течение 37 мин и 15 часов 4 мин соответственно.

Длительность провала напряжения, Δt_n

Качество электрической энергии по длительности провалов напряжения считают соответствующим требованиям, если наибольшее из всех измеренных значений (в течение продолжительного периода наблюдений) не превышает предельно допустимого значения равного 30 сек [3]. Прибором было зафиксировано три случая провала напряжений, однако их длительность не превышала предельно допустимого значения. Для более точной оценки данного параметра, наблюдения необходимо проводить в течение года.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, K_{U_i}

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения рассчитывался по формуле, %:

$$K_{U_i} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)i}^2}}{U_{(1)i}} \cdot 100,$$

где $U_{(1)i}$ – действующее значение напряжения основной частоты на i -ом наблюдении, В.

Согласно [3] качество электрической энергии по коэффициенту искажения синусоидальности кривой напряжения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допустимые значения (8 %) составляет не более 5 % от установленного периода времени, т.е. 1 час 12 мин, а за предельно допустимые значения (12 %) – 0 % от этого периода времени. Из рисунка 4, на котором представлен график зависимости K_{U_i} от времени суток видно, что данный показатель соответствует установленному стандарту.

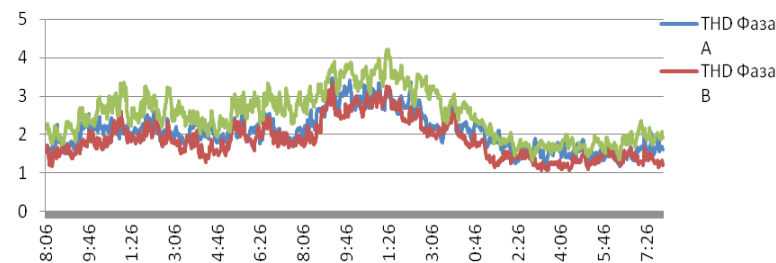


Рисунок 4 – Зависимость K_{U_i} от времени суток

Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения, $K_{u(n)}$

Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения определяется по формуле, %:

$$K_{U(n)i} = \frac{U_{(n)i}}{U_{(1)i}} \cdot 100$$

Полученные значения $K_{u(n)}$ сравнивались с нормативными значениями коэффициента n-ой гармонической (таблица 2 [3]) для каждой гармоники в частности, в результате было выявлено, что данный ПКЭ соответствует норме.

Отклонение частоты, Δf

Значение отклонения частоты в герцах, определяют по формуле:

$$\Delta f = f_y - f_{ном},$$

где f_y – усредненное значение частоты, как результат усреднения N наблюдений на интервале времени 20с, Гц;

$f_{ном}$ – номинальное значение частоты, Гц.

Качество электрической энергии по отклонению частоты считают соответствующее требованиям, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допустимые значения ($\pm 0,2$ Гц), составляет не более 5 % от установленного периода времени, т.е. 1 час 12 мин, а за предельно допускаемые значения ($\pm 0,4$ Гц) – 0 % [3].

Согласно полученной зависимости отклонения частоты от времени, показанной на рисунке 5, можно сделать вывод, что данный ПКЭ не превышает нормированных значений.

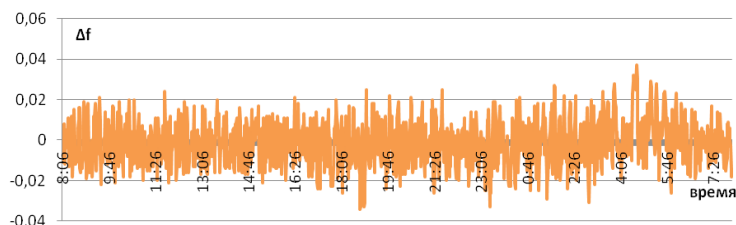


Рисунок 5 – Зависимость отклонения частоты от времени

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ качества электрической энергии показал, что половина из проверенных показателей не соответствуют нормам указанных в ГОСТ 13109-97, а значит, потребители получают некачественный товар. Причем виновником является как энергообеспечивающая организация, так и сам конкретный потребитель.

Анализируя создавшуюся ситуацию с качеством электроэнергии в сельских сетях напряжением 0,38кВАкмолинской области, а также принимая во внимание отсутствие методических рекомендаций и инструментальной базы по идентификации источников искажения, можно сделать вывод о том, что для решения рассматриваемой проблемы необходимы следующие мероприятия: организация и проведение непрерывного мониторинга ПКЭ; разработка методических материалов, инструкций и соответствующего оборудования по идентификации источников искажений с количественной оценкой степени влияния на качество электроэнергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Качество электрической энергии. [Электрон.ресурс]. URL:<http://consystems.ru/kachestvo-lekto-nergii>

2 Проведение замеров качества электроэнергии. [Электрон.ресурс]. URL:<http://www.realelectro.com/services/7>

3 ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» – М.: Изд-во стандартов, 2002 г. – С. 52.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Т. Б. Акимжанов¹, Т. С. Герасименко²

Ақмола облысының ауылдық электр желілеріндегі электр энергиясының сапасын бағалау

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

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

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

T. Akimzhanov¹, T. Gerassimenko²

Assessment of the quality of electric power in rural electric networks in Akmola region

^{1,2}Power Faculty,

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

Material received on 29.11.19.

Мақала ауылдық жерлердегі тұтынушыларға жеткізілетін электр энергиясының сапасына қатысты мәселелерге арналған. Энергиямен жабдықтау жүйесінің әрбір қатысушының электр энергиясының сапасына әсер ету дәрежесі көрсетілген. Сонымен қатар сапасы төмен электр энергиясының электр жабдықтарының жұмысына әсері қарастырылған. Тәжірибелік деректер негізінде өткізілген электр энергия сапасының негізгі көрсеткіштерінің талдауы нәтижесінде кейбір көрсеткіштердің стандартта белгіленген мәндермен сәйкессіздігі анықтады. Осыған байланысты бұл мәселе бүгінгі күні өзекті болып табылады. Зерттеулер көрсеткендей, электр энергиясының сапасы мәселелеріне мұқият назар аудару қажет. Жұмыста электр энергиясының сапасын жақсарту бойынша ұсыныстар бар.

The article is devoted to the problem of quality of electric energy supplied to consumers in rural areas. The degree of influence of each participant of the power supply system on the quality of electricity is

indicated. The influence of poor power quality on the operation of electrical equipment is also considered. The conducted analysis of the key indicators of electric power quality, on the basis of experimental data, allowed to identify inconsistencies of some indicators with the established statutory values. In light of this, this problem is very urgent today. Research has shown that quality issues need to be given greater attention. In this work, recommendations for improvement of quality of electric energy are given.

SRSTI 519.6:551.46

**D. B. Alibiyev¹, G. S. Khakimzyanov²,
A. Sh. Kazhikenova³, A. B. Seitimbetova⁴**

¹Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor, Faculty of Mathematics and Information Technologies, Ye. A. Buketov Karaganda State University, Karaganda, 100026, Republic of Kazakhstan;

²Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, Department of Mathematics and Mechanics, Novosibirskiy State University, Novosibirsk, 630001, Russia;

³Candidate of Technical Sciences, associate professor, Faculty of Mathematics and Information Technologies, Ye. A. Buketov Karaganda State University, Karaganda, 100026, Republic of Kazakhstan;

⁴Master of Informatics, teacher, Faculty of Mathematics and Information Technologies, Ye. A. Buketov Karaganda State University, Karaganda, 100026, Republic of Kazakhstan

e-mail: dalibiev@mail.ru; s_b_aigerim@mail.ru

SPREADING OF FLAME FRONT I BY THE PREDICTOR-CORRECTOR SCHEME

As is known, many mathematical models describing various physical phenomena include equations of parabolic type. Such equations are included in the models characterizing the combustion processes of hydrocarbon fuels in the flow part of chemical reactors. Modeling of such processes is complicated by the presence of a zone with large temperature differences and the concentration of the combustible mixture – the flame front. Therefore, there is a need to create numerical methods that can describe such features well on relatively coarse grids.

The article presents the results of numerical simulation of the flame propagation process in the fuel mixture based on the finite-difference predictor-corrector scheme. It is shown that the calculated flame propagation velocity is close to the theoretical value when using small networks, and a predictor-corrector scheme on the adaptive grid is presented. An algorithm for calculating the flame propagation process using a simple mathematical model is developed.

Keywords: Predictor-corrector, computational modeling, flame front, flame spreading, flame spreading, algorithm of calculation.

INTRODUCTION

In this paper, we present the algorithm for the numerical solution of non-stationary equations describing the process of distribution of a flame in a two-fuel mixture. For the numerical simulations of the process of flame spreading is desired to use moving irregular meshes which are thickened to a region of high gradients of temperature and concentration of the mixture, since the calculations for such grids can have a high precision even with a small amount of nodes [1].

The proposed finite-difference scheme «predictor-corrector» in step «predictor» splitting method is used with the explicit approximation of the convective terms in the first step and an implicit fractional approximation of diffusive members on the second fractional step. This second step involves the fractional member responsible for the burning process. In addition, in step «predictor» of explicit scheme determined by the flow at the edges of cells. We have proposed a method of selecting grid parameters allowing to calculate profiles of numerical solutions without spurious oscillations.

The proposed method of adapting the grid to a moving flame front tested on scalar nonlinear convection-diffusion equation with a nonlinear right-hand side, as well as a model system of two nonlinear equations. For meshing we used equivalence distribution method that focuses on the use of time-dependent problems. We have shown that the use of adaptive grids allows to obtain a numerical solution with the same precision as in a uniform grid, but with the number of nodes on the order of less. The results are illustrated in the model problems for one-dimensional linear and nonlinear equations «convection – diffusion», as well as a simplified model of combustion.

MAIN PART

In the study of many processes in moving media as the main one distinguished diffusion transfer of a particular substance and the transfer due to the motion of the medium, that is the convective transport. Therefore, in gas dynamics and hydrodynamics as basic mathematical models of many of the processes become the initial-boundary amount problems for the equations of «convection – diffusion». A typical example of non-stationary convection is the initial boundary amount for the linear transport equation with constant coefficient a:

$$u_t + au_x = 0, \quad 0 < x < l, \quad 0 < t < T \tag{1}$$

$$u(x;0) = u_0(x), \quad 0 \leq x \leq l \tag{2}$$

$$u(l,t) = \mu_l(t), \quad 0 \leq t \leq T. \tag{3}$$

There are x – the spatial variable; t – time; and a – characteristic velocity of the medium (in this section assumed that $a = const < 0$). For the numerical solution of the problem (1)-(3), now look at the scheme of «predictor-corrector», which consists of two steps. At the stage of «predictor» equation is solved:

$$\frac{u_{j+\frac{1}{2}}^* - \frac{1}{2}(u_j^n + u_{j+1}^n)}{\tau_{j+\frac{1}{2}}^*} + a \frac{u_{j+1}^n - u_j^n}{h} = 0, \quad j=0, \dots, N-1 \tag{4}$$

where τ – step at a time; $h = \frac{1}{2}$ – dimensional uniform grid pitch

$$x_j = jh, \quad j=0, \dots, N; \quad \tau_{j+\frac{1}{2}}^* = \frac{\tau}{2} (1 + \theta_{j+\frac{1}{2}}),$$

where $\theta_{j+\frac{1}{2}}$ – is some non-negative net function, which introduces the scheme of approximation viscosity. In step «corrector» equation (1) can be approximated in divergence form

$$\frac{u_j^{n+1} - u_j^n}{\tau} + a \frac{u_{j+\frac{1}{2}}^* - u_{j-\frac{1}{2}}^*}{h} = 0, \quad j=0, \dots, N-1 \tag{5}$$

Investigation of the properties of the scheme (4), (5) we will conduct experimentally. In all numerical experiments we set step by time as the following:

$$\tau = k_{assur} \frac{h}{|a|},$$

where $k_{assur} = 0.5$.

Thus, based predictor-corrector scheme (4), (5) allows a numerical solution without oscillations, and at that on a fine grid the accuracy of numerical solution is high.

Now we generalize the numerical implementation of monotone scheme «predictor-corrector» on a uniform grid for nonlinear Burgers equation. For this equation, consider the following problem:

$$u_t + f_x = v \cdot u_{xx}, \quad 0 < x < l, \quad 0 < t < T, \quad v = const > 0;$$

$$u(x,0) = u_0(x), \quad 0 \leq x \leq l;$$

$$u(0,t) = \mu_0(t), \quad u(l,t) = \mu_l(t), \quad 0 \leq t \leq T.$$

Where $f = -\frac{u^2}{2}$ – is function of the variable u. As a test, we consider the problem with the accurate solution

$$u(x, t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{th} \left(\frac{x + \frac{\tau}{2} - x_0}{4\nu} \right).$$

Where

$$\begin{aligned} \mu_0(t) &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{th} \left(\frac{\frac{\tau}{2} - x_0}{4\nu} \right), \\ \mu_0(t) &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{th} \left(\frac{l + \frac{\tau}{2} - x_0}{4\nu} \right), \\ u_0 &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{th} \left(\frac{x - x_0}{4\nu} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

There also we assume $l = 0,25, x_0 = 0,2, T = 0,25$. We take the diffusion coefficient equal to $\nu = 2 \cdot 10^{-5}$.

As in the case of monotonous scheme «predictor-corrector» on a uniform grid for a linear transport equation, we look the scheme on a uniform grid with fixed nodes $x_j = jh$ and step $h > 0$. In «predictor-corrector» step happens fission on convective and diffusive parts [2]:

$$\begin{aligned} u_t + f_x &= 0 \\ u_t &= \nu u_{xx}. \end{aligned}$$

To implement this step, you can use the sweep method, which calculates necessary amounts of $u_0^* = \mu_0 \left(t_n + \frac{\tau}{2} \right)$ and $u_N^* = \mu_l \left(t_n + \frac{\tau}{2} \right)$. In addition, for step «corrector» requires the calculation of the amount of another predictor $f_{j+\frac{1}{2}}^*$.

Thus, the step «predictor» supplemented by the equation

$$\frac{f_{j+\frac{1}{2}}^* - \frac{1}{2}(f_{j+1}^n + f_j^n)}{\tau_{j+\frac{1}{2}}^*} + a_{j+\frac{1}{2}}^n \frac{f_{j+1}^n - f_j^n}{h} = 0$$

In step «corrector» we have

$$\begin{aligned} \frac{u_{j+\frac{1}{2}}^* - \frac{1}{2}(u_j^n + u_{j+1}^n)}{\tau_{j+\frac{1}{2}}^*} + a \frac{u_{j+1}^n - u_j^n}{h} &= 0 \\ \frac{u_j^{n+1} - u_j^n}{\tau} - \frac{f_{j+\frac{1}{2}}^* - f_{j-\frac{1}{2}}^*}{h} &= \nu \frac{u_{j-1}^* - 2u_j^* + u_{j+1}^*}{h^2} \end{aligned} \quad (7)$$

When $\theta = 0$ described scheme is an analogue of the Lax-Wendroff.

A necessary condition of stability obtained for the case of $a(u) = const$, requires the parameter θ to take non-negative amounts. Therefore, further we assume completion of the following restrictions:

$$\theta_{j+\frac{1}{2}}^* \geq 0.$$

If you choose a function θ by the formula

$$\theta_k = \begin{cases} 0, & \text{when } |\tilde{g}_k| \leq |\tilde{g}_{k-s}|, |\tilde{g}_k| \cdot |\tilde{g}_{k-s}| \geq 0; \\ \frac{\tilde{g}_k - \tilde{g}_{k-s}}{\tilde{g}_k}, & \text{when } |\tilde{g}_k| > |\tilde{g}_{k-s}|, |\tilde{g}_k| \cdot |\tilde{g}_{k-s}| \geq 0; \\ \theta_{0,k}, & \text{when } \tilde{g}_k \cdot \tilde{g}_{k-s} < 0, \end{cases} \quad (8)$$

where $k = j + \frac{1}{2}, s = \operatorname{sgn} a_{j+\frac{1}{2}}^n, \tilde{g}_{j+\frac{1}{2}} = \left| a_{j+\frac{1}{2}}^n \left(1 - \mathfrak{N} \left| a_{j+\frac{1}{2}}^n \right| \right) u_{x, j+\frac{1}{2}}^n \right|$,

$$\theta_{0, j+\frac{1}{2}} = \frac{1 - \mathfrak{N} \left| a_{j+\frac{1}{2}}^n \right|}{\mathfrak{N} \left| a_{j+\frac{1}{2}}^n \right|},$$

then, according to the study [3], the scheme of «predictor-corrector» (7) is approximated by (6) with the second order of τ and h and will remain (at $\nu = 0$), the monotony of the numerical solution.

CONCLUSION

When using the scheme (6) to a source in the diffusion part the numerical solution when θ is calculated by the formula (8) is also monotone and almost coincides with the accurate solution on the grid with $N = 400$.

As the use of the scheme (6) has led to more accurate results, then further calculations will use this particular scheme [4]. It should be noted that in the coarser grids with the number of nodes $N < 400$ there was a failure to get numerical solution. This is due to the fact that the source term $g(u)$ obtained by numerical calculation, on coarser meshes differ considerably from the accurate function. That is why it

makes sense to carry out calculations on adaptive grids with condensation in the area of high amounts of the gradient of the solution, and, consequently, in the region of large amounts derived from the source term. However, taking as the basis the analysis carried out above, for the adaptive grids we will use the scheme (6).

REFERENCES

- 1 **Varnets, Y., Maas, U., Dibbl, R.** Gorenje. Physical and chemical aspects, modeling, experiments, formation of polluting sub-stances. – М.: Phizmatlit, 2003.
- 2 **Zeldovich, I. B., Barenblatt, G. I., Librovich, V. B., Mahviladze, G. M.** Mathematical theory of burning and explosion. – Plenum, New York, 1985. – 479 p.
- 3 **Hakimzjanov, G. S., Shokin, Y. I.** Differential of the scheme on adaptive grids : In 3ch. P.1: Problems for the equations in private derivatives from one spatial variable. – Novosibirsk : NSU, 2005.
- 4 **Hakimzjanov, G. S., Shokin, Y. I., Barahnin, V. B., Shokina, N. Y.** Numerical modeling of currents of a liquid with superficial waves. – Novosibirsk : Publishing house of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 2001. – 394 p.

Material received on 29.11.19.

Д. Б. Алибиев¹, Г. С. Хақимзянов², А. Ш. Қажикенова³, А. Б. Сетимбетова⁴
Алдын ала І жалын предиктор-түзеткіш схемасы бойынша кеңейту

^{1,3,4}Математика және ақпараттық технологиялар факультеті,

Е. А. Букетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті,
 Қарағанды қ., 100026, Қазақстан Республикасы;

²Механика-математика факультеті,
 Новосібір мемлекеттік университеті,

Новосібір қ., Ресей Федерациясы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

Д. Б. Алибиев¹, Г. С. Хақимзянов², А. Ш. Қажикенова³, А. Б. Сетимбетова⁴
Распространение фронта пламени І по схеме предиктор-корректор

^{1,3,4}Факультет математики и информационных технологий,

Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова,
 г. Караганда, 100026, Республика Казахстан;

²Механико-математический факультет,

Новосибирский государственный университет,
 г. Новосибирск, 630001, Российская Федерация.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Белгілі болғандай, әртүрлі физикалық құбылыстарды сипаттайтын көптеген математикалық модельдерге параболикалық түр теңдеулері кіреді. Мұндай теңдеулер химиялық реакторлардың ағынды бөлігіндегі көмірсутек отындарының жану процесстерін сипаттайтын үлгілерге кіреді. Мұндай процесстерді моделдеу температураының үлкен ауытқуы бар аймақтың және жанғыш қоспа – жалын фронтының шоғырлануының болуымен қиындайды. Сондықтан мұндай ерекшеліктерді жақсы сипаттай алатын салыстырмалы дәрекі торларда сандық әдістерді құру қажеттілігі туындайды.

Мақалада предиктор-корректор әрине-айырымдық схема негізінде отын қоспасында жалынның таралу процесін сандық моделдеудің нәтижелері келтірілген. Алаудың таралуының есептік жылдамдығы шағын желілерді пайдалану кезінде теориялық мәнге жақын, сондай-ақ бейімделген тордағы предиктор-корректор схемасы келтірілген. Қарапайым математикалық модельдің көмегімен жалынның таралу процесін есептеу алгоритмі жасалды.

Как известно, во многие математические модели, описывающие разнообразные физические явления, входят уравнения параболического типа. Такие уравнения входят в модели, характеризующие процессы горения углеводородных топлив в проточной части химических реакторов. Моделирование таких процессов осложняется наличием зоны с большими перепадами температуры и концентрации горючей смеси – фронта пламени. Поэтому возникает необходимость в создании численных методов, которые на сравнительно грубых сетках могли бы хорошо описывать такие особенности.

В статье представлены результаты численного моделирования процесса распространения пламени в горючей смеси на основе конечно-разностной схемы предиктор-корректор, аппроксимационная вязкость которой препятствует возникновению численных осцилляций и способствует получению гладких профилей параметров в окрестности фронта пламени. Показано, что при использовании мелких сеток рассчитанная скорость распространения пламени близка к теоретическому значению, а также приведена схема предиктор-корректор на адаптивной сетке. Составлен алгоритм расчета процесса распространения пламени в рамках простейшей математической модели.

А. Ш. Алимгазин¹, С. Г. Алимгазина²

¹д.т.н., профессор, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан;

²ст. науч. сотр., Старт-ап компания ТОО «БМТУ», г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан

e-mail: ¹alimgazin_altai@mail.ru; ²s.baktyarova@mai.ru

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕПЛОНАСОСНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
НА АКСУСКОМ ЗАВОДЕ ФЕРРОСПЛАВОВ –
ФИЛИАЛЕ АО «ТНК «КАЗХРОМ»**

В статье рассматриваются вопросы, связанные с применением энергосберегающих теплонасосных технологий путем утилизации низкотемпературной сбросной теплоты систем технического водоснабжения промышленных предприятий энергетики, черной и цветной металлургии, нефтехимии, машиностроения и т.д.

Внедрение теплонасосных установок на промышленных предприятиях даст возможность вернуть в системы их теплоснабжения значительные объемы безвозвратно теряемого тепла без дополнительного сжигания традиционных видов топлива, что позволит получить существенный экономический эффект, при этом существенно уменьшая тепловое загрязнение окружающей среды.

Ключевые слова: энергосбережение, теплонасосные установки, альтернативные и возобновляемые источники энергии, «зеленые» технологии.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших и перспективных задач в области энергосбережения и повышения энергоэффективности действующего оборудования предприятий Республики Казахстан является утилизация *низкотемпературной сбросной теплоты систем технического водоснабжения (далее – СТВ) промышленных предприятий энергетики, черной и цветной металлургии, нефтехимии* [1–14].

В вышеприведенных системах технического водоснабжения предприятий теряется порядка 45–55 % первичной энергии топлива. Охлаждение по существующей технологии отработанной воды зачастую приводит к тепловому загрязнению близлежащих водоемов, например, в г. Усть-Каменогорске ТОО «Усть-Каменогорская ТЭЦ», ТОО «Согринская ТЭЦ» сбрасывают горячую воду с температурой +25–40 °С в р. Ульба и р. Иртыш [1, 3].

Применение теплонасосных технологий на промышленных предприятиях позволит вернуть в систему теплоснабжения предприятия значительные объемы безвозвратно теряемого тепла без дополнительного сжигания традиционных видов топлива, что позволит получить существенный экономический эффект, отказаться от покупной энергии извне, при этом уменьшая тепловое загрязнение окружающей среды [7–15].

Проблемы очень актуальны для Республики Казахстан, обладающей значительным индустриальным потенциалом – в стране действует несколько десятков ТЭЦ, ряд ГРЭС, 3 нефтеперерабатывающих завода, заводы черной и цветной металлургии, машиностроение и т.д.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В 2016–2017 годах разработанная учеными ЕНУ им. Л. Н. Гумилева «зеленая» технология [6,10,11], пройдя многоступенчатый отбор в Министерстве энергетики, Министерстве образования и науки Республики Казахстан, в числе 25 лучших научных проектов ученых страны представлена в Национальном павильоне «Нур Алем» Международной выставки ЕХРО-2017.

В результате проведения сотрудниками НИИ «ЭиЭТ», ТОО «БМТУ» в 2010–2018 г.г. ряда госбюджетных и хоздоговорных НИР для коммерциализации теплонасосных технологий на промышленных объектах предлагаются образцы нового изделия – блочно-модульные теплонасосные установки (далее – БМТУ), которые представляют собой металлические утепленные контейнеры с установленным внутри теплонасосным оборудованием [10,12–14].

Источником доходности проектов при внедрении БМТУ на промышленных предприятиях являются [14]:

1 Значительный экономический эффект, т.е. разница стоимости тепловой энергии, покупаемой потребителями на ТЭЦ, и вырабатываемых с применением тепловых насосов (в 2–4 раза).

2 Существенное снижение эксплуатационных затрат предприятий, использующих оборотные и прямоточные системы водоснабжения.

3 Снижение выбросов парниковых газов предприятиями и, как следствие, уменьшение экологических платежей.

В период 2017–2020 годы г.г. ЕНУ им. Л. Н. Гумилева совместно со Старт-компанией ТОО «БМТУ» реализуется «Проект коммерциализации блочно-модульной теплонасосной установки для утилизации низкопотенциальной сбросной теплоты систем технического водоснабжения промышленных предприятий», направленный на практическое внедрение на ПФ ТОО «KSP Steel» (г. Павлодар) конкретной отечественной технологии и схемы использования альтернативных источников энергии, что позволит повысить энергетическую и экономическую эффективности работы оборудования предприятия, существенно уменьшить выброса парниковых газов в атмосферу г. Павлодара.

Цели реализации проекта – применение «зеленых» технологий с использованием альтернативных и возобновляемых источников энергии и снижение воздействия на окружающую среду на региональном уровне.

Аналогичные работы в 2018–2019 годах проводятся и на **Аксуком заводе ферросплавов (АЗФ) – филиале АО «ТНК «Казхром».**

Согласно Протокола Совещания от 23.07.2018 г. при Управлении энергетического обеспечения (далее – УЭО) Аксуского завода ферросплавов (далее – АЗФ) – филиала АО «ТНК «Казхром», ряда встреч с руководством АЗФ, намечена Программа внедрения тепловых насосов (ТН) на предприятии, учеными учеными НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии» (далее – «ЭиЭТ») ЕНУ им. Л. Н. Гумилева и Старт-компания ТОО «БМТУ» проводятся совместные НИР по оценке возможностей применения тепловых насосов (ТН) с использованием альтернативных источников энергии на различных объектах предприятия.

В рассматриваемом проекте предлагается применение теплонасосной установки (ТНУ) в тепловой схеме плавильного цеха № 4 с использованием в качестве источника низкопотенциальной теплоты воды из СОВ предприятия с температурой до +35 °С, направляемой на испарители ТНУ.

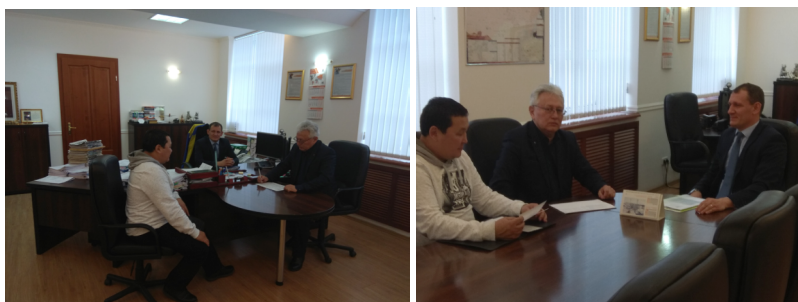


Рисунок 1–2 – Встреча с директором АЗФ Прокопьевым СЛ. по вопросам применения тепловых насосов (2019 г.)

За период июль 2018 г. – август 2019 г. учеными НИИ «ЭиЭТ» и ТОО «БМТУ» проведены укрупненные расчеты применения энергосберегающей теплонасосной технологии как в плавильном цехе № 4 (тепловая мощность 2,34 Гкал/час), так и для нужд всего АЗФ (тепловая мощность 43 Гкал/час), а также и для отопления пилотного здания – корпуса № 3 дома отдыха предприятия «Факел» (пос. Баян-Ауыл) Павлодарской области.

Учеными НИИ «ЭиЭТ» Университета и ТОО «БМТУ» летом 2019 года разработано и передано в УЭО АЗФ технико-экономическое обоснование (ТЭО) двух проектов:

– «Применение теплонасосных технологий с использованием сбросной теплоты системы оборотного водоснабжения для повышения эффективности работы оборудования плавильного цеха № 4 АЗФ»;

– «Применение теплонасосных «зеленых» технологий при модернизации системы теплоснабжения объектов дома отдыха «Факел» (пос. Баян-ауыл) Павлодарской области».

В рассматриваемом к реализации первом проекте предлагается применение теплонасосной технологии в плавильном цехе № 4 с использованием в качестве источника низкопотенциальной теплоты воды из системы оборотного водоснабжения (СОВ) – градирни предприятия с температурой до +35 °С, направляемой на испарители ТН. При применении ТН в результате использования сбросной теплоты СОВ цеха № 4 АЗФ (от 4 000 до 6 000 м³/час), идущей на охлаждение в градирни УЭО предприятия, все утилизируемое тепло может быть направлено на теплоснабжение различных объектов цеха.

При реализации данного проекта планируется покрытие суммарной тепловой нагрузки (отопление +горячее водоснабжение) цеха № 4 предприятия 2,34 Гкал/час.

В соответствии с исходными данными по объекту, представленными специалистами УЭО АЗФ, проведен укрупненный расчет эффективности применения ТН для теплоснабжения объектов в цехе № 4, из которого следует, что годовой экономический эффект от применения ТН в цехе составит 42 811,936 тыс.тенге, срок окупаемости предлагаемого проекта равен 3,53 года.

Таблица 1 – Сравнение годовых эксплуатационных затрат на выработку тепловой энергии плавильного цеха №4 АЗФ от различных теплоисточников

№	Название теплоисточника	Стоимость годовых эксплуатационных затрат, Э _{год.экс.} тыс.тенге	Стоимость 1 Гкал/час, тенге/Гкал (с НДС)
1	Теплоснабжение цеха № 4 от РОК-2 АЗФ	50 927,76	2 500
2	Теплонасосная котельная	8 115,824	489,8

Результаты реализации проекта:

- отказ от традиционного источника тепла – угольной котельной РОК-2 со значительными эксплуатационными затратами;
- существенное уменьшение выбросов парниковых газов;
- обеспечение круглогодичного надежного теплоснабжения объектов плавильного цеха № 4 АЗФ;
- применение ТНУ вместо градирен, помимо утилизации сбросной низкопотенциальной теплоты, позволяет *снизить мощность циркуляционных насосов, сократить водопотребление на производственные нужды.*

Так, в настоящее время согласовываются к подписанию в 2020 году 2 договора с АЗФ на проведение всего комплекса работ по практической внедрению БМТУ в плавильном цехе № 4 предприятия и при модернизации теплоснабжения ведомственного Дома отдыха «Факел» (пос. Баянаул Павлодарской области).

29–30 октября 2019 года в рамках намеченной Программы внедрения ТН на АЗФ состоялись Производственное Совещание «Применение «зеленых» теплона-сосных технологий с использованием альтернативных источников энергии на различных объектах предприятия» с участием специалистов в области внедрения новых энергосберегающих технологий из фирмы «Хуаюань Таймэн» LTD (г. Пекин), ученых из НИИ «ЭиЭТ» (ЕНУ им. Л. Н. Гумилева), ТОО «БМТУ», ведущих технических специалистов завода.



Рисунки 3–4 – Выступление директора АЗФ Прокопьева С. Л. по проблемам предприятия и возможностям применения тепловых насосов на объектах АЗФ

После взаимовыгодного обсуждения перспектив применения тепловых насосов с утилизацией сбросной теплоты системы оборотного водоснабжения на различных объектах предприятия (АБК плавильного цеха № 4, вопроса обогрева отсадочного комплекса чашами с оборотными и шлаковыми отходами и др.), участники Совещания ознакомились непосредственно с работой технологического оборудования объектов в производственных условиях, после чего были внесены определенные коррективы.



Рисунки 5–6 – На производственной площадке плавильного цеха №4 АЗФ, где в 2020 году будут установлены тепловые насосы суммарной мощностью 2 МВт



Рисунки 7–8 – Система оборотного водоснабжения цеха № 4 АЗФ с градирнями и системой отвода теплоты непосредственно от элементов печи

ВЫВОДЫ

В настоящее время начинаются проектно-изыскательские работы по объектам плавильного цеха № 4, комплекс основных работ после согласования и заключения Договоров планируется начать в первом квартале 2020 года.

В ближайшей перспективе планируется внедрение тепловых насосов в основных цехах АЗФ, что позволит в перспективе отказаться от угольной котельной РОК, что существенно снизит выбросы парниковых газов в г. Аксу

По результатам работы пилотных проектов на АЗФ в последующем также планируется применение теплонасосных технологий и на Актюбинском заводе ферросплавов – филиале АО «ТНК «Казхром».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Алимгазин, А. Ш., Алимгазина (Бахтиярова), С. Г. Разработка технологий и внедрение теплонасосных систем теплоснабжения жилых, общественных и производственных зданий в Республике Казахстан с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии // Астана : Изд-во «Арт-принт», 2010. – 171 с.

2 Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г. Теплонасосные технологии для теплоснабжения различных объектов. Опыт Республики Казахстан// АВОК. – Энергосбережение. – 2013. – № 8. – С. 68–73.

3 Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г., Кислов, А. П., Амренова, Д. Т. Разработка технологий утилизации низкопотенциального тепла оборотных циклов водоснабжения промышленных предприятий Республики Казахстан с использованием тепловых насосов нового поколения. // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова, серия «Энергетическая». – 2015. – № 2. – С. 1–25.

4 Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Petin, Y. M. Application of new generation heat pump technologies using alternative energy sources to generate additional heat energy at the heat power plants-2 (Astana city). // «IX Minsk International Seminar Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources», Minsk, Belarus, 07–10 September 2015, – S. 230–235.

5 Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Zhalmagambetov, B. N. Analysis of prospects of technology heat pump to produce extra heat energy for JSC «TPP-2» Astana. // Proc.: Proceedings of the 3 International Forum «Renewable energy: ways to increase the energy and economic efficiency» (REENFOR-2015), Yalta, 17–19 November, 2015.

6 Алимгазин, А. Ш., Бергузинов, А. Н. Применение технологии «Зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» международной выставки «EXPO-2017». // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова, серия «Энергетическая». – 2017. – № 1. – С. 21–28.

7 Алимгазин, А. Ш., Омаров, К. С., Постников, В. А., Тлеубаев, А. С. Перспективы внедрения энергосберегающих теплонасосных технологий с утилизацией сбросной теплоты системы оборотного водоснабжения на ПФ ТОО «KSP STEEL» // В сбор. материалов Международной научно-практической конференции «Переработка промышленных отходов, как залог экологической безопасности», г. Павлодар, ПГУ им. С. Торайгырова, октябрь 2016 г., – С. 27–33.

8 Алимгазин, А. Ш., Бахтияров, А. Е., Бектурганов, С. О. Применение тепло-насосных технологий при использовании низкопотенциального тепла циркуляционной воды конденсаторов турбин АО «Станция ГРЭС-2» для теплоснабжения здания береговой насосной станции // В сбор. материалов Международной научно-практической конференции «Переработка промышленных отходов, как залог экологической безопасности», г. Павлодар, ПГУ им. С. Торайгырова, октябрь 2016 г., – С. 39–46

9 Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г., Бахтияров, А. Е. Анализ перспектив применения теплонасосных технологий на металлургических предприятиях Республики Казахстан. // В сбор. трудов «VIII Международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в промышленности. 100 лет отечественного проектирования металлургических печей», МИСиС, г. Москва, октябрь 2016 г., – С. 238–250.

10 Патент РК № 2289 на полезную модель «Теплонасосная установка для отопления и горячего водоснабжения» – авторы Алимгазин А. Ш., Алимгазина С. Г., Бахтияров А. Е., Омаров К. С., Калиев Г. А., Калиев Б. А. // БИ № 14 от 31.07.2017 г., Регистр. номер 2016/0377.2 от 11 июля 2016 г. в РГКП «Национальный институт интеллектуальной собственности» (НИИС) МЮ РК.

11 Патент РК № 2048 на полезную модель «Теплонасосная установка для тепло- хладоснабжения» – авторы Алимгазин А. Ш., Омаров К. С., Алимгазина С. Г., Бахтияров А. Е. // БИ № 4 от 28.02.2017 г., Регистр. номер 2016/0304.2 от 1 июня 2016 г. в РГКП «НИИС» МЮ РК.

12 Алимгазин, А. Ш., Бергузинов, А. Н., Расмухаметова, А. С. Применение энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников энергии для тепло- и хладоснабжения объектов Республики Казахстан. // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова, серия «Энергетическая». – 2017. – № 1. – С. 29–36.

13 Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г., Шарыпов, А. С., Бахтиярова, С. Е. Коммерциализация блочно-модульной теплонасосной установки для утилизации низкопотенциальной сбросной теплоты систем технического водоснабжения промышленных предприятий. // В сбор. материалов IV Международной конференции ICITE «Промышленные технологии и инжиниринг», г. Шымкент, 26–27 октября 2017 г., – С. 23–30.

14 Алимгазин, А. Ш., Бахтиярова, С. Е. Анализ экономической и энергетической эффективности применения БМТУ для ТОО «KSP Steel» для утилизации низкопотенциальной сбросной теплоты систем технического водоснабжения промышленных предприятий. // В кн.: Материалы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения», г. Астана, ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 16 марта 2018 г., – С. 498–503.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

А. Ш. Алимгазин¹, С. Г. Алимгазина²

«Қазхром «ТҰК» АҚ филиалы – Ақсу ферроқорытпа зауытында баламалы энергия көздерін пайдалана отырып, энергия үнемдейтін жылу сорғыш технологияларды қолдану перспективалары»

¹Көлік және энергетика факультеті,
Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы;

²Бастау компаниясы БТУ ЖШС,
Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

A. Sh. Alimgazin¹, S. G. Alimgazina²

Prospects of application of the energy-saving heat pump technologies using alternative energy sources at the Aksu Ferroalloy Plant – a branch of «Kazchrome TNK» JSC

¹Faculty of Transport and Energy,
L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan;

²Start-up company BMTU LLP,
Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада энергетика саласындағы өнеркәсіптік кәсіпорындардың техникалық сумен жабдықтау жүйелерінің төмен температуралы қалдықты жылыуды пайдалану арқылы энергияны үнемдейтін жылу сорғысы технологияларын пайдалануға, қара және түсті металлургия, мұнай химиясы, машина жасау және т.б. байланысты мәселелер қарастырылады.

Өнеркәсіптік кәсіпорындарда жылу сорғыларын енгізу жылумен жабдықтау жүйелеріне біртіндеп жоғалған жылыудың едәуір көлемін дәстүрлі отынның қосымша жануынсыз қайтаруға мүмкіндік береді, бұл қоршаған ортаның жылу ластануын едәуір төмендетіп, айтарлықтай экономикалық нәтиже алуға мүмкіндік береді.

The article discusses the issues associated with the application of heat-saving heat pump technologies by utilizing low-temperature waste heat from the technical water supply systems of industrial enterprises in the energy sector, ferrous and non-ferrous metallurgy, petrochemicals, mechanical engineering, etc.

The introduction of heat pump units at industrial enterprises will make it possible to return significant volumes of heat irrevocably lost to heat supply systems without additional burning of traditional fuels, which will allow to obtain a significant economic effect, while significantly reducing thermal pollution of the environment.

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

¹к.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 Казахстан

email: ¹karar47@mail.ru; ²Vikarp@mail.ru; ³akmail04cx@mail.ru

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗАРУБЕЖНЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РАЗРАБОТОК ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ОТРАСЛИ СТРОИТЕЛЬСТВА

В статье рассмотрен анализ современного состояния применения имитационных моделей и методов математической статистики в отрасли связи. Проведен обзор работ связанных с использованием имитационного моделирования и математической статистики, сферы отрасли строительства, где наиболее часто использованы возможности имитационного моделирования, выполнена оценка достоинств и недостатков рассматриваемых имитационных моделей, применяемых программных продуктов.

Ключевые слова: модель, анализ, имитационное моделирование, методы математической статистики, программный продукт, системы управления, технологические системы.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях, при высоком уровне конкурентности в отрасли производства строительных изделий, остро стоит вопрос повышении качества строительной смеси и производительности технологического оборудования, за счет применения энергосберегающих технологий, снижения стоимости ингредиентов строительной смеси за счет использования техногенных отходов в качестве заполнителей, вместо традиционных. С каждым годом увеличивается разнообразие используемых бетонов, требование к ним. В

технологии производства строительных изделий используют новые физико-химические процессы, автоматизированное или полуавтоматизированное оборудование, для улучшения качества строительных изделий и повышения производительности. Повышение производительности технологических линий предприятий производящих строительные изделия, возможно за счет увеличения производственных площадей и расширения технологических процессов или за счет повышения производительности имеющегося оборудования. Оно в свою очередь связано с оптимизацией различных производственных процессов: качества исходного сырья, точности работы технологического оборудования, сокращения времени выполнения вспомогательных операций, применения эффективных рецептур строительной смеси, отсутствия простоя технологического оборудования, сокращения времени ремонта, подачи строительной смеси, производства готовой продукции.

Решение задачи оптимальной производительности оборудования, в значительной мере связано с автоматизацией технологических процессов, применением в исследовании рецептур строительной смеси с использованием техногенных отходов современных методов математического моделирования, статистических методов обработки экспериментов, реализацией численных методов и алгоритмов в виде проблемно-ориентированных программ для разработки имитационных моделей технологических линий производства строительных изделий с целью прогнозирования производительности оборудования. Не для кого не секрет, что качество строительных изделий в технологическом процессе производства в первую очередь зависит от используемой рецептуры строительной смеси. Разработка рецептуры строительной смеси занимает не менее 30 суток [1], включая подбор состава и лабораторные испытания.

В результате лабораторных испытаний, после обработки данных статистическими методами получаем рецептуры с характеристиками (прочность на сжатие, изгиб, морозостойкость, влагопроницаемость) и себестоимостью строительной смеси. Корректировку рецептур строительной смеси проводят после получения данных по лабораторным испытаниям. При проведении испытаний используются математические методы факторного планирования.

Наступившее тысячелетие в передовых индустриальных странах мира окончательно утвердило глобальный подход к оценке эффективности использования и управлению вторичными ресурсами. В промышленно развитых странах на государственном уровне уже длительное время успешно используется методика расчета затрат различных ресурсов на технологические процессы, в основу которой положен принцип «cradle

to gate» (от истока до выхода) или «от колыбели до могилы», впервые предложенный в США в 1960 году. «Анализ жизненного цикла» («Life Cycle Analysis – LCA») любого потребляемого человеком продукта или изделия в современном виде заключается в количественной оценке использованных для производства продукции энергии и материалов, а также выбросов в окружающую среду [2].

В настоящее время во многих странах в том числе и Казахстане, уделяется большое внимание решению экологических проблем, в частности использованию техногенных отходов для производства строительных изделий [3, 4].

В нашей работе мы рассматриваем не только возможность использования техногенных отходов в рецептуре строительной смеси, а применение имитационных моделей и методов математической статистики в отрасли строительства. Во многих работах рассматриваются системы управления технологическими процессами производства строительных изделий.

Так в работе [5] исследовались свойства технологических процессов и оборудования непрерывного смешивания компонентов смесей как объектов автоматического управления.

В работе [6] осуществлена разработка структур, моделей и алгоритмов оперативного управления производством строительных (преимущественно железобетонных) изделий.

В работе [7] описывается разработка и исследование комплексной модели использования природных, вторичных и техногенных ресурсов металлов, позволяющей прогнозировать экологические сценарии устойчивого развития металлургической индустрии. Разработка диалогового алгоритма и создание на его основе диалоговой системы для решения задачи многокритериальной оптимизации технологического процесса глобального рециклинга железа.

В работе [8] построена структурно–функциональная модель организационного потенциала применения вторичных ресурсов (сульфагипс) производственно–экологических систем в строительстве.

Научная постановка комплексной задачи решения оптимизации технологических процессов в строительстве с учетом применения методов оптимизации, системотехники, использования теоретического задела отечественных и зарубежных ученых, анализа практического опыта в данной сфере, а также к исследованию управления иерархическими системами в своих трудах обращались Месарович М., Такахара И., Сборщиков С. Б., Лапидус А. А., Гусакова Е. А., Олейник П. П. и др.

Проблемам системотехники в строительстве посвящены работы российских ученых: Гусакова А. А., Волкова А. А., Гинзбурга А. В., Синенко С. А. и др.

Вопросы организации и управления и моделирования сложных систем ставятся и решаются в трудах Акоффа Р., Бира С., Думлера С. А., Мухина В. И., Форрестера Дж., Эмери Ф. и др.

Необходимость повышения эффективности деятельности предприятий как одного из факторов обеспечения экономической безопасности регионов и страны в целом обуславливает поиск возможных путей ее оптимизации. В этой связи актуальными видятся вопросы применения современных IT-технологий в различных процессах современного производства [9].

Имитационное моделирование позволяет смоделировать ситуацию, позволяющую пользователю видеть реальную картину любого процесса в реальном времени, прогнозируя и предотвращая случайные ситуации возникающие спонтанно не по воле человека. В настоящее время имитационное моделирование получило распространение на всех уровнях планирования. В планировании под имитационным моделированием понимают создание компьютерной программы, которая позволяет исследовать процесс функционирования реальной производственно-хозяйственной ситуации предприятия путём проведения экспериментов на компьютере в целях обоснования планового решения и, следовательно, может считаться виртуальной версией данного предприятия [9, 10].

Необходимость применения метода имитационного моделирования в решении задач планирования обусловлена тем, что материальные, информационные, финансовые потоки бизнес-процессов имеют характеристики, изменяющиеся во времени по случайным законам, в силу чего ресурсы могут использоваться неравномерно. Имитационное моделирование процессов планирования на производстве позволяет проводить эксперименты с процессами предприятия при ограниченности его ресурсов, что дает возможность избежать возможных рисков в случае неудачного эксперимента [11].

В основе настоящего исследования лежат результаты работ в области автоматизации и управления технологическими процессами и производствами (А. К. Шрейбер, В. А. Воробьев, А. А. Гусаков, А. Б. Николаев, А. В. Илюхин, Б. Д. Кононыхин, В. И. Марсов, О. И. Максимычев, С. В. Алексахин), теории массового обслуживания (А. Д. Соловьев, Г. П. Башарин, Я. Д. Коган, А. Д. Харкевич, М. А. Шнепс, В. Г. Беляков, А. Л. Толмачев, М. Шварц), теории сетей массового обслуживания (Т. П. Башарин, А. Л. Толмачев, В. А. Жожикашвили, В. М. Вишневецкий, Л. Клейнрок), методов анализа многопоточковых систем массового обслуживания сложной структуры (Г. П. Башарин, П. П. Бочаров, Ю. В. Гайдамак, К. Е. Самуйлов), методов управления процессами информационного обмена (Б. Я. Советов, С. А. Яковлев, О. Б. Низамутдинов, С. Л. Белковский, В. Т. Еременко, С. В. Костин).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим существующие описания имитационных моделей, и методов математической статистики применяемых для решения практических задач в строительной отрасли.

В работе Скворцова В. О. с помощью имитационной модели исследуется управление системой экологического менеджмента строительного предприятия, обеспечивающим снижение временных затрат должностных лиц при реализации экологических аспектов. Работа основана на использовании методологии системного анализа, теории графов, численной таксономии, аппарата теории принятия решений, экспертных оценок, имитационного моделирования, динамического программирования Anylogic [12].

Работа Смирновой Н. А. посвящена разработке имитационной модели управления технологическими процессами предприятия, занимающегося отгрузкой строительных материалов с целью предотвращения простоев и своевременной отгрузки строительных материалов. В работе использованы элементы теории вероятностей и математической статистики, теории массового обслуживания и имитационного моделирования, программный продукт GPSS World [13].

Цель работы Бабиной О. И. построение оптимизационной и имитационной модели склада промышленного предприятия по производству бетона. Моделируются процессы функционирования складской системы в программной среде ExtendSim и оптимизируется прибыль предприятия с помощью эволюционного алгоритма. В работе приводится описание построения имитационной модели и получения результатов моделирования [14].

В работе Hein Htet Aung и др. объектом исследования является технологический процесс управления качеством производства железобетонных изделий. Исследуется математическая модель процесса управления качеством сборного железобетона, которая может служить основой для создания имитационной модели по контролю за качеством продукции [15].

В работе Пахотиной Н. В. разработана имитационная модель управления строительными предприятиями, для исключения случайных фактов и корректировки управленческих решений. В теоретической части работы использовались программные продукты Matcad, winсмета 2000, C++ [16].

Работа Кругликова В. В. рассмотрена задача оперативного управления технологическим процессом производства железобетонных изделий, создана имитационная модель управления технологическим процессом и локальная система управления. В теоретической части использованы методы математической статистики, теории вероятности, программный продукт Anylogic.

В работе Остроуха А. В. решались задачи комплексной автоматизации и моделирования процессов технологической подготовки строительного производства, совершенствования механизмов управления технологическими процессами строительных работ, техническими средствами, материалами и изделиями за счет применения новых разработанных моделей и методов для решения задач, возникающих в ходе функционирования предприятий по строительству промышленных объектов с целью обеспечения заданных ограничений (сроков сдачи объектов, лимитов ресурсов и финансирования и др.) и рационального использования ресурсов. Для решения поставленных в задач автором, использовались современные информационные технологии и пакеты прикладных программ, методы математического программирования, теории графов, методы системного анализа, методы имитационного моделирования, математической статистики и математической логики, теория вероятностей, программного продукта GPSS World [17].

Работа Лазаревой Н. В. посвящена разработке кластерной модели организации научно-технической и инновационной деятельности в строительстве, логико-информационная модель увязки процессов отбора, оценки научно-технических проектов, а также распределения ресурсов для их реализации в рамках корпоративной инновационной программы [18].

Разберем преимущества и недостатки имитационных моделей выше приведенных авторов (см. табл.1)

Таблица 1 – Преимущества и недостатки имитационных моделей

№ работы	Преимущества	Недостатки
Скворцов В. О.	Точная постановка задачи моделирования Детальная проработка концептуальной модели	Отсутствие алгоритма построения имитационной модели. Нет результатов моделирования и их интерпретации
Смирнова Н. А.	Реальная интерпретация результатов моделирования. Адаптация модели к условиям предприятия Проведение экспериментов с моделью.	Нет точной проверки правильно-сти модели. Ограниченность использования модели
Бабина О. И.	Решение задачи управления предприятия Определение основного критерия оптимизации складских помещений	Отсутствие возможности редактировать начальные данные модели. Привязка модели к одному типу операций
Пахотина Н. В.	Экспериментальная верификация модели Визуализация результатов моделирования	Отсутствие компьютерной анимации в модели. Нет интеграции с внешними программами. Ограниченное использование модели
Кругликов В. В.	Детальная проработка концептуальной модели. Блок-схема алгоритма имитационной модели. Грамотная обработка статистических данных по предприятию Точная постановка задачи моделирования	Поверхностная проверка модели на адекватность. Отсутствие алгоритма построения имитационной модели. Недостаточная интерпретация результатов моделирования

Остроух А. В.	Имитационная модель снабжена дружеским графическим интерфейсом. Грамотная обработка статистических данных по предприятию.	Нет интеграции с внешними программами. Ограниченность использования модели.
---------------	---	---

Следует отметить, что выделенные преимущества и недостатки не являются исчерпывающими: данный список может быть расширен.

Анализ основных преимуществ и недостатков имитационных моделей показал отсутствие единой методики применения метода имитационного моделирования, детализированной проработки каждого из этапов создания имитационной модели с ориентацией на новые функциональные возможности, появившиеся в современных программных пакетах имитационного моделирования, а также позволяющая снизить трудоемкость создания имитационной модели.

Рассмотрим Перечень основных задач, решаемых с помощью технологии имитационного моделирования, методы и программные средства, с помощью которых имитационные модели реализованы, систематизированы и обобщены (см.табл. 2).

Таблица 2 – Применение метода имитационного моделирования для решения задач планирования

Направление планирования	Задача планирования	Метод моделирования	Инструментарий (программный пакет)
Оперативное планирование	Планирование производственной программы Прогноз возникновения «узких мест» производства в случае увеличения объемов выпуска продукции Управление технологическими процессами, предприятием, системой экологического менеджмента	В основном дискретно-событийный подход	Matcad,C++ Anylogic,
Краткосрочное планирование	Управление складом Планирование запасов на предприятии Построение графика производства на несколько дней Формирование оптимальных технологических маршрутов движения техники на производстве	В основном дискретно-событийный подход	ExtendSim
Среднесрочное планирование	Оптимизация производственных процессов Оценка текущего состояния предприятия и его эффективности	Дискретно-событийный подход, Системная динамика по Форрестору	GPSS World, Anylogic
Долгосрочное планирование	Прогнозирование различных вариантов развития предприятия на больших временных интервалах Модернизация производственного процесса. Создание нового производства	Дискретно-событийный подход, Системная динамика по Форрестору	GPSS World, Anylogic,

Из табл. 2 видно, что имитационное моделирование применяется в основном: для управления предприятиями, складом, производством, планировании производственных процессов на предприятии, планировании снабженческо-сбытовой деятельности предприятия, оценки своевременности обслуживания заказов, планировании технологических процессов. Все эти сферы применения имитационного моделирования для процессов планирования предприятия направлены не только на улучшение технических характеристик системы, а прежде всего на экономическую составляющую – уменьшение экономических издержек.

На основе проведенного анализа можно отметить, что при планировании деятельности таких сложных систем, как предприятие, необходимо не только наличие эффективных методов и моделей принятия решений, но и использование современных информационных технологий.

От этого во многом зависит качество принятия управленческих решений. В настоящее время во всем мире широко используются инструментальные средства, в основе которых лежит метод имитационного моделирования. Причина растущей популярности этой технологии связана с особой сложностью и высокой степенью неопределённости экономических и производственных процессов современного мира [19].

ВЫВОДЫ

Применение имитационного моделирования позволяет рационально использовать имеющиеся ресурсы предприятия, наметить оптимальные стратегии развития, совершенствовать методы планирования, эффективнее повышать производительность производства и улучшать финансовое состояние предприятия в целом.

Анализ статей и литературы показал, что работы связанные с исследованием технологических процессов производства строительных изделий ведутся с применением различных математических методов, иерархических систем, моделирования сложных систем, как за рубежом, так и России. Но глубокие исследования технологических процессов производства с использованием в строительных изделиях техногенных отходов не ведутся. Отсутствуют аналоги разработки имитационных моделей технологической линии производства строительных изделий, в том числе и с использованием техногенных отходов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГОСТ10181-2014.Смеси бетонные. Методы испытаний.
- 2 **Уланова, О. В., Старостина, В. Ю.** Краткий обзор метода оценки жизненного цикла продукции и систем управления отходами // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4.
- 3 **Арынгазин, К. Ш. и др.** Использование техногенных отходов в производстве строительных материалов ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ». Всероссийский отраслевой журнал «Строительство: новые технологии – новое оборудование» – М. : 2018, № 12, – с. 62–67.
- 4 **Баженов, Ю. М., Щебенкин, П. Ф. и др.** Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов. – М. : Стройиздат, 1986. – 56 с.
- 5 **Захаров, Я. В.** Автоматизация процессом непрерывного смешивания сыпучих материалов. Автореф. на соиск.уч.степени канд.техн.наук. Москва, 2002. 167 с.
- 6 **Новиков, В. Ю.** Автоматизация управления системой оперативного управления производством строительных изделий. Автореф.на соиск.уч.степени канд. техн. наук. Москва, 2000. 128 с.
- 7 **Коротченко, Я. В.** Оптимизация параметров рециклинга железа на базе исследований закономерностей его движения в техносфере. Автореф. на соиск.уч.степени канд. техн.наук. Москва, 2011. 151 с.
- 8 **Шлыкова, А. А.** Анализ потенциала и практики вторичных ресурсов производства экологических систем в строительстве. Автореф.на соиск.уч.степени канд.техн. наук. Москва, 2013. 146 с.
- 9 **Емельянов, А. А.** Исследование имитационных моделей экономических процессов. Уч.пособие. – М. : Финансы и статистика, 2002. 368 с.
- 10 **Шенон, Р.** Имитационное моделирование систем-искусство и наука:пер.с англ. Под ред. Маслова – М. : Изд. «Мир», 1978. 212 с.
- 11 **Fu, M. C., Glover, F. W.** Simulation and optimization // A review, new development, and applications // Proceeding of 2005 Winter Simulation Conference. 2005. – P. 237–251.
- 12 **Скворцов, В. О.** Модели и алгоритмы управления экологическими аспектами в строительных организациях. Автореф. на соиск. уч.степени канд.техн.наук. Воронеж, 2013. 134 с.
- 13 **Смирнова, Н. А.** Имитационная модель оптимизации управления производством строительных материалов. Автореф. на соиск. уч.степени канд.техн.наук. Спб, 2002. 216 с.
- 14 **Бабина, О. И.** Имитационная модель склада промышленного предприятия по производству бетона. // Бизнес-информатика. 2015. № 1(31). – С. 41–50.

- 15 **Hein Htet Aung., Myo Lin Aung и др.** Математическое моделирование технологических процессов производства железобетонных изделий. // Автоматизация и Управление в технических системах. 2015. № 1. – С. 56–61.
- 16 **Пахотина, Н. В.** Управление реализацией строительного проекта с использованием имитационной модели. Автореф. на соиск. уч.степени канд. техн.наук. Новосибирск, 2005. 180 с.
- 17 **Остаух, А. В.** Автоматизация и моделирование работы предприятий по строительству промышленных объектов. Автореф. на соиск. уч.степени доктора техн. наук. Москва, 2009. 356 с.
- 18 **Лазарева, Н. В.** Кластерное моделирование организационно-инновационной деятельностью на корпоративном уровне в строительстве. Автореф. на соиск. уч.степени канд.техн. наук. Тверь, 2014. 131 с.
- 19 **Pichitlamken, P., Nelson, B.** Optimization via simulation. // Proceeding of 2002 Winter Simulation Conference. 2002. – P. 292–300.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

К. Ш. Арингазин¹, В. И. Карпов², К. М. Акишев³

Құрылыс саласында математикалық статистиканың имитациялық модельдері мен әдістерін қолданудың қазіргі шетелдік және отандық әзірлемелерін талдау

¹ЖШС «ЭкостройНИИ-ПВ» директоры,
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 29.11.19 баспаға түсті.

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

Analysis of existing foreign and domestic developments in the application of simulation models and methods of mathematical statistics in the construction industry

¹LLP «EkostroyNII-PV»,
Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan;

²K. G. Razumovsky Moscow State University
of Technology and Management,

Moscow, 117570, Russian Federation.

³S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада байланыс саласындағы математикалық статистиканың Имитациялық модельдері мен әдістерін қолданудың қазіргі жай-күйін талдау қарастырылған. Имитациялық модельдеу мен математикалық статистиканы пайдаланумен байланысты жұмыстарға шолу жүргізілді, онда Имитациялық модельдеу мүмкіндіктері жиі пайдаланылатын құрылыс саласы, қарастырылатын Имитациялық модельдердің, қолданылатын бағдарламалық өнімдердің артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалау орындалды.

The article analyzes the current state of application of simulation models and methods of mathematical statistics in the communications industry. The review of works related to the use of simulation and mathematical statistics, the sphere of the construction industry, where the most commonly used simulation capabilities, evaluated the advantages and disadvantages of the simulation models used software products.

FTAMP 44.29.31

А. С. Барукин¹, А. Г. Калтаев², М. Я. Клецель³

¹PhD, аға оқытушы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

²PhD, аға оқытушы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

³т.ғ.д, профессор, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы

e-mail: alexbarukin@mail.ru

БІТЕУ ТҮЙІСПЕЛІ ҚОРҒАНЫС СЕΝІМДІЛІГІН ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІН ЖЕТІЛДІРУ

Ток трансформаторын пайдаланбайтын, бітеу түйіспелі қорғаныстар сенімділігін бағалау қажеттілігі көрсетіледі. Қорғаныстың, оның жұмыс істеуінің сенімсіздігінен келетін залалды есепке алатын келтірілген шығындарының шамасын анықтауға негізделген бағалау әдістемесі қарастырылған. Бұл әдістемені, ажыратқыштардың істен шығу жиілігін және қосарланған қорғаныстардың іске қосылуга дайын болмау коэффициенттерін есептеуді ескере отырып толықтыру ұсынылады. Оларды анықтауға арналған формулалар қорытылып шығарылған. Бітеу түйіспелі қорғаныстардың іске қосылуга дайын болмау коэффициенттері дәстүрлі қорғаныстардың сондай коэффициенттеріне жиі жол беретіні анықталды және оларды қосарлауды, үшеулеуді және, әсіресе мажоризациялауды пайдалану арқылы озуга болатындығы анықталды. Түрлендіргіш қондырғылардың дифференциалдық, электр қозғалтқыштарының дифференциалдық-фазалық және трансформаторлардың максималдық тоқтық бітеу түйіспелі қорғаныстары сұлбаларының бір комплектілі және қосарланған нұсқалары үшін, дайын болмау коэффициенттерін есептеу нәтижелері келтірілген кесте көрсетілген.

Кілтті сөздер: релелік қорғаныс, бітеу түйіспелер, ток трансформаторы, сенімділік, дайын болмау коэффициенті, залал, резервтеу.

КІРІСПЕ

Электр энергетикасының түбегейлі шешілмеген мәселелерінің бірі [1] ток трансформаторларын (ТТ) қолданбай релелік қорғаныс құрылғыларын

(РҚК) құрастыру болып табылады. Біз қазірдің өзінде [1], кернеуі 6÷110 кВ электр қондырғыларына арналған, ақпарат алу үшін ТТ қажет етілмейтін бітеу түйіспелі максималдық тоқтық қорғаныстарды, дифференциалдық және дифференциалды-фазалық, дистанциялық қорғаныстарды құрастыру принциптері мен модельдерін ұсындық. Шамамен жүргізілген есептеулер көрсеткендей, бітеу түйіспелі қорғаныстар дәстүрліден (ТТ-мен бірге) кемінде 2–3 есе арзан, өлшемі 30–50 есе, салмағы 50–200 есе аз болады.

Бұл қорғаныстардың кейбіреулері жылдам әрекеттілік, сезімталдық және селективтілігі бойынша дәстүрліден кем емес, басқалары жылдам әрекеттілігі бойынша озатын болса, ал кейбіреулерінің сезімталдылығы төмен. Аппараттық жабдықтың сенімділігін бағалауға келсек, ол жүргізілмеген. Бұл жұмыста осы олқылықты жоюға әрекет жасалды.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

РҚК-ның сенімділігін есептеу. Ықтималдылықты қосу және көбейту туралы теоремаларды қолдануға негізделген [2] әдіске сәйкес (логикалық-ықтималдылық әдісі) РҚК-ның, оның жұмысының сенімділігін ескере отырып оңтайлы нұсқасын таңдау критерийі – келтірілген шығындар минимумы болып табылады:

$$Z = 0,186 \cdot K_{\Sigma} + y_0 \cdot \Delta P \cdot (q_{\Sigma_{ик.б.т}} + q_{\Sigma_{ж.ик}}), \quad (1)$$

мұндағы 0,186 – қаржы салымының тиімділігін ескеретін коэффициент; K_{Σ} – РҚК үшін жалпы капиталдық шығындар; y_0 – залалдың меншікті шамасы; ΔP – қорғалатын электр қондырғының жоғалтатын қуаты; $q_{\Sigma_{ик.б.т}}$ және $q_{\Sigma_{ж.ик}}$ – қорғаныстың іске қосылуға және іске қосылмауға дайын болмау коэффициенттері.

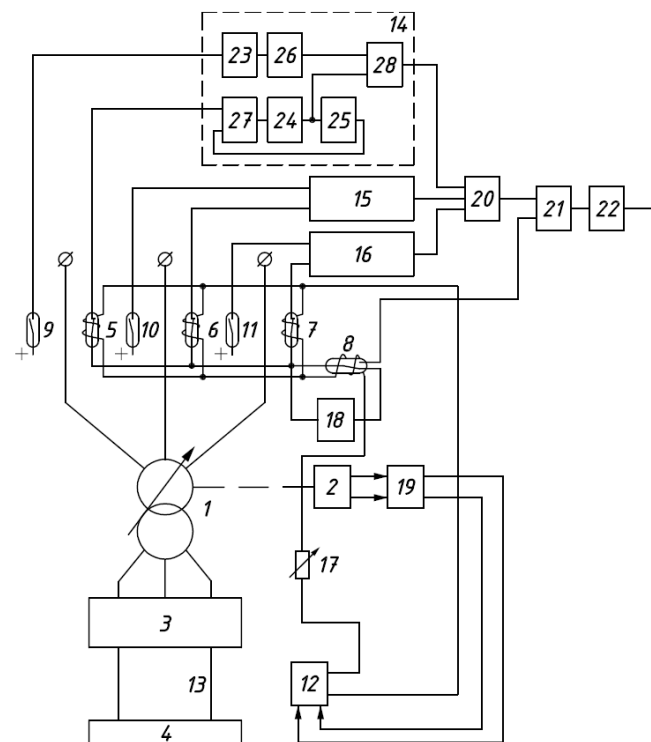
(1)-дегі екінші қосынды толығымен дайын болмау коэффициенттерімен (ДБК) анықталатын, сенімсіздіктен болатын залалды сипаттайды.

Бітеу түйіспелі қорғаныс үшін ДБК мен 3 шамаларын анықтау.

Түрлендіргіш қондырғының (ТҚ) дифференциалдық қорғанысы (ДҚ) [3] (1-сурет) кернеуді реттегіші бар 2 трансформатордан 1; жүктемелі 4 түрлендіргіштен 3; басқарылатын орамды 5–8 бітеу түйіспелер мен орамсыз 9–11 бітеу түйіспелерден; 13 ток өткізуші сымдағы, оның магнит өрісінде бекітілген ток өлшейтін 12 блоктан (магнит резисторлы Уитстон көпірі); трансформатордың 1 магниттелуінің секірмелі тогынан шеттетілу 14–16 блокторынан; реттелетін резистордан 17; дабыл 18 блогынан; қорғаныстың іске қосылу тогын реттеу 19 блогынан; 20 НЕМЕСЕ және 21 ЖӘНЕ элементтерінен; 22 шығыс органынан [3] тұрады.

Берілген [8] РҚ элементтерінің істен шығу ағыны бойынша мәліметтерді және жоғарыда сипатталған әдістемені пайдалана отырып, мысал ретінде, УАҚЫТ 23-25, ЕМЕС 26, ЖАДЫ 27, ЖӘНЕ 28 элементтерінен тұратын 14 блоктың ДБК-н анықтаймыз (аталған t шамасымен):

$$q_{14} = q_{24} + q_{26} + q_{27} + q_{28} = (5 + 1 + 1 + 1) \cdot 10^{-4}. \quad (2)$$



Сурет 1 – ТҚ-ның бітеу түйіспелі дифференциалдық қорғанысы

Трансформатор шығыстарындағы фаза аралық қысқа тұйықталу кезіндегі және ТҚ түрлендіргіштеріндегі зақымдану кезіндегі ТҚ қорғанысының элементтер тобының ДБК-і дәл осылай анықталады $q_{к.3} = q_{к.2} = q_{к.т} = 9 \cdot 10^{-4}$. Шығыс тізбегінің ДБК-і $q_{шт} = 8 \cdot 10^{-4}$. ТҚ қорғанысының іске қосылуға ДБК-нің жалпы жиынтығы, [2] әдіс негізінде, қосындылар жиынтығы түрінде алынған:

$$q_{\Sigma_{ик.б.т}} = 2 \cdot q_{\Sigma_{ик.б.т,3}} + 6 \cdot q_{\Sigma_{ик.б.т,2}} + 6 \cdot q_{\Sigma_{ик.б.т,1}} \quad (3)$$

$$m\text{ұндағы } q_{\Sigma_{ик.б.т,3}} = q_{к,3} + q_{шт}; q_{\Sigma_{ик.б.т,2}} = q_{к,2} + q_{шт}; q_{\Sigma_{ик.б.т,1}} = q_{к,1} + q_{шт} \quad (4)$$

– жоғарыда көрсетілген зақымданулар кезіндегі қорғаныстың дайын болмау коэффициенттері.

(3) өрнекте бірінші және екінші қосындыдағы 2 және 6 көбейткіштері ТҚ трансформаторының жоғары және төменгі кернеу шығыстарындағы фаза аралық ҚТ кезіндегі қорғаныстың мүмкін болатын ақауларын ескереді, үшінші қосындыдағы 6 көбейткіші – түрлендіргіштегі кез-келген диодтың зақымдануы кезіндегі (әдетте алты диодты үш фазалы тізбек түрінде орындалады). Қорғаныстың іске қосылмауға ДБК:

$$q_{\Sigma_{ж.ик}} = q_{к,ж.ик} = 8,7 \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

mұндағы $q_{к,ж.ик}$ – қорғаныстың зақымданулары, олардың жалған іске қосылуына әкелуі мүмкін элементтер тобының ДБК-і ([2] бойынша анықталған).

Әртүрлі зақымданулар кезіндегі электр қозғалтқышының бітеу түйіспелі дифференциалды-фазалық қорғанысы (ДФҚ) [4] және трансформатордың бітеу түйіспелі максималдық тоқтық қорғанысының (МТҚ) [5] элементтері тобының ДБК-і жоғарыда қарастырылған әдіспен анықталған. Барлық осы қорғаныстардың іске қосылуға және іске қосылмауға ДБК-інің мәндері 1-кестеде келтірілген. Дәстүрлі қорғаныстардың, дәл осындай әдіспен, [2] мәліметтерін пайдалану арқылы анықталған ДБК-і тең: ТҚ-ның ДҚ-ы үшін – $q_{\Sigma_{ик.б.т}} = 84 \cdot 10^{-3}$ және $q_{\Sigma_{ж.ик}} = 8,5 \cdot 10^{-3}$; ЭҚ-тың ДФҚ-ы үшін – $q_{\Sigma_{ик.б.т}} = 3,21 \cdot 10^{-3}$ және $q_{\Sigma_{ж.ик}} = 1,8 \cdot 10^{-3}$; ТР-дың МТҚ-ы үшін – $q_{\Sigma_{ик.б.т}} = 8,8 \cdot 10^{-3}$ және $q_{\Sigma_{ж.ик}} = 0,6 \cdot 10^{-3}$. Берілген сандарды 1-кестеде келтірілген мәліметтермен салыстырудан, бітеу түйіспелі қорғаныстардың ДБК-і көптеген жағдайларда дәстүрлі қорғаныс ДБК-нен төмен (ТҚ-дың дифференциалдық қорғаныстарынан басқалары) болатындығын көруге болады. Сонымен бірге (1) формулада $u_0 = 1,5$ долл./кВт мәнін (бұл әлемдік тәжірибеде мүмкін болатын ең төмен мән болып саналады) пайдаланып есептеу нәтижесі, егер олардың ДБК-нің мәні заманауи ең сенімді қорғаныстың мәніне тең болса ($q_{\Sigma_{ик.б.т}} = 1,4 \cdot 10^{-3}$, $q_{\Sigma_{ж.ик}} = 5,9 \cdot 10^{-3}$ [6]), төмендетілген шығындар $1,2 \div 6$ есе азаятындығын көрсетеді. Төменде дәлелденгендей, егер қосарлау қолданылса, бұған қол жеткізу оңай.

Релелік қорғаныстың сенімділігін арттыру үшін қазіргі кезде көбінесе бір мезетте НЕМЕСЕ сұлбасы бойынша қосылған – екі (қосарлау сұлбасы), кейде үш (үшеулік сұлбасы) қорғаныс комплектісін қатар орнату арқылы іске қосылуды қосарлау жиі қолданылады. Бірақ бұл қорғаныстың жалған іске қосылу ықтималдығын арттырады. [2] көрсетілгендей, релелік қорғаныстың үш жиынтығынан тұратын мажоритарлық сұлба іске қосылудың да, іске

қосылмаудың да сенімділігін жақсартады. ТҚ-дың, трансформаторлардың, ЭҚ-дың бітеу түйіспелі қорғаныстарының – қосарланған, үшеулік немесе мажоритарлық сұлбаларының қайсысы сенімділікті арттыру арқылы ең аз келтірілген шығындарды алуға мүмкіндік беретіндігін анықтаймыз. Екі нұсқаны қарастырамыз – қорғаныс блоктары да және оның шығыс органдары да қосарланады, немесе тек блоктар ғана. Барлық үш сұлбаның шығыс органдарымен бірге қосарлануы кезіндегі іске қосылуға ДБК-і (3) формула негізінде анықталады. Сонымен қатар әрбір құраушысы $q_{\Sigma_{ик.б.т,1}}$ квадратқа (қосарлану кезінде) немесе кубқа (үшеулену кезінде) еселенеді. Мажоритарлық сұлба үшін

$$q_{\Sigma_{ик.б.т,1}} = 3 \cdot (q_{к,1} + q_{шт})^2 - 2 \cdot (q_{к,1} + q_{шт})^3. \quad (6)$$

Іске қосылмауға ДБК-і (5) бойынша анықталады, бірақ қосарлану және үшеулену сұлбалары үшін 2 және 3 көбейткіштері енгізіледі, ал мажоритарлық сұлба үшін $q_{\Sigma_{ж.ик}} = 3 \cdot q_{к,ж.ик}^2$. Қарастырылған қорғаныстардың тек қорғаныс блоктары ғана резервтелуі кезіндегі іске қосылуға және іске қосылмауға ДБК-і осыған ұқсас анықталады.

Кесте 1 – ДБК-і $q_{\Sigma_{ик.б.т}}$, $q_{\Sigma_{ж.ик}}$ және ТҚ-ның ДҚ-ы, ЭҚ-тың ДФҚ-ы (екінші сан) және трансформатордың МТҚ-ы (үшінші) үшін капиталдық шығындар K_{Σ} мәндері

Бітеу түйіспелі қорғаныс сұлбаларының орындалу нұсқалары	$q_{\Sigma_{ик.б.т}} \times 10^{-3}$	$q_{\Sigma_{ж.ик}} \times 10^{-3}$	K_{Σ} , долл
Бір комплектілі	23,8; 45,9; 8,86	8,7; 27; 2,6	324; 430; 286
Қосарланған	0,04; 0,55; 0,01	17; 54; 5,2	648; 860; 572
Үшеуленген	$7 \cdot 10^{-5}$; 0,01; $1 \cdot 10^{-5}$	26; 80; 7,8	972; 1290; 858
Мажоритарлық	0,12; 1,65; 0,03	0,23; 2,2; 0,02	972; 1290; 858

(1) формула бойынша $u_0 = 1,5$ долл./кВт мәнін қолдану арқылы есептеу нәтижелеріне талдау жасау мажоритарлық сұлбаның қосарлану және үш еселенген сұлбадан қарағанда қосарланбаған сұлбаға (бір комплектілі сұлба) қатысты шығынды азайтуда айтарлықтай артықшылығын көрсетеді. Сонымен қатар, қорғаныс блоктарын шығыс органдарымен қатар қосарлаудың, тек блоктарды қосарлаумен салыстырғанда шығындарды азайтуға айтарлықтай әсер етеді. Қуаттылығы 4-тен 80 МВт-қа дейінгі түрлендіргіш қондырғылардың дифференциалдық қорғанысы үшін мажоризация шығындарды 1,4-тен 18 есеге, қуаттылығы 2-ден 8 МВт-қа дейінгі электр

қозғалтқыштадың ДФҚ-ы үшін 1,2-ден 3 есеге дейін төмендетуге мүмкіндік береді. Трансформаторлардың МТҚ-ы үшін резервтеудің тиімділігі жоқтығын атап өтеміз.

ҚОРЫТЫНДЫ

1 Релелік қорғаныстың сенімділігін есептеудің қарастырылған әдістемесі қайталанатын қорғаныстың дайын болмау коэффициенттерін (ДБК) есептеумен толықтырылуы керек, бұл осы немесе басқа түрдегі қайталанудың түрін қолданудың орындылығын бірден көрсетеді.

2 Осы жұмыста біз алған формулаларды қолдана отырып есептеулер, бітеу түйіспелі қорғаныстарының ДБК-і кейбір электр қондырғылары үшін дәстүрлі қорғаныстың ДБК-нен төмен, ал басқалары үшін – олардан асатындығын көрсетеді. Ең сенімді заманауи қорғаныс құралдарының ДБК-н көбінесе, егер тек қорғаныс блоктарын ғана емес, сондай-ақ оның шығыс органдарын үш еселеу арқылы мажоризациялауды пайдаланып озуға болады. Мажоризация қосарлауға қарағанда $1,2 \div 10$ есе, ал үш еселеу – $2 \div 16$ есе үнемді.

Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің № ААР05131351 гранттық жобасы аясында жүзеге асырылды.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Клецель, М. Я.** Основы построения релейной защиты на герконах // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем : Материалы 4-й Международной научно-технической конференции. – Екатеринбург. – 2013. – 3–7 июня.

2 **Шалин, А. И.** Надежность и диагностика релейной защиты энергосистем : Учеб. пособие. – Новосибирск : Изд-во НГТУ. – 2003. – 384 с.

3 Патент № 29769 РК. Устройство для дифференциальной защиты преобразовательной установки // Клецель, М. Я., Барукин, А. С. – 2015, БИ № 4.

4 Патент № 29880 РК. Устройство для защиты электродвигателя и питающего его кабеля // Калтаев, А. Г., Клецель, М. Я., Машрапов, Б. Е. – 2015, БИ № 5.

5 Патент № 2624907 РФ. Устройство для максимальной токовой защиты электроустановки на герконах // Клецель, М. Я., Барукин, А. С., Машрапов, Б. Е. – 2017, БИ № 19.

6 **Кузьмичев, В. А., Коновалова, Е. В. Сахаров, С. Н.** Ретроспективный анализ работы устройств РЗА в ЕНЭС // Новое в российской электроэнергетике. – 2014. – №. 7. – С. 5–10.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

A. C. Барукин¹, А. Г. Калтаев², М. Я. Клецель³

Совершенствование методики расчета надежности герконовых защит

^{1,2}Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан. Материал поступил в редакцию 29.11.19.

A. Barukin¹, A. Kaltaev², M. Kletsel³

Improving the methodology for calculating the reliability of reed switches protections

^{1,2}S. Toraighyrov Pavlodar state University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan. Material received on 29.11.19.

Указывается на необходимость оценки надежности защит на герконах, не использующих трансформаторы тока, и рассматривается методика оценки, основанная на определении величины приведенных затрат, учитывающих ущерб от ненадежности их функционирования. Предлагается дополнить эту методику расчетом коэффициентов неготовности дублированных защит, и выводятся формулы для их определения. Установлено, что коэффициенты неготовности защит на герконах часто уступают аналогичным коэффициентам традиционных защит, и их можно превзойти при использовании дублирования, троирования и, особенно, мажорирования. Представлена таблица с результатами расчетов коэффициентов неготовности для однокомплектных и дублированных вариантов схем дифференциальной защиты преобразовательных установок, дифференциально-фазной защиты электродвигателей и максимальной токовой защиты трансформаторов на герконах.

The necessity of assessing the reliability of protection on reed switches that do not use current transformers is indicated, and an assessment technique based on determining the amount of reduced costs taking into account damage from unreliability of their operation is considered. It is proposed to supplement this technique with the calculation of the unavailability coefficients of duplicated defenses, and formulas are derived for their determination. It has been established that the unavailability

coefficients of protection on reed switches are often inferior to the similar coefficients of traditional defenses, and they can be surpassed by using duplication, tripling and, especially, majorization. A table is presented with the results of calculating the unavailability coefficients for single-set and duplicated versions of differential protection schemes of converting units, differential-phase protection of electric motors and maximum current protection of transformers on reed switches.

ГРНТИ 44.31.35

А. А. Баубек¹, М. Г. Жумагулов², Н. Р. Картджанов³

¹к.т.н., доцент, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан;

²PhD, доцент, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан;

³магистр, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан

e-mail: ¹baubek.as@mail.ru; ²zhmg_9@mail.ru; ³nurlan-k-e@yandex.kz

ИСПЫТАНИЯ ВИХРЕВОГО ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА

Статья описывает экспериментальные исследования вихревого горелочного устройства инновационной конструкции. Методика проведения эксперимента подробно описана. Приводятся результаты. Полученные значения анализируются. Обоснована работоспособность устройства подобного типа. Достигнутый уровень температуры горения в устройстве около 1500 °С позволяет эффективно сжигать топливо и использовать оборудование в качестве теплогенератора. Высокие скорости на выходе из камеры около 160 м/с обеспечивают улучшенное смесеобразование.

Ключевые слова: вихревое горелочное устройство, жидкое топливо, эксперимент, камера сгорания, термическое напряжение.

ВВЕДЕНИЕ

16 февраля 2019 года сотрудники Евразийского национального университета производили «полевые» опытные испытания вихревого горелочного устройства (рис. 1). В качестве топлива было выбрано дизельное топливо.

Исходные данные:

– Тип топлива – дизельное топливо (зимнее);

– Состав топлива:

C, %	H, %	S, %	O, %	N, %	Q_n^p, МДж/кг
86,3	13,3	0,3	0,05	0,05	42,4

- Исходная температура топлива: $t_1 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Плотность топлива: $\rho_t = 840 \text{ кг/м}^3$.
- Исходная температура воздуха: $t_{a1} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

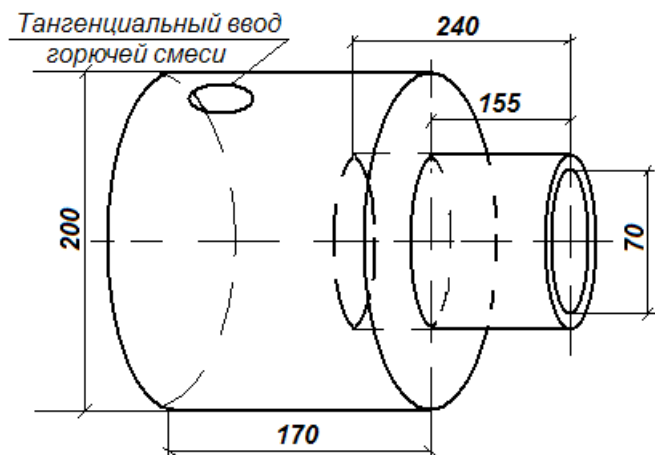


Рисунок 1 – Чертеж горелочного устройства

Топливо в горелку подается тангенциально через боковой ввод. Вместе с топливом подается необходимое для горения количество воздуха. Внутри основной камеры происходит закрутка потока, нагрев смеси, частичное горение, сужение его и существенное ускорение, что положительно сказывается на смесеобразовании топлива и окислителя.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Порядок проведения эксперимента. Эксперимент протекал в соответствии со следующими этапами:

1 Подача топлива в основной топливный канал с тангенциальной закруткой. Закрутка возникает естественно, самопроизвольно.

2 Воспламенение топлива. Для осуществления данного этапа необходимо запальное устройство – электроискра либо небольшой факел-запальник.

3 Подбор количества воздуха. Путем регулирования положения шибера изменялся расход воздуха на горение. Количество воздуха постепенно увеличивалось до визуально наблюдаемого устойчивого горения, когда пламя светит ярко и не срывается (рисунок 2).



Рисунок 2 – Горелка в работе

4 Измерения. Замер производится по следующим показателям:

- Температура в эпицентре горения. Основной измерительный прибор – пирометр квазимонохроматический с исчезающей нитью (рисунок 3). Максимальный предел измерения температуры – $5000 \text{ }^\circ\text{C}$. Для успешного снятия показаний по излучению по ходу движения пламени были установлены вольфрамовые прутья. Прутья создают препятствие, раскаляются под воздействием пламени и начинают генерировать излучение, эквивалентное по температуре излучению самого пламени.

- Давление топливо – воздушного потока в предкамере сгорания, а также топлива отдельно. Для замера давления применялись деформационные манометры с трубчатой пружиной.

- Ток потребления электрической энергии на питание топливного и воздушного насосов.

- Расходы топлива и воздуха. Расход топлива замерялся при помощи мерной ёмкости и секундомера. Расход воздуха определялся по показаниям газового счетчика.



Рисунок 3 – Яркостной пирометр с исчезающей нитью

В ходе эксперимента были получены следующие данные, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерения

Замеряемая величина	Значение	Единица измерения
1 Температура горения, t_r	1520	$^{\circ}C$
2 Сила тока электродвигателя вентилятора, I	1,3	A
3 Давление топливо-воздушной смеси, $P_{см}$	0,35	$кгс/см^2$
4 Давление топлива на входе, P_r	1,2	$кгс/см^2$
5 Расход топлива, B_r	0,009	$л/с$
То же	0,0078	$кг/с$
6 Расход воздуха, V	0,12	$кг/с$

Расчёт технических характеристик. В итоге по результатам испытаний с применением полученных данных были рассчитаны:

1 Рабочая тепловая мощность горелки:

$$Q = B_r \cdot Q_n^p \cdot \eta = 300 \text{ кВт},$$

где $\eta = 0,9$ – коэффициент эффективности горения. Принят стандартным.

2 Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,2$ по данным из таблицы 1.

3 Расход дымовых газов. Расчёт объёмов продуктов сгорания осуществлялся по нормативным формулам расчёта объёмов двухатомных, трёхатомных газов и водяных паров [1].

$$V_r^{20} = 0,1088 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$m_r = V_r^{20} \cdot \rho_r = 0,129 \text{ кг/с}.$$

где ρ_r – плотность продуктов сгорания, $кг/м^3$.

Данные расходы получены при условии температуры $20^{\circ}C$.

Плотность дымовых газов ρ_r зависит от температуры t_r по следующей зависимости:

$$\rho_r = \frac{1}{0,787322521209717 + 0,00279036234132946 \cdot t_r}$$

Плотность газов при $20^{\circ}C$ равна $\rho_{20} = 1,186 \text{ кг/м}^3$;

Плотность газов при $1520^{\circ}C$ равна $\rho_{1520} = 0,11986 \text{ кг/м}^3$.

Соответственно

Удельный объём газов при $20^{\circ}C$ равен $v_{20} = 0,843 \text{ кг/м}^3$;

Удельный объём газов при $1520^{\circ}C$ равен $v_{1520} = 5,029 \text{ кг/м}^3$;

В итоге объёмный расход при $1520^{\circ}C$ равен:

$$V_r^{1520} = V_r^{20} \cdot m_r = 0,64 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4 Скорость движения рабочей среды (скорость распространения пламени):

$$v = \frac{4 \cdot V_r^{1520}}{\pi \cdot d^2} = 168,7 \text{ м/с}.$$

где d – это диаметр выходного сечения, $м$ (рисунок 1).

В целом газовые продукты сгорания подвергаются существенному температурному расширению, что значительно увеличивает объёмный расход газа и как следствие его скорость. Графически зависимость скорости от температуры представлена на рисунке 4.

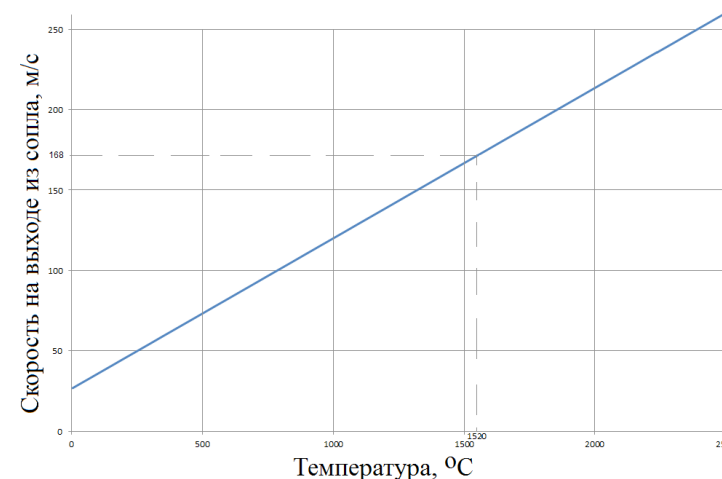


Рисунок 4 – Зависимость скорости выходных газов от температуры горения

5 Потребляемая электрическая мощность вентилятором:

$$N = I \cdot U = 286 \text{ Вт},$$

где U – напряжение электропитания, $В$.

6 Тепловое напряжение топочного объёма:

Тепловое напряжение (кВт/м³) объема предтопки:

$$\frac{Q}{V_T} = \frac{B \cdot Q_n^p \cdot \eta}{V_T} = \frac{300}{0,005} = 56200,82 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3}$$

где V_T – объем топочного пространства, м³.

Тепловое напряжение топочного объема барабанных котлов обычно выбирают равным 140 – 150 кВт/м³ для котлов, предназначенных для сжигания углей. У газомазутных котлов это напряжение выбирают в пределах 200–230 кВт/м³, а в газоплотных котлах несколько выше [2]. Таким образом, предлагаемое горелочное устройство имеет тепловое напряжение, в 240 раз превышающее стандартное для топок паровых котлов значение.

ВЫВОДЫ

Рассматриваемое устройство за счёт наличия вихревой камеры сгорания по Европейскому патенту способно эффективно прогревать топливо-воздушную смесь перед сжиганием, что способствует её устойчивой работе в условиях холодных температур в зимний период.

Высокая температура горения в исследуемом устройстве (свыше 1500 °С) позволяет рассматривать данную вихревую горелку как высокоэффективный генератор тепловой энергии для различных нужд техники и промышленности.

Высокая скорость продуктов сгорания на выходе из вихревого горелочного устройства имеет существенный кинетический потенциал для преобразования его в другие виды энергии. Скорость продуктов сгорания возрастает от 26 до 168 м/с (примерно в 6,5 раза) за счёт повышения температуры от 5 до 1520 °С.

Повышенная концентрация топливовоздушной смеси в зоне предварительного горения позволяет сжигать топливо в условиях высоких тепловых напряжений, превышающих типовые значения в сотни раз.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Европейский патент EP 2864700, 2016. Автор: Баубек А. А., Баубек Н. А.
- 2 **Кузнецов, Н. В., Митор, В. В. и др.** Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. – М. : Энергия, 1973. – 296 с.
- 3 **Мейкляр, М. В.** Современные котельные агрегаты ТКЗ. – М. : Энергия, 1974. 312 с.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

A. A. Baubek¹, M. G. Zhumagulov², N. R. Kartjanov³

Құйынды жанарғы құрылғыны сынау

^{1,2,3}Көлік-энергетика факультеті,

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

A. A. Baubek¹, M. G. Zhumagulov², N. R. Kartjanov³

Testing of the vortex burner device

^{1,2,3}Faculty of Transport and Power Engineering,

L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақала инновациялық конструкциялы құйынды жанарғы құрылғысының тәжірибелік зерттеулерін сипаттайды. Эксперимент жүргізу әдістемесі толық сипатталған. Нәтижелер келтіріледі. Алынған мәліметтер анализденген. Осындай түрдегі құрылғының жұмыс қабілеттілігі негізделген. Құрылғыдағы жану температурасының қол жеткізілген деңгейі шамамен 1500 °С отынды тиімді жағуға және жабдықты жылу генераторы ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Камерадан шамамен 160 м/с жоғары жылдамдықта шығу жақсы қоспа түзуді қамтамасыз етеді.

The article describes the experimental studies of the innovative vortex burner device. The technique of the experiment is described in detail. The results of the experiment are given. The values obtained are analyzed. The efficiency of this type of device is justified. The achieved level of the combustion temperature in the device is about 1500 °C It makes possible to effectively burn fuel and use the equipment as a heat generator. High velocities at the exit of the combustion chamber of about 160 m/s provide improved mixing.

**А. Б. Болатова¹, Г. Ж. Хамитова², К. К. Абишев³,
А. Ж. Касенов⁴, Б. Хусан⁵**

¹к.т.н., доцент, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-султан, 010000, Республика Казахстан;

²к.т.н., доцент, Горно-технологический институт, Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган, 100600, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵докторант, Горный факультет, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100029, Республика Казахстан
e-mail: ¹bolatova_ainash@mail.ru; ³a.kairatolla@mail.ru

ПАРАМЕТРЫ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ОТРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НИСХОДЯЩЕЙ СЛОЕВОЙ СИСТЕМОЙ

В статье рассматривается вопрос определения параметров, необходимых для аналитических расчетов надежности конструкции подземных сооружений при отработке твердых полезных ископаемых нисходящей слоевой системой разработки. Впервые аналитические параметры сведены воедино и доказаны, что их основные параметры среды являются статистическими, представленными случайными величинами и случайными функциями, в этой связи определение надежности подземных конструкций особенно при слоевой выемке руд с закладкой является сложной самостоятельной выделенной проблемой, которая в полном объеме нами не рассматривается. В статье данный вопрос поставлен как решение задач надежности подземных сооружений при подземной добыче руды.

Ключевые слова: подземные сооружения, горные выработки, разработка месторождений, закладочный массив, отработка залежей, прочность пород.

ВВЕДЕНИЕ

При разработке твердых полезных ископаемых подземным способом создается сложная система подземных сооружений, представленная протяженными горными выработками, различно ориентируемыми в пространстве. Сеть горных выработок любого рудника или шахты вместе с выемочными участками (ВУ) представляет сложное инженерное сооружение, которое естественно нуждается в оценке уровня его надежности на интервале времени его функционирования для безопасной добычи полезных ископаемых. Ясно, что весьма высокий уровень надежности подземных сооружений, обеспечивающий нормальное их состояние даже за пределами сроков отработки месторождения не нужен и обходится очень дорого. С другой стороны, недостаточный уровень надежности тех же сооружений на период отработки месторождения приводит к понижению уровня безопасности горных работ, авариям, травмам, рискам и гибели горнорабочих.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При разработке рудных месторождений подземным способом оформляется большое количество подземных горных выработок, целиков, различной формы и назначения, охранных целиков под застроенными территориями, в том числе искусственных, создаваемых из закладочных массивов.

Условие потери устойчивости различных целиков может быть представлено пересечением двух случайных величин: функция распределения нормальных к сечению целика напряжений в наименьшем его диаметре или ширине, МПа и функция распределения прочности пород целика на сжатие, МПа.

Помимо катастрофических отказов и рисков при разработке месторождения подземным способом возникают отказы, к числу которых мы относим наиболее часто проявляющиеся:

- разрушение одиночных столбчатых или ленточных целиков;
- потеря устойчивости приконтурного массива на груди забоя и с боков выработок;
- обрушение кровли выработок.

Потеря устойчивости приконтурного массива прогнозируется путем пересечения случайных величин $\psi(\sigma_n)$ и $\varphi(\sigma_{np})$: функций распределения напряжений, перпендикулярных к груди забоя и бокам горных выработок и прочности пород на разрыв. Аналогичным образом определяется вероятность обрушения пород кровли.

В принципе случайные величины $\varphi(S)$, $\psi(S')$ могут быть распределены по любому известному закону, параметры которых можно определить либо теоретически методом статистических испытаний, либо экспериментально.

Рассмотрим главные параметры, необходимые для аналитических расчетов.

Таблица 1 – Параметры, необходимые для аналитических расчетов

№	Наименование характеристик и параметров	Условные обозначения	Ед. измерения	Детерминированная или случайная величина
1	2	3	4	5
Породный массив				
1	Плотность пород	γ	т/м ³	случайная
2	Коэффициент Пуассона	μ	-	"-
3	Модуль упругости	E	МПа	"-
4	Крепость пород по М.М. Протодяконову	f	-	"-
5	Коэффициент концентрации напряжений в зоне максимума опорного давления	k	-	"-
6	Протяженность зоны опорного давления от обнаженной поверхности массива до максимума	L	м	"-
7	Нормальные напряжения на груди забоя	σ_3	МПа	"-
8	Прочность пород в массиве на сжатие	$\sigma_{сж}$	МПа	"-
9	Прочность пород в массиве на растяжение	τ_p	МПа	"-
10	Угол падения залежи к горизонту	a	град.	"-
11	Коэффициент горизонтальных тектонических напряжений	$K_T = \frac{\sigma_n}{\gamma H}$	-	"-
12	Коэффициент вертикальных тектонических напряжений	$K_T = \frac{\tau_k}{\gamma H}$	-	"-
13	Коэффициент сейсмических напряжений	$K_c = \frac{\sigma_c}{\gamma H}$	-	"-
14	Упругие нормальные напряжения	$\sigma_{сж}$	МПа	"-
15	Упругие касательные напряжения	$\tau_{сж}$	МПа	"-
16	Упругие нормальные тектонические напряжения	σ_T	МПа	"-
17	Упругие касательные тектонические напряжения	τ_T	МПа	"-
18	Упругие нормальные сейсмические напряжения	σ_c	МПа	"-
19	Упругие касательные сейсмические напряжения	τ_c	МПа	"-
Технологическая система				
20	Тип системы разработки	X_1	качественная характеристика	детерминир.
21	Способ отбойки горной массы от массива	X_2	"-	"-

22	Размеры целиков: – ширина – длина	l_1 l_2	м м	"-
23	Размеры панелей – ширина – длина	L_1 L_2	м м	"-
24	Глубина скважин, перпендикулярных к груди забоя	L_0	м	"-
25	Способ предварительной подготовки породного массива к выемке	X_3	качественная	"-
26	Способ взрывания скважин	X_4	"-	"-
27	Паспорт бурения шпуров, их заряжения (тип ВВ)	X_5	"-	"-
28	Глубина разработки залежи по кровле	H	м	"-

Резюмируя содержательное состояние приведенных 28 параметров и характеристик естественного и искусственного горных массивов (среды) и технологической системы разработки рудных тел (агрегатов), особенно слоевыми системами с закладкой, следует отметить:

– основные параметры среды являются статистическими, представленными случайными величинами и случайными функциями;

– в этой связи определение надежности подземных конструкций особенно при слоевой выемке руд с закладкой является сложной самостоятельной вычлененной проблемой, которая в полном объеме нами не рассматривается;

– управляемые переменные технологических систем разработки рудных тел с закладкой выработанного пространства и с сооружением искусственных потолочин и целиков представлены, в основном, качественными характеристиками, что еще более усложняет решение проблемы прогнозирования надежности подземных конструкций.

К теории определения надежности системы разработки для предотвращения рисков аварий при подземной добыче руды.

Основополагающими параметрами для исследования надежности (устойчивости) искусственной бетонной кровли и искусственного массива, поддерживающего кровлю камер являются σ_p – предел прочности массива закладки на растяжение определяется в лабораторных условиях

$$\sigma_p = \frac{(1 + \kappa_n) \gamma_3 L^2}{10^6 h_n}, \text{ МПа или тс/м}^2 \quad (1)$$

где κ_n – коэффициент запаса прочности;

γ_3 – удельный вес закладочного массива, тс/м²;

L – пролет камеры, м;

h_n – высота слоя закладки, м.

Нагрузка на искусственную потолочину закладки, которая работает на растяжение массива. Эту величину рекомендуется определять по формуле проф. Н. С. Булычева

$$P = \frac{\gamma_s b - C}{\lambda \operatorname{tg} \varphi} \left[1 - \exp \left(-\lambda \frac{H}{b} \operatorname{tg} \varphi \right) \right], \text{ тс/м}^2 \quad (2)$$

Поскольку из общих теоретических исследований вытекает следствие о чрезвычайных математических трудностях вычисления в явном виде критериев надежности при пересечении случайной функции среды и случайной величины агрегата, то в дальнейшем рекомендуется упростить задачу и вывести достаточно надежные и простые расчётные формулы и алгоритмы.

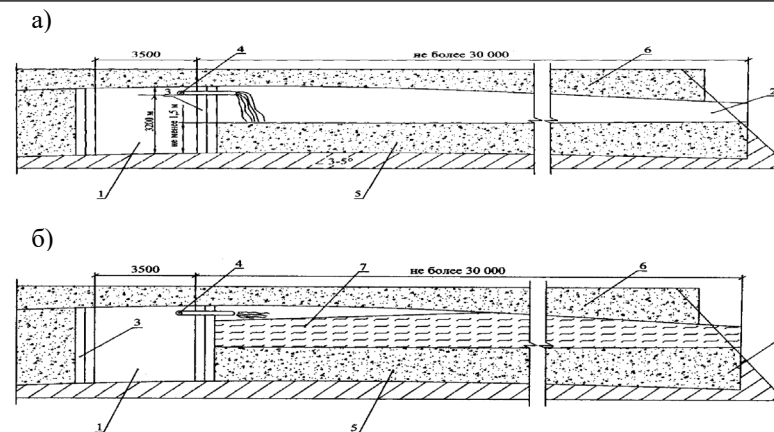
Лабораторные исследования прочностных характеристик закладочного массива позволяют оценить их в течение всего периода твердения и нормальной работы в виде двух составляющих:

- прочность закладочного массива на сжатие (по образцам) – $\sigma_{сж, j}$;
- прочность закладочного массива на разрыв (по образцам) – $\sigma_{р, j}$ где j – интервалы времени, которые лучше представлять в виде таблиц.

Следует обратить внимание на то, что отработка залежей ценных руд производится нисходящими слоями, когда техника и люди работают в камере с искусственным массивом кровли. Ясно, что надежность кровли (закладки) должна быть достаточно высокой.

Практически на всех горнодобывающих предприятиях для обеспечения устойчивости искусственной кровли в очистных заходках и нарезных слоевых выработках применяют различные виды инвентарной крепи: стойки с подхватами, рамы, арочную крепь или армировку искусственного массива (особенно на сопряжениях).

В основу разработки нового типа армировки искусственной кровли на Бакырчикском руднике, положены принципы штангования слоистого искусственного массива, испытывающего усилия от собственного веса слоя непосредственной кровли и удержания отслоившихся её элементов жёсткой металлической сеткой. При этом решается задача повышения безопасности ведения горных работ, за счёт подхвата всей площади обнажаемого закладочного массива, исключения выпадения его отслоившихся и растрескавшихся кусков.

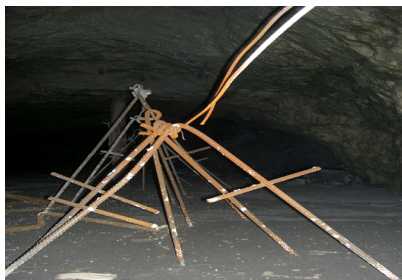


1 – разрезной штрек; 2 – заходка; 3 – перемычка; 4 – закладочный трубопровод; 5 – нижний несущий слой закладочного массива; 6 – искусственная кровля; 7 – твердеющая смесь.
а) создание несущего слоя закладки; б) создание слоя дозаливки
Рисунок 1 – Схема подачи твердеющей смеси

В отработываемом блоке подготавливается выработка с параметрами (высота×ширина) – 3,5×4 м. На почву выработки, на подсыпку из рудной мелочи высотой 100 мм и над этой рудной мелочью на высоте порядка 50 мм укладывают металлическую сетку, с параметрами ячеек 100×100 мм. Демонстрация такой армировки показана на рисунке 2.



а) вид армировки на почве слоя перед закладкой



б) вид армировки после укладки несущего слоя.

Рисунок 2 – Формирование искусственного массива с вертикальной штанговой армировкой и жёсткой металлической сеткой у почвы

Металлическая сетка представляет жестко сваренную конструкцию, укладываемую поперёк выработки полосами 4000'1200 мм. Вдоль выработки на высоте 2800 мм закрепляется железная проволока диаметром 6 мм.

Перед закладкой заходки в устье её устанавливают изолирующую перемычку. При длине заходок более 25 м следует устанавливать промежуточные технологические перемычки высотой не менее двух метров, препятствующие расслаиванию смеси при растекании под углом 3–5°. Закладку заходок производят так, чтобы высота твердеющей смеси, поданной за один прием, была не менее 1,5 м. После схватывания твердеющей смеси в несущем слое заполняют оставшуюся часть выработанного пространства. Перерыв между первой и второй дозами должен быть не менее 15,20 часов.

ВЫВОДЫ

Получены аналитические параметры для определения надежности подземных сооружений для безопасного ведения горных работ, в частности для искусственных закладочных массивов. Эффективная производительность рудника зависит от технологии добычи, бесперебойной работы техники и безопасности труда. Практически, безопасность на каждом этапе добычи и транспортировки руды, прямо пропорционально эффективности производительности рудника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Рогов, Е. И., Рогов, С. Е., Рогов, А. Е.** Начало основ теории технологии добычи полезных ископаемых. Алматы, 2001. – 223 с.

2 **Музгина, В. С.** Оптимизация составов многокомпонентных смесей для комбинированной закладки в малоотходных технологиях добычи –

переработки руды: автореф. доктор технических наук: 25.00.22. – Алматы : Комплекс, 2003 г.

3 **Ананин, А. И., Диденко, А. В., Болатова, А. Б.** Обеспечение устойчивости искусственной кровли при нисходящей слоевой системе разработки // Труды международной научно-методической конференции «Инновационные технологии в образовании и науке» – Т2. – Усть-Каменогорск, 2006. – С. 10–13.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

А. Б. Болатова¹, Г. Ж. Хамитова², К. К. Абишев³, А. Ж. Касенов⁴, В. Хусан⁵

Астынатүсу қабатты жүйемен пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу кезінде жерасты құрылысы конструкциясының сенімділік параметрлері

¹Техникалық факультеті,

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

^{2,5}Тау-кен технологиялық институты,

Ө. А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті,
Жезқазған қ., 100600, Қазақстан Республикасы;

^{3,4}Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

A. B. Bolatova¹, G. Zh. Khamitova², K. K. Abishev³, A. Zh. Kasenov⁴, V. Husan⁵

Parameters of reliability of a construction design at working off a deposit of minerals by the descending layer system

¹Technical Faculty,

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

^{2,5}Institute of Mining and Technology,

Zhezkazgan Baikonurov University,
Zhezkazgan, 100600, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}Faculty of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада қатты пайдалы қазбаларды игерудің төмендеу қабатты жүйесімен оңдеу кезінде жерасты құрылысы конструкциясының сенімділігінің аналитикалық есептеулері үшін қажетті параметрлерді анықтау мәселесі қарастырылады. Бірінші рет аналитикалық параметрлер бір-біріне біріктірілді және олардың негізгі орта параметрлері кездейсоқ шамалар мен кездейсоқ функциялармен ұсынылған статистикалық болып табылатындығы дәлелденді, осыған байланысты жер асты конструкцияларының сенімділігін анықтау, әсіресе Кенді қабатпен қазу кезінде, қалаумен күрделі дербес ажыратылған проблема болып табылады, ол толық көлемде біз қарамайтын. Мақалада бұл мәселе кенді жерасты өндіру кезінде жер асты құрылыстарының сенімділігін шешу ретінде қойылған.

The article deals with the problem of determining the parameters necessary for analytical calculations of the reliability of the structure in the construction during the development of solid minerals by the downstream layer development system. For the first time the analytical parameters are brought together and proved that their main parameters of the medium are statistical, represented by random variables and random functions, in this regard, the determination of the reliability of underground structures, especially in the case of layered excavation of ores with a bookmark is a complex independent isolated problem, which is not fully considered by us. In the article, this question is posed as a solution to the problems of reliability of underground structures in underground ore mining.

ГРНТИ 44.29.37

Т. С. Герасименко

к.т.н., ст. преподаватель, Энергетический факультет, Казахский Агротехнический Университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан
e-mail: melary-5@mail.ru

КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ И ТРАНСФОРМАТОРАХ НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 КВ

Проведена оценка потерь электрической энергии, возникающих в основных элементах системы электроснабжения при наличии несимметрии токов и напряжений. Для снижения несимметрии разработаны разнообразные способы и технические средства. Все они различаются по сложности, стоимости, экономичности, эффективности, принципу действия и доступности для тех или иных категорий потребителей. Способы по уменьшению потерь электрической энергии условно подразделяются на технические и организационные, и могут реализовываться одновременно как одним, так и другим путем. Проведенный экспериментальный анализ показателей качества электрической энергии, позволил сделать обоснованный выбор необходимых мероприятий по оптимизации режимов энергопотребления.

В данной статье разработан комплекс мероприятий необходимых для минимизирования потерь электрической энергии возникающих как в электрических сетях 0,38–10 кВ, так и в распределительных трансформаторах. Так же представлена структура распределения потерь на каждом участке электрической цепи.

Ключевые слова: потери электрической энергии, распределение нагрузки, несимметрия напряжений, трансформатор, электрическая энергия, потребитель.

ВЕДЕНИЕ

Выступая на XVI съезде партии «НурОтан», Глава государства определил пять ключевых инвестиционных реформ по укреплению казахской государственности. Схема реализация этих реформ выражается через 100 конкретных шагов. Одним из ста шагов развития является укрепление

региональных электросетевых компаний (РЭК). Это позволит повысить надежность электроснабжения, снизить затраты на передачу электроэнергии в регионах и снизить стоимость электроэнергии для потребителей [1].

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, кризисные явления в стране в целом и в энергетике, в частности, отрицательным образом влияют на такой важный показатель энергетической эффективности передачи и распределения электроэнергии, как ее потери в электрических сетях, причем по оценкам некоторых специалистов потери при передаче электроэнергии составляют по стране в среднем 15 % [2].

Научная новизна работы заключается в систематизировании всех видов потерь электроэнергии и обосновании применения симметрирующих устройств на участках энергосистемы.

Цель исследования – решение проблемы несимметрии напряжений в распределительных трансформаторах и сельских электрических сетях напряжением 0,4 кВ для уменьшения потерь электрической энергии.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: выявить причины появления несимметрии напряжений и последствия от ее наличия в сети 0,38 кВ; провести оценку использования симметрирующих устройств для повышения качества и снижения дополнительных потерь электрической энергии в сельских электрических сетях 0,38 кВ.

Практическая значимость заключается в проведенном анализе и полученных рекомендациях по симметрированию режима работы исследуемых сетей.

Объектом исследования являются электрические сети 10–0,38 кВ, а так же силовые распределительные трансформаторы напряжением 10/0,4 кВ со схемой соединения «звезда-звезда с нейтральным проводом», работающие с несимметричной нагрузкой.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Прежде чем приступить к решению поставленных задач, необходимо детально рассмотреть все виды потерь, возникающих в основных участках энергетической системы распределения энергии и разобраться с причинами их возникновения. Для наглядности все виды потерь представлены в виде блок – схемы на рисунке 1.

Постоянные потери или потери в стали, обусловлены качеством электротехнической стали, из которой выполнен сердечник трансформатора. Поэтому минимизировать эту часть общих потерь нужно еще на этапе проектирования электрической сети. Использование распределительных трансформаторов нового поколения выполненных из магнитных материалов

с улучшенными магнитными свойствами, а так же правильность технологии сборки и обработки магнитопровода позволит получить видимый эффект. Из-за систематического перемагничивания магнитопровода переменным магнитным полем в процессе эксплуатации оборудования магнитные потери могут увеличиться вследствие старения ферромагнитного материала, поэтому не рекомендуется эксплуатировать потребительские трансформаторы свыше установленного срока службы, который впрочем, составляет не менее 25–30 лет. Так как при правильном техническом обслуживании срок службы масляного трансформатора может достигать 50–60 лет, то необходимо при каждом капитальном ремонте трансформатора осуществлять замер удельных потерь холоднокатаной стали магнитопровода трансформатора.



Рисунок 1 – Структура распределения потерь возникающих при передаче и/или распределения электроэнергии в сетях 10-0,4 кВ

Переменные потери можно условно разделить на две части – это технологические потери, обусловленные технологическим процессом передачи и распределения электрической энергии; и коммерческие, обусловленные инструментальным учетом ее поступления и отпуска. К переменным технологическим потерям относятся потери в обмотках силовых трансформаторов, а также потери в проводниках кабельных и воздушных линий, которые зависят от тока нагрузки и потери, вызванные несимметрией нагрузок.

К коммерческим потерям относятся: погрешности измерений электроэнергии в нормальных условиях; недостаточная чувствительность счетчиков при малых нагрузках; сверхнормативный срок службы

оборудования; неисправность приборов учета; неисправность или неправильное подключение счетчиков, трансформаторов тока и напряжения. Коммерческие потери также ярко отображают воздействие «человеческого фактора» это – сознательное хищение электроэнергии некоторыми абонентами с помощью изменения показаний счетчиков, потребление энергии помимо счетчиков; неуплата или частичная оплата показаний счетчиков; ошибки при записи показаний; нарушение сроков снятия показаний счетчиков.

Благодаря исследованию большого количества литературных источников, распределение технологических потерь в процентном соотношении от фактической суммарной мощности электроприемников, приблизительно будет выглядеть следующим образом (рисунок 2).

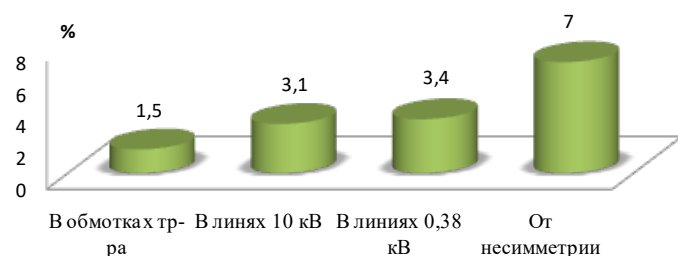


Рисунок 2 – Процентное соотношение технологических потерь электроэнергии

Основные способы снижения технологических потерь в обмотках трансформатора заключаются в следующем:

- Правильный выбор расчетной мощности силовых трансформаторов (в нормальном максимальном режиме трансформаторы должны быть загружены примерно на 70 %);
 - Замена ненагруженных силовых трансформаторов.
 - Мероприятия с целью уменьшения электрических потерь в сетях 0,38-10 кВ сводятся к следующему:
 - правильный выбор и увеличенное сечение на головных участках магистральных линий;
 - рациональное построение сети, прежде всего уменьшение протяженности линий напряжением до 1 кВ;
 - оптимизация сетей, переход на систему «глубокий ввод» 10/0,4 кВ с целью снижения длины линий 0,38 кВ;
 - замена марки проводов А, АС на СИП (самонесущий изолированный провод) большего сечения.

На основании многократных экспериментальных исследований показателей качества электрической энергии, проведенных в различных селах Акмолинской области, можно сделать заключение о том, что одним из значимых показателей, который вызывает дополнительные потери электроэнергии является несимметрия напряжений (таблица 1). Она характеризуется наличием мощных однофазных осветительных и бытовых электроприемников в трехфазной сети с неодинаковым распределением по фазам. Количество таких электроприемников достаточно велико и для уменьшения несимметрии их необходимо равномерно распределять по фазам, что практически невозможно в связи с непредсказуемостью их включения и отключения.

Таблица 1 – Анализ качества электроэнергии в сельских сетях

Показатели качества электрической энергии	Нормы		Соответствие ГОСТу
	Нормально допустимое значение	Предельно допустимое значение	
Установившееся отклонение напряжения	±5 %	±10 %	-
Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности	2,0 %	4,0 %	-
Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности	2,0 %	4,0 %	-
Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения	8 %	12 %	+
Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения	См. таблицу [3]	$K_{u(n)} = 1,5 \cdot K_{u(n)норм}$	+
Отклонение частоты, Δf.	±0,2Гц	±0,4Гц	+

Примечание: качество электрической энергии по приведенным показателям считают соответствующим требованиям стандарта ГОСТ 32144-2013, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допустимые значения составляет не более 5 % от установленного периода времени, т.е. 1 час 12 мин, а за предельно допустимые значения – 0 % от этого периода времени.

Для уменьшения потерь от несимметрии фазных напряжений необходимо:

- Симметрирование нагрузок по фазам на линиях напряжением до 1 кВ, которое может быть достигнуто за счет увеличения сечения нулевых проводов линий напряжением до 1 кВ. Уже на стадии проектирования сельских ВЛ 0,38 кВ следует предусматривать установку нулевого провода такого же сечения, как у фазного. Так как разница в стоимости проводов при

переходе от одного сечения к следующему большему и стоимость монтажных работ по подвеске 1 км провода примерно одинаковы. Стоимость же годовых потерь электроэнергии до замены нулевого провода в полтора раза больше затрат по замене провода на ближайшее большее сечение.

- Применение для распределения электрической энергии на стадии проектирования трансформаторов со схемой соединения обмоток Y/Zn так как трансформаторы данного вида не чувствительны к несимметричной нагрузке

- Установка симметрирующих устройств на эксплуатируемые со схемой Y/Un трансформаторы с большим коэффициентом несимметрии. К таким устройствам можно отнести: трансформаторное симметрирующее устройство (ТСУ) [4], фазопреобразовательные устройства. Из более экономичных и доступных средств уменьшения потерь от несимметрии напряжений служат: установка на активную часть трансформатора компенсационной обмотки [5] или замена стального бака трансформатора на алюминиевый [6].

Коммерческие потери невозможно измерить приборами или рассчитать по формулам. Их можно определить как разность между фактическими и технологическими потерями электроэнергии, т.е. это убыток, связанный с процессом оборота товара, которым является электроэнергия.

Потери электроэнергии, относимые к категории коммерческих, большей частью, являются энергопотреблением, которое по разным причинам не зафиксировано документально, поэтому затраты связанные с их оплатой.

Коммерческие потери электроэнергии в отличие от технологических являются прямым финансовым убытком сетевых компаний. Являясь, с одной стороны причиной денежных расходов сетевого предприятия они в тоже время являются и его упущенной выгодой от неоплаченной передачи электроэнергии. Поэтому сетевые организации в большей степени, чем другие участники рынка электроэнергии, заинтересованы в максимально точном учете электроэнергии и правильности расчета ее объемов в точках поставки на границах своей балансовой принадлежности.

Для решения вопросов по снижению коммерческих потерь электроэнергии необходимо проводить следующие организационные мероприятия:

- Обучение и повышение квалификации персонала; осознание персоналом важности для предприятия в целом и для каждого его работника эффективного решения поставленной задачи; мотивация персонала, моральное и материальное стимулирование; связь с общественностью, широкое оповещение о целях и задачах снижения коммерческих потерь, ожидаемых и полученных результатах.

- Формирование и своевременная актуализация баз данных о потребителях электроэнергии и группах учета, с привязкой их к конкретным элементам электрической схемы;

- Своевременная сверка показаний приборов учета с авторизацией операционной деятельности по расчетам объемов электроэнергии для исключения влияния «человеческого фактора»;

- Обеспечение персонала, выполняющего проверки приборов учета и выявления хищений электроэнергии, необходимым инструментом и инвентарем. Обучение методам выявления хищений электроэнергии, повышение мотивации дополнительным материальным вознаграждением с учетом эффективности работы;

- Замена счетчиков электроэнергии и измерительных трансформаторов на приборы учета с повышенными классами точности, а так же своевременная проверка приборов учета их поверка и калибровка.

ВЫВОДЫ

Потери электроэнергии в сетях считаются основными показателями эффективности и экономичности их работы. Это своего рода индикатор энергосберегающей деятельности предприятий. В Казахстане за последние 10 лет наметилась устойчивая тенденция роста потерь, что влечет, наряду с другими факторами рост тарифов.

Большое число потерь электроэнергии указывает на то, что в этой сфере существуют определенные проблемы и решение этих проблем – первоочередная задача.

Согласно поставленной задаче перспективы дальнейшего использования полученных в ходе исследования результатов заключаются в формировании на территории Республики Казахстан так называемых «агентств по энергосбережению». Эти организации будут выполнять все работы, связанные с энергетическим обследованием предприятий, мониторингом электропотребления, расчетом и нормированием технологических потерь электроэнергии, определением структуры потерь и разработкой конкретного комплекса мероприятий по их устранению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 План нации – 100 конкретных шагов по реализации институциональных реформ Главы государства Нурсултана Назарбаева. – 2015 [Электронный ресурс]. – URL: www.onlain.zakon.kz.

2 **Истомин, Ю. О.** Некачественная электроэнергия должна стоить дешевле // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – № 9. – С. 16–17.

3 ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения – М. : Изд-во Стандартиформ, 2014.

4 Пат. RU.2314620C2 РФ, МПК H02J 3/26. Трехфазное симметрирующее устройство / Василенко В. Д., Евдокимов В. В.; Опубл. 10.01.2008. Бюл. № 1. – 5 с.

5 **Теремецкий, М. Ю.** Снижение потерь и повышение качества электроэнергии в сельских распределительных сетях 0,38 кВ при несимметричной нагрузке с помощью трансформатора «звезда-звезда с нулем с симметрирующим устройством» / Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – СПб. : – Пушкин, 2011 г. – 19 с.

6 Предварительный патент № 17016 Трехфазный трансформатор/ Шпилько Ю. Е. Герасименко Т. С. Опубл. 15.02.2006, бюл. № 2. – 4 с.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Т. С. Герасименко

Кернеуі 10/0,4 кВ болып келетін трансформаторлар мен электрлік желілеріндегі электр энергиясын жоғалтуын айзату бойынша іс-шараларының кешені

Энергетикалық факультеті,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нур-Султан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

T. S. Gerasimenko

The complex of measures for decrease of electric power losses in electrical networks and transformers with voltage of 10/0,4 kV

Power Faculty,

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Энергиямен жабдықтау жүйесінің негізгі элементтерінде орын алатын электр энергиясы шығындарын ток пен кернеудің симметриялы еместігіне бағалау жүргізілді. Теңгерімсіздікті

азайту үшін түрлі әдістер мен техникалық құралдар әзірленді. Олардың барлығы күрделілікте, шығындарда, үнемдеумен, тиімділігімен, жұмыс істеу принципімен және тұтынушылардың әртүрлі санаттарына қол жетімділікпен ерекшеленеді. Электр энергиясын жоғалтуды қысқарту тәсілдері дәстүрлі түрде техникалық және ұйымдық бөлінеді және бір мезгілде бір немесе басқа жолмен іске асырылуы мүмкін. Электр энергиясының сапалық көрсеткіштерін эксперименттік талдау, энергияны тұтыну режимдерін оңтайландыру үшін қажетті шараларды таңдауға мүмкіндік берді.

Бұл мақалада 0,38–10 кВ электр тораптарында да, тарату трансформаторларында да электр энергиясының жоғалуын барынша азайту үшін қажетті шаралар кешенін әзірленген. Электр тізбегінің әрбір бөлігіндегі шығындардың таралу құрылымы да ұсынылған.

The estimation of electric energy losses arising in the main elements of the power supply system in the presence of asymmetry of currents and voltages. A variety of methods and techniques have been developed to reduce asymmetry. All of them differ in complexity, cost, efficiency, principle of operation and availability for certain categories of consumers. Methods to reduce the loss of electrical energy are divided into technical and organizational, and can be implemented simultaneously both one and the other way. The experimental analysis of indicators of quality of electric energy, allowed to make a reasonable choice of necessary measures to optimize the modes of energy consumption.

In this article the complex of actions necessary for minimization of losses of electric energy arising both in electric networks of 0,38–10 kV, and in distribution transformers is developed. The structure of distribution of losses on each site of an electric circuit is also presented.

Н. С. Глазырина¹, И. И. Фураева², В. В. Нью³

¹PhD, доцент, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²к.ф.-м.н., доцент, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³студент, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан

e-mail: ¹glazirinan@yandex.ru; ²furir@mail; ³nyuvv42@gmail.com.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ БЕСПОЧВЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

В статье описана разработанная система «умной гидропоники». Работа системы направлена на автоматизацию процесса выращивания растений в домашних условиях. В разработанной гидропонной установке не используется традиционный грунт, что является современным инновационным решением. В системе применяется техника поверхностного слоя, которая позволяет использовать питательный раствор на основе воды довольно экономно. В процессе работы установки регулируются такие важные показатели для роста растений как освещенность, влажность, температура и pH, также измеряется уровень воды в резервуаре. Для проектирования аппаратной части системы был выбран микроконтроллер Arduino. Для разработки программного обеспечения системы использована интегрированная среда разработки – Arduino IDE. Установка является масштабируемой, что дает ей преимущества перед существующими решениями. Стоимость установки составила 39595,5 тенге.

Ключевые слова: гидропоника, программно-аппаратный комплекс, техника поверхностного слоя, микроконтроллер, Arduino.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно Посланию Первого Президента Республики Казахстан Н. А. Назарбаева от 2018 года, одной из задач, которая позволит развиваться в условиях четвертой промышленной революции, является развитие «умных технологий», которые создадут возможность рывка в развитии агропромышленного комплекса. Президент отметил, что развитие аграрной науки требует приоритетного внимания, которая должна заниматься в первую очередь трансфертом новых технологий и их адаптацией к отечественным условиям [1].

Гидропоника – термин, обозначающий выращивание растений без использования традиционного грунта. Термин «гидропонное садоводство» может относиться к выращиванию растений, обычно овощей, в простом растворе воды и питательных веществ. Термин «гидропоника» также используется для обозначения выращивания растений в инертном субстрате, таком как перлит, вермикулит, минеральная вата или кокосовое волокно. При таком типе гидропонного культивирования растения получают питательные вещества из раствора, который проходит через их корни через равные промежутки времени [2].

В последнее десятилетие распространенность гидропонного выращивания растений очень сильно увеличилась, в некоторых странах это инициируется на государственном уровне, например, в Израиле. В настоящее время большую часть рынка занимают промышленные гидропонные установки. Однако, промышленные установки очень громоздкие, и не предусмотрены для домашнего использования. Кроме того, они очень дороги: стоимость многоэтажных стоек для выращивания гидропонным способом на профессиональных сайтах, таких как Farmtek, длиной около трех метров и высотой около двух доходит до полудюжины тысяч долларов. Конечно, такие стойки оборудованы тщательно спроектированными желобами и очень удобны, но их стоимость является неоправданно высокой для домашнего использования. Также такие установки, как правило, не бывают маленького размера. Компания AmHydro предлагает более дешевые варианты, самая маленькая установка имеет длину 1,5 м [3].

Гидропонные установки для домашнего использования более дешевые: например, системы AeroFarm и EcoGrower Max, но в этих установках максимальное количество выращиваемых растений – это пять и шесть единиц соответственно, когда в промышленных установках счет идет на сотни растений в одной [4]. Кроме того, домашние гидропонные системы являются не масштабируемыми, это значит, что для увеличения количества выращиваемых растений потребуется еще одна установка, что делает их экономически очень затратными, так, например, для выращивания пятидесяти

растений с помощью AeroFarm потребуются больше полумиллиона тенге, что сопоставимо по цене с промышленными установками, с помощью которых можно выращивать одновременно до нескольких сотен растений.

Анализируя вышесказанное, можно сказать, что на рынке заметна нехватка доступных гидропонных систем для самостоятельного выращивания небольших растений в домашних условиях. Поэтому разработка гидропонной установки для домашнего использования, является весьма актуальной задачей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время, исследователи выделяют от пяти до девяти основных типов систем, основанных на гидропонном выращивании растений. Согласно классификации Кори Хьюджеса, таких типов шесть: система глубоководных культур, техника питательного слоя, система периодического затопления, система капельного полива, фитильная система и аэропоника [5]. Разные типы систем рассчитаны на разные растения и бюджет реализации. В разработанной установке применяется техника поверхностного слоя, так как она позволяет использовать питательный раствор на основе воды довольно экономно, а также не использовать дополнительную помпу для принудительной аэрации раствора воздухом, потому что прерывистая техника поверхностного слоя и так привлекает достаточное количество воздуха к корням для дыхания растений за счет периодической остановки подачи воды.

Для эффективного роста растений в разработанной системе установлены специализированные датчики контролируемые ряд показателей. К основным отслеживаемым показателям можно отнести водородный показатель (рН), электрическую проводимость, концентрацию кислорода, температуру, концентрацию питательных веществ, влажность для аэропонных систем и уровень воды – для гидропонных, а также уровень освещенности.

Разные растения могут быть чувствительны к различным показателям и иметь свои особенности выращивания. В разработанной системе измеряются самые основные показатели, которые необходимо контролировать для выращивания практически любых растений: температура, водородный показатель, влажность, уровень воды (затопляемость), уровень освещенности.

Температура является одним из наиболее важных факторов, влияющих на содержание растворенного кислорода в растворе. На самом деле способность воды удерживать кислород напрямую связана с ее температурой. Когда температура воды (или питательного раствора) становится теплее, ее способность растворять кислород снижается, и напротив, когда температура снижается – способность растворять кислород растет. Поскольку

кислород полезен для корней растения, нужно получить настолько низкую температуру, насколько это возможно, но с понижением температуры, могут возникнуть новые проблемы, особенно для теплолюбивых растений. Слишком низкие температуры могут привести к замедлению роста растения и даже к его прекращению, поэтому соблюдать баланс между большим количеством растворенного кислорода в растворе и температурным коридором, в котором растение сможет быстро развиваться, очень важно. Если подогревать питательный раствор до слишком высоких температур, концентрация кислорода будет падать, что в свою очередь также позволит анаэробным патогенным микроорганизмам проявлять активность, например, фитопатогенным грибам *Rythium*, которые могут вызывать различные заболевания корневой системы, такие как питиозная гниль. Оптимальной температурой для резервуара с питательным раствором является от 17,2 °C до 22,2 °C [6]. В этом температурном коридоре концентрация растворенного кислорода около 8,6–9,6 мг/дм³, что является достаточно высоким показателем, вместе с тем, температура раствора будет достаточно теплой, чтобы облегчить поглощение питательных веществ растением и обеспечить тем самым его рост и развитие.

Освещенность – очень важный показатель для роста растений, потому что разные виды растений требуют разной интенсивности и продолжительности освещения. Все растения нуждаются в освещении, но не меньше они нуждаются и в темноте. Если растения будут освещаться круглосуточно, они не будут развиваться так, как необходимо. Самым лучшим способом регулировать освещение у растений, выращиваемых с помощью гидропоники, будет максимально точное подражание продолжительности светового дня в то время года, в которое это растение растет в природе в той же местности, где оно обычно произрастает. Это значит, что для разного вида растений могут потребоваться отдельные изолированные гроубоксы, в которых будут оборудованы свои системы освещения, приспособленные под ту или иную длину светового дня. Существует три основных типа растений с различными потребностями в свете: растения короткого дня, длинного дня и нейтральные растения. Растения короткого дня нуждаются в длительном периоде темноты, если они будут ярко освещаться более 12 часов в день, то перестанут цвести, эти растения, цветущие весной – клубника, цветная капуста, хризантемы. Растениям длинного дня требуется до 18 часов солнечного света в день, это такие растения, как пшеница, картофель, шпинат, то есть растения, цветущие летом. Нейтральные же растения могут цвести и плодоносить и при коротком, и при длинном световом дне, что делает возможным возделывание их вместе с обоими вышеупомянутыми типами растений, это рис, баклажаны, кукуруза.

Еще одним важным показателем, контроль которого для ряда растений жизненно необходим, является рН, или водородный показатель. Водородный показатель представляет собой меру активности ионов водорода в растворе, но для разбавленных растворов этот показатель учитывается как концентрация ионов водорода в растворе. В нейтральном растворе концентрация положительных ионов водорода (H^+) и отрицательных гидроксид-ионов (OH^-) одинакова. Если водный раствор содержит больше положительных ионов, чем отрицательных гидроксид-ионов, раствор становится кислым. Напротив, большее количество гидроксид-ионов, содержащихся в питательном растворе, чем положительных ионов, приводит к тому, что раствор становится щелочным (основным). Проще говоря, рН – это мера того, насколько кислотным или щелочным является раствор. Этот показатель отсчитывается по шкале от 1 до 14, рН менее 7 является кислым, а более 7 – основным. Только абсолютно чистая вода имеет рН 7, который является нейтральным рН. К кислотным веществам относят лимонный сок, уксус и кокс. Молоко, пищевая сода и аммиак являются примерами щелочных растворов. Шкала рН является логарифмической, например, раствор с рН 5 в 10 раз более кислый, чем раствор с рН 6. Значение рН определяет, насколько хорошо растворяются питательные вещества в растворе, и, следовательно, способность растений поглощать эти питательные вещества. Каждый минерал имеет определенную толерантность к соответствующему уровню рН. Часто первыми признаками того, что рН вышел за пределы оптимального диапазона, является то, что более молодые листья растений становятся немного желтыми или бледными. Большинство растений подходит уровень рН от 6,0 до 7,0, но приемлемым будет разброс от 5,0 до 8,0. Однако, некоторые растения требуют более кислой или щелочной среды.

Электрическая проводимость раствора измеряется обычно в тех случаях, когда растения погружены корнями в воду постоянно [7]. Измеряется электрическая проводимость в миллисименсах на см (мСм/см). Измерение электропроводности питательного раствора показывает содержание солей, т.к. чистая дистиллированная вода не проводит ток, но это измерение только в целом, и оно не показывает соотношение различных питательных солей друг к другу, только общее их содержание. Если электрическая проводимость повышается, это означает, что растения поглощают воду быстрее, чем питательные вещества в ней. Обычно это происходит в жаркую погоду, когда растение пытается сохранить свою температуру. Соответственно, если уровень солей повышается, необходимо разбавить раствор. В противоположной ситуации, если электрическая проводимость падает, это значит, что растению не хватает питательных веществ, и необходимо добавить их. Практическое использование показаний электрической

проводимости состоит в том, что резервуары для питательных растворов для растений с низким, средним и высоким показателем электрической проводимости, должны быть отдельными, иначе могут пострадать вкусовые качества выращиваемых культур, или же растение просто остановится в развитии совсем.

Влажность – важный параметр гидропонной системы, но в особенности, аэропонной, так как там вода подается на корни в виде взвеси капель. Влажность при не аэропонном выращивании должна быть достаточно высокой, чтобы растение не пересыхало, но при этом не слишком высокой, иначе это нарушит дыхание растений. Также чрезмерная влажность способствует более активному росту различных патогенных микроорганизмов. Оптимальная относительная влажность – это диапазон от 50 до 80 %, причем лучше, чтобы она была ближе к 50 %

Управление установкой осуществляется на базе контроллера Arduino Mega. Также для автоматизации полива используется помпа, перекачивающая ирригационный раствор из резервуара. Так как насос не должен работать без воды долгое время, необходимо определять уровень ирригационного раствора в резервуаре, чтобы предупредить пользователя, если уровень станет слишком низким. Для этого используется датчик уровня воды. Необходимость включения водяной помпы можно проверять двумя способами: с помощью установленного датчика влажности или же используя датчик протечки. Второй вариант более надежный, так как позволяет отследить после подачи команды включения помпы, включилась ли она, и если этого не произошло, предупредить пользователя о неисправности помпы.

Для вывода информации пользователю о температуре, влажности, уровне кислотности жидкости используется жидкокристаллический дисплей и 7-сегментные индикаторы. Также выводится информация о необходимости добавления воды в резервуар, разбавлении питательного раствора из-за того, что его кислотность вышла за пределы допустимой для данного типа растений, или, информация о том что водяная помпа вышла из строя и требует незамедлительной замены.

Дополнительное освещение реализовано с помощью светодиодов, которые включаются на определенное время, если показатели, считанные с фоторезистора, показывают слишком низкий уровень освещенности. Кроме этого в установке используется модуль времени с реле, который позволяет настроить включение датчиков с определенной задержкой.

Сами растения располагаются в сетчатых пластиковых горшочках, в которые помещено кокосовое волокно для развития корневой системы растений. В качестве ирригационного канала используется ПВХ труба, в

которой выпилены круглые отверстия диаметром 50 мм под пластиковые стаканчики. Труба расположена под наклоном по отношению к плоскости гроубокса для облегчения стекания воды по ирригационному желобу. Так как труба имеет диаметр 110 мм, коннектор взят с более узким диаметром, чтобы вода не испарялась слишком быстро, соединение трубы и коннектора выполнено с помощью манжеты из бутадиен-нитрильного каучука, он достаточно плотный и при этом сохраняет гибкость при большом разбросе температур, к тому же он очень износостойкий, из этого материала изготавливаются манжеты даже на гидравлику. Изготовление ирригационного желоба из ПВХ трубы позволило сделать систему масштабируемой и приспособить ее для выращивания различного количества растений. Это также позволит создать многоуровневую гидропонную систему, что позволит сэкономить место при выращивании растений в домашних условиях. В качестве гроубокса используется твердый ПВХ контейнер.

Для разработки программного обеспечения установки, была использована интегрированная среда разработки – Arduino IDE.

Блок-схема работы установки представлена на рисунке 1.

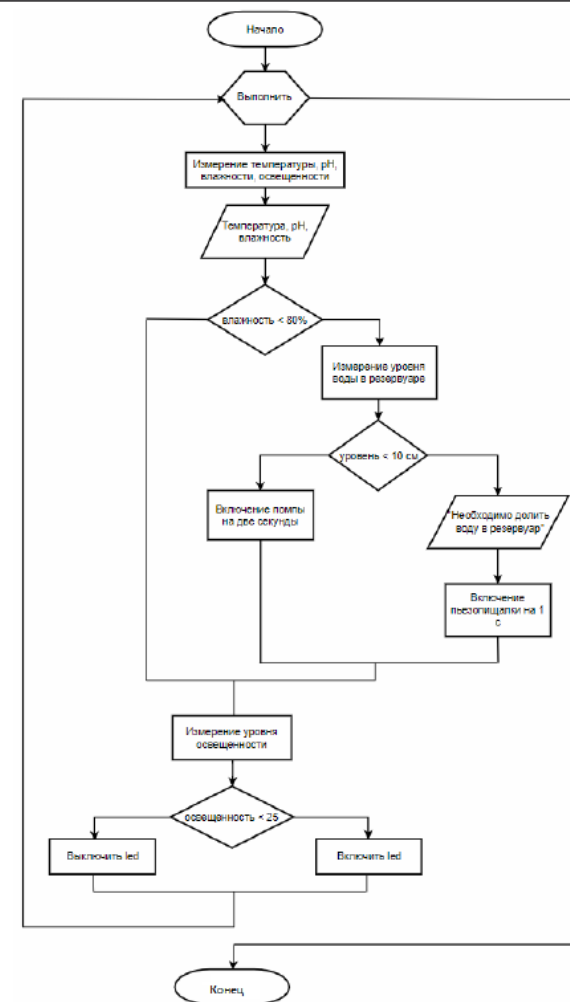


Рисунок 1 – Блок-схема работы установки

На рисунке 2 представлена разработанная установка.

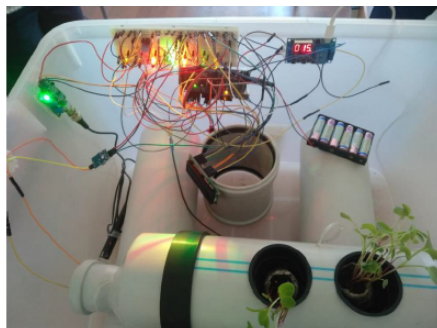


Рисунок 2 – Разработанная гидропонная установка

В таблице 1 приведена стоимость комплектующих установки.

Таблица 1 – Стоимость комплектующих установки

№п/п	Наименование	Количество, шт	Цена, тг
1	Arduino Mega 2560	1	16065,5
2	Датчик pH	1	6800
3	Датчик протечки	1	640
4	Датчик уровня воды	1	370
5	Датчик температуры и влажности	1	520
6	Фоторезистор	1	45
7	Светодиоды	5	65
8	Погружной насос	1	730
9	Жидкокристаллический дисплей	1	1080
10	Модуль времени с реле	1	2950
11	Комплект проводов	2	1290
12	ПВХ труба (110 мм)	1	800
13	Коннектор (110-40 мм)	1	400
14	Манжета 110 мм	1	1500
15	Заглушка 110 мм	1	400
16	Канифоль	1	250
17	Припой	1	500
18	Сетчатые стаканы	2	90
19	Койр	1	800
20	Контейнер 53 л	1	4300
Итого			39595,5

ВЫВОДЫ

Общая стоимость установки составила 39595,5 тенге. С одной стороны, эта сумма вполне сопоставима с суммой установок, уже имеющихся на рынке, но как уже говорилось, преимущество данной установки в масштабируемости. Например если установка стоимостью 52000 тг рассчитана на пять растений, то для выращивания десяти понадобится ровно в два раза больше – 104000 тг. Для сборки установки подобной этой на два растения понадобилось почти 40000 тг, но если увеличить количество выращиваемых растений до десяти, то цена вырастет совсем не так значительно, как в первом случае: понадобится еще несколько метров трубы по цене 800 тг за метр, сетчатые стаканчики для растений, койра и, если система будет одноэтажной, контейнер большего размера, а если многоэтажной – алюминиевые уголки для поддержки труб и большее количество коннекторов, Все эти составляющие не являются очень дорогими по сравнению, например, с микроконтроллером.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 https://mod.gov.kz/rus/poslaniya_prezidenta?cid=0&rid=4451 [Электронный ресурс].
- 2 **Платунов, А. Е.** Встраиваемые системы управления // Control Engineering, Россия. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 16–24.
- 3 <https://amhydro.com> [Электронный ресурс].
- 4 <https://homeharvest.ru/product/ghe-ecogrower-max/> [Электронный ресурс].
- 5 <http://growhobby.ru/gidroponika-i-ee-vidy.html> [Электронный ресурс].
- 6 https://www.promgidroponica.ru/soveti_nathinauhim [Электронный ресурс].
- 7 **Казин, В. Н., Урванцева, Г. А.** Физико-химические методы исследования в экологии и биологии : Учебное пособие. – Ярославль 2002.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Н. С. Глазырина¹, И. И. Фураева², В. В. Ню³

Өсімдіктердің жерсіз өсіру үшін атқару және бағдарламалық қамтамасыз кешені дамыту

^{1,2,3}Ақпараттық технологиялар факультеті,

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

N. S. Glazyrina¹, I. I. Furayeva², V. V. Nur³**Development of hardware and software complex for environmental growing of plants**^{1,2,3}Faculty of Information Technologies,
L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада «ақылды гидропоника» дамыған жүйесі сипатталған. Жүйенің жұмысы автоматтандыру үшін өсімдіктерді өсіру үйдің жағдайында арналған. Әзірленген гидропоникалық қондырғы заманауи инновациялық шешім болып табылатын дәстүрлі топырақты пайдаланбайды. Беті қабатының жүйесінде техника қолданылады осы құнарлы ерітінді су негізінде барынша үнемдеп пайдалануға мүмкіндік береді. Орнату барысында өсімдіктің өсуі үшін жарықтандыру, ылғалдылық, температура және рН сияқты маңызды көрсеткіштер реттеледі және резервуардағы су деңгейі де өлшенеді. Жүйенің аппаратурасын жобалау үшін Arduino микроконтроллері таңдалды. Жүйенің бағдарламалық жасақтамасын әзірлеу үшін интеграцияланған даму ортасы, Arduino IDE таңдалған. Орнату масштабталады және қолданыстағы шешімдерге артықшылық береді. Орнату құны 39595,5 теңгені құрады.

The article describes the developed system of «smart hydroponics». The system works to automate the process of growing plants at home. The developed hydroponic installation does not use traditional soil, which is a modern innovative solution. The system uses a surface layer technique that allows the use of a nutrient solution based on water rather economically. In the process of the installation, such important indicators for plant growth as illumination, humidity, temperature and pH are regulated, and the level of water in the reservoir is also measured. For the design of the system hardware Arduino microcontroller was selected. An integrated development environment, the Arduino IDE, is used to develop the system software. The installation is scalable, which gives it advantages over existing solutions. The installation cost was 39,595.5 tenge.

ГРНТИ 004.4'272

Н. С. Глазырина¹, И. И. Фураева², Д. К. Омаров³¹PhD, доцент, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;²к.ф.-м.н., доцент, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;³студент, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстанe-mail: ¹glazirinan@yandex.ru; ²furir@mail; ³dk-28@mail.ru.**РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО
ИНФОРМАЦИОННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ
В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТОМ WCAG 2.0**

В статье описана разработка приложения для мобильных устройств на базе операционной системы Android, в соответствии с международным стандартом WCAG 2.0. Выполнение всех требований, указанных в действующем стандарте, и соответствие уровням оценки позволяет разработчику сделать мобильное приложение доступным для более широкого круга пользователей, включая людей с ограниченными возможностями. Особенно учтена специфика использования приложения пользователями, которые имеют некие проблемы со зрением. Для данной категории, разработана возможность использования приложения в «Режиме для слабовидящих». «Режим для слабовидящих» подразумевает собой адаптацию приложения для людей с ограниченными возможностями, а именно включает в себя такой функционал, как возможность выбора размера шрифта, инверсия цветовой гаммы, увеличение контрастности, озвучивание текста посредством утилиты TalkBack.

Ключевые слова: мобильное приложение, режим для слабовидящих, льготы, информационный ресурс, Android Studio, стандарт.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире проживает огромное количество людей с ограниченными возможностями [1]. В связи с этим, в век информационных

технологий, все больше разрабатываются ресурсы предназначенные специально для адаптации данной категории людей в современном мире.

Согласно актуальному политическому курсу на «цифровизацию государства» в Республике Казахстан [2], также можно отметить несколько наиболее значимых проектов, предназначенных для людей, обозначенной категории. В их число входят такие разработанные проекты, как «Мобильное электронное правительство mGov» [3], основной задачей которого является упрощение доступа граждан к наиболее популярным видам услуг, оказываемых в местных Центрах Обслуживания Населения и «Будущее без барьеров» [4], позволяющее облегчить жизнь инвалидам, передвигающимся на специальных колясках.

Из российских разработок стоит отметить приложение «*Инвалидность. Справочник*», разработанное московской группой разработчиков Publishing House [5]. Суть приложения заключается в ознакомлении граждан Российской Федерации с полным перечнем действующих законов и сводок относительно инвалидов различных категорий. Учитывая, что само приложение разработано с посылком для людей с ограниченными возможностями, то и настройки интерфейса приложения отвечают всем узаконенным требованиям для такой категории людей. В данном приложении реализованы алгоритмы выбора размера шрифта, увеличения яркости интерфейса, выбор стиля шрифта, выбор трех вариантов цветов фона с учетом контрастности к цвету шрифта.

Также стоит отметить приложение «*Справочник заболеваний*» от Medical Group Soft, разработанное Санкт-Петербургскими программистами для внедрения в местные медицинские учреждения [6]. Приложение содержит максимальную информацию о существующих видах заболеваний, отвечает требованиям международного стандарта Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.0) и демонстрирует полноценный функционал.

Кроме этого существует большое количество специализированных компьютерных программ, предназначенных для самообразования; программ позволяющих обучать людей с умственными отклонениями; программ позволяющих с помощью сервисов дополненной реальности понимать и видеть объекты вокруг себя, если у человека отсутствует зрение, а также программ, позволяющих играть в мобильные игры.

Обзор существующих отечественных и зарубежных приложений позволяет сказать, что многие разработки не соответствуют стандарту WCAG 2.0 [7], что усложняет их использование людьми с ограниченными возможностями. Исходя из этого тема разработки мобильного информационного приложения в соответствии со стандартом актуальна, и при правильном внедрении и маркетинге, вполне реально может помочь людям юридически грамотно ориентироваться в различных сферах деятельности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для разработки мобильных приложений и интернет-ресурсов для инвалидов всех категорий разработан международный стандарт WCAG 2.0. Выполнение всех требований, указанных в документе, и соответствие уровням оценки позволит разработчику сделать созданный проект доступным для более широкого круга пользователей, которые имеют особые потребности по здоровью.

При разработке такого рода мобильного приложения обязательно нужно учитывать для какой категории людей конкретно предназначена разработка. В нашем случае приложение разработано для людей с отсутствием зрения или слабовидящих.

Разработанное приложение выполнено на операционной системе Android. Контент направлен на юридическую консультацию пользователя касаясь льгот и выплат для социально значимого слоя населения. Мобильное приложение содержит полностью узаконенную информацию о льготах и денежных выплатах для населения, относящегося к следующим категориям:

- Инвалиды всех групп;
- Ветераны Великой Отечественной Войны и лица, приравненные к ним по льготам;
- Многодетные семьи;
- Неполные семьи;
- Дети и сироты.

По стандарту, любое мобильное приложение, адаптированное для людей с ограниченными возможностями, должно быть, в первую очередь, правильно воспринято. Для выполнения поставленной задачи рекомендовано представление любой текстовой информации в значимой последовательности чтения, которая должна задаваться программно. Такое представление объясняется тем, что в случае использования пользователем сторонних вспомогательных устройств или приложений, позволяющих озвучивать всю информацию с экрана, информация будет интерпретирована и озвучена именно в той последовательности, в которой она имеет логическую последовательность. Чаще всего проблемы с последовательной интерпретацией встречаются во вложенных списках.

В приложении вложенный список представлен в виде адаптера циклического вида RecyclerView. Такой адаптер позволяет вручную перенастраивать отображение информации и распределить последовательность чтения информации для программ специальных возможностей. Помимо данной рекомендации, существует ряд немаловажных особенностей.

Международный стандарт рекомендует использовать цветное оформление только в том случае, если в приложении предусмотрен

специальный режим для слабовидящих. Это обусловлено тем, что человек, имеющий проблемы со зрением, в главную очередь, обращает внимание на цвет фона и вид отображения информации в сочетании с этим цветом. Подобную проблему рекомендуется решать только в виде контрастного соотношения цвета фона к цвету текста. Такое решение оценивается вторым уровнем АА. А значение самого коэффициента контраста должно составлять не менее 4,5:1 соответственно. Визуальное отображение текста и текста на изображениях должно соответствовать коэффициенту контрастности 7:1. Стоит отметить, что в случае увеличения шрифта в приложении, контрастность фона следует понизить, так как большой кегль шрифта на контрастном фоне, будет значительно превышать норматив и текст станет нечитабельным. На рисунке 1 представлена работа приложения в режиме для слабовидящих.

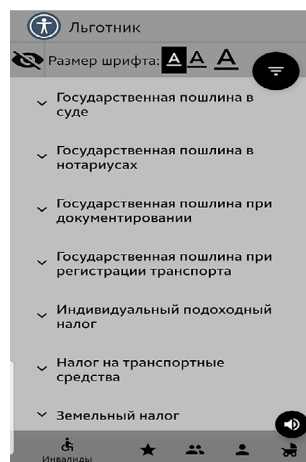


Рисунок 1 – «Режим для слабовидящих»

В рекомендациях по адаптации приложения немаловажным пунктом является возможность ручной настройки кегля шрифта. Пользователь должен иметь возможность выбирать такой размер шрифта, который позволит ему доступно прочитать всю информацию на экране. Рекомендовано использовать список со значениями кеглей, но также не возбраняется использование нескольких вариаций шрифтов в 50 % и 100 % увеличении шрифтов. Обязательным условием является внедрение данного алгоритма в приложение без использования вспомогательных технологий или приложений. Размер шрифта должен быть изменен только для тех элементов, которые несут основную нагрузку информации, а элементы,

отвечающие за декоративное оформление или второстепенную информацию, могут остаться без изменений. В разработанном приложении выбрано контрастное соответствие цвета фона к шрифту и добавлена программная настройка размера шрифта по всему приложению, пользователь имеет возможность выбрать три размера шрифта с параметрами увеличения на 50 и 100 процентов соответственно. Вариация с 50 процентным увеличением шрифта соответствует оценке А по международному стандарту, тогда как 100 процентное увеличение оценивается как уровень АА.

Стандарт предписывает, что если в приложении используется фоновое аудио, то следует разработать отдельно расположенный мини-плеер, который позволит пользователю в любой момент остановить аудио или сделать паузу, а также изменять громкость воспроизведения вручную. Если же аудио кратковременное, то оно не должно длиться более пяти секунд и соответствовать требованию о невмешательстве. Данное требование подразумевает собой отсутствия влияния данной аудиозаписи на работу в приложении.

В разработанном приложении предусмотрено инструктирующее аудио, объясняющее пользователю последовательность действия для включения ассистирующего приложения TalkBack, сопровождающееся пояснительным всплывающим окном, что полностью соответствует вышеуказанному требованию.

В приложении предусмотрено неограниченное время использования всех элементов, полное отсутствие каких-либо мерцающих всплывок, пользователь в исходном режиме имеет возможность наблюдать анимацию в открывающихся подпунктах, а в специальном режиме для слабовидящих время анимации сокращено до минимума, чтобы соответствовать положению о достаточном времени. Навигация по приложению достаточно проста и понятна. Приложение имеет заголовок, все страницы, содержащие контент, подписаны в нижней навигационной панели и имеют фокусировку, для отображения текущего положения.

Также в приложении предусмотрено использование системной клавиатуры для того, чтобы пользователю не нужно было привыкать к новому виду клавиатуры и достаточно быстро ориентировался в ней. Язык отображения приложения по умолчанию – русский. Для более удобного серфинга по приложению выполнена единообразная навигация, используемая в современных мобильных устройствах – система жестов и нажатий.

В приложении предусмотрена совместимость элементов экрана со вспомогательными устройствами и приложениями.

Реализованные алгоритмы, отвечающие требованиям WCAG 2.0, разработаны в среде Android Studio IDE, стоит отметить, что большинство

функций и методов созданы вручную, без использования сторонних библиотек. Сам язык Java для разработок такого рода функционала имеет очень мало библиотек. Исходя из этого, алгоритмы увеличения и уменьшения размеров шрифта, изменения цветов фона в соответствии с контрастом к цвету шрифтов, и подобного рода анимации были написаны по собственным алгоритмам, предполагающим синтез использования языка программирования Java и визуального представления языка XML.

Увеличение шрифта в приложении для Android невозможно использовать для совокупности конкретных элементов, а только для одного какого-либо элемента со стандартной функцией `TextView.setTextSize()`. Работа с размерами шрифта предусмотрена по всему приложению, за исключением второстепенных текстовых элементов. Для этого была использована системная стилистика приложения, написанная самой средой разработки на языке XML. То есть для того, чтобы изменить размер шрифта во всем приложении были написаны две дополнительные темы в файле `styles.xml`, которые затем были интегрированы в главный класс приложения. Собственно, в данном классе по нажатию на созданные соответствующие кнопки были реализованы алгоритмы, которые переводят полное оформление приложения на соответствующие стили. Уменьшение размера шрифта происходит аналогичным образом. Выборка второстепенных элементов также реализована в языке XML.

Алгоритм изменения цвета фона предложен в исполнении системного файла ресурсов `Colors.xml`. Файл содержит все системные цвета приложения в формате RGB. Для изменения цветов каких-либо отдельных элементов существует специальная функция `setBackground-color()`, но при разработке приложения она не использовалась, так как не отвечает требованиям контрастности. Фон приложения поделен на несколько слоев для удобства распределения цветов. Соответственно каждый слой имеет собственный цвет. Язык программирования Java очень гибок в использовании авторских функций, поэтому можно было в собственных методах указывать настройку `setBackground-color()` для получения цифрового значения необходимого нам цвета из файла ресурсов `colors.xml`. Таким образом, для изменения цвета фона были объединены слои приложения в одно целое и по отношению к ним был применен метод `setBackground-color()` с использованием значения необходимого ресурса. Напомним, что эта функция по умолчанию предназначена для изменения цвета содержимого слоя, но никак для изменения цвета самого слоя.

Анимация в приложении используется исключительно для двух элементов – выпадающий список `RecyclerView` и динамическая кнопка FAB. В исходном режиме анимация была разработана согласно настроек самой

операционной системы, но в режиме для слабовидящих такое время анимации неприемлемо, и было принято решение сократить время, разработав функцию открытия и закрытия элементов `showAnim()` и `closeAnim()` соответственно. В разработанных функциях были определены мнимые переменные, которые в дальнейшем переопределяются в главном методе под реальные переменные. Мнимые переменные отвечают за отображение видимости конкретных элементов, подвергающихся анимации, на экране, и соответственно за их необходимое значение смещения.

Помимо вышеуказанного функционала, в приложение интегрирована географическая карта от Яндекс. Суть использования карты состоит в том, чтобы пользователь, открыв страницу адресов, мог по нажатию на соответствующий адрес увидеть метку на карте, которая наглядно ориентирует его на местности. К сожалению, политика компании Яндекс в отношении частного использования сервиса карт подразумевает «пустое» использование самой карты без каких-либо вспомогательных функций. Но в отличие от других существующих компаний, предоставляющих данный сервис, Яндекс бесплатно выдает ключ активации карты в частных проектах для пользователей, зарегистрировавшихся на их ресурсе. Исходя из этого, следует отметить, что помимо «пустого» внедрения карты в приложение, был предпринят ряд усовершенствований данного сервиса. К основным доработкам относятся написание алгоритмов увеличения и уменьшения камеры карты и поиск объектов на карте с последующим выделением их на карте.

Увеличение и уменьшение камеры карты было реализовано с помощью двух стилистически отредактированных кнопок, нажатие на которые приводило к соответствующим действиям. Алгоритм этих самых действий состоял в следующем: объект карты, содержащийся в определенной переменной, получал информацию о карте с текущим местоположением по функции `getMap()`, а затем перенаправлял саму камеру карты по полученным координатам, но с нулевым азимутом и увеличенным на 1–1.5 пикселей масштабом. И соответственно для уменьшения камеры использовался подобный алгоритм, но с отрицательным значением пикселей масштаба.

Для реализации поиска по карте была использована встроенная библиотека объектов Яндекс, которая входила в выданный ключ активации. Суть алгоритма заключается в получении из текстового поля значений в символьном представлении, и в дальнейшей обработке этих значений по циклическому перебору в коллекции. Полученное в результате цикла результирующее значение записывается в переменную, которая методом `addPlacemark()` сохраняет этот объект на карте и выделяет его заранее подготовленной иконкой, содержащейся в директории проекта. В случае

отсутствия данного совпадения по объекту, приложение выдает сообщение с ошибкой поиска. Пример работы приложения с картой приведен на рисунке 2.

Само внедрение карты в приложение является крайне необходимым пунктом, так как пользователь, прочитав содержимую информацию может ее усвоить, но не сможет понять, где получить указанную услугу и к кому обратиться по консультации в этой области. Страница с адресами содержит перечень адресов и контактных данных организаций, занимающихся оказанием указанных в контенте услуг.

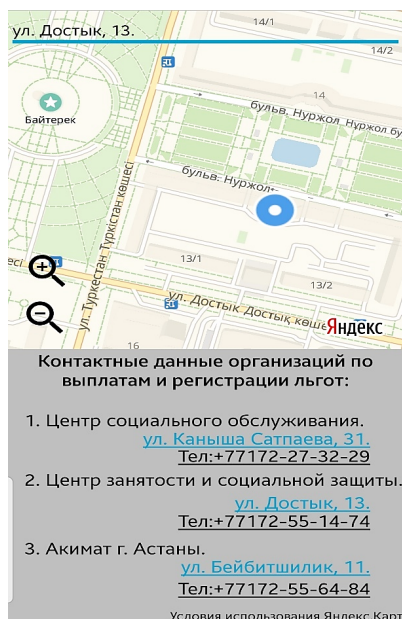


Рисунок 2 – Отображение местоположения на карте

ВЫВОДЫ

Проблема людей с ограниченными возможностями является проблемой мирового масштаба. В статье описана разработка мобильного приложения предназначенного для населения нашей страны, которое относится к социально значимым либо уязвимым слоям.

Приложение разработано в максимальном соответствии с международным стандартом WCAG 2.0, что делает его удобным и пригодным для использования людьми с ограниченными возможностями. При разработке мобильного приложения, особое внимание уделено режиму работы для слабовидящих.

Приложение предоставляет возможность в любое удобное время получить необходимую информацию по поводу льгот, с указанием ссылки на официально узаконенные сводки, а также содержит географические и контактные данные организаций, напрямую работающих с населением.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 <https://vawilon.ru/statistika-invalidov-v-mire> [Электронный ресурс].
- 2 Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана, 10 января 2018 г.
- 3 https://egov.kz/cms/ru/information/mobile/mobile_application [Электронный ресурс].
- 4 <https://www.zakon.kz/4598026-partija-n1201r-otan-zapuskaet-proekt.html>
- 5 <https://appagg.com/android/books-reference/invalidnost-spravochnik-33160510.html?hl=ru> [Электронный ресурс].
- 6 <https://www.softportal.com/software-36058-spravochnik-zabolevanij.html> [Электронный ресурс].
- 7 Руководство по обеспечению доступности веб-контента (WCAG) 2.0, Рекомендации W3C от 11 декабря 2008 г.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Н. С. Глазырина¹, И. И. Фураева², Д. К. Омаров³

WCAG 2.0 стандартының сапасы бойынша мобильді ақпараттық қосымшасын дамыту

^{1,2,3}Ақпараттық технологиялар факультеті,

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

N. S. Glazyrina¹, I. I. Furayeva², D. K. Omarov³

Developing a mobile information application in accordance with WCAG 2.0 standard

^{1,2,3}Faculty of Information Technologies,
L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

*Мақалада WCAG 2.0 халықаралық стандартына сәйкес
Android операциялық жүйесіндегі мобильді құрылғыларға арналған*

қосымшаның дамуы сипатталған. Қолданыстағы стандартта көрсетілген барлық талаптарға сәйкестігі және бағалау деңгейіне сәйкестігі әзірлеушіге мобильді қосымшаны пайдаланушылар, соның ішінде мүмкіндігі шектеулі адамдар үшін қолжетімді етуге мүмкіндік береді. Әсіресе, Көру қабілеті шектелуі бар қолданушыларға нақты қолдануы ескерілген. Бұл категория үшін «Көру қабілеті шектеулі адамдарға арналған режимде» қосымшаны пайдалану мүмкіндігі пайда болды. «Көру қабілеті нашар адамдарға арналған режим» мүмкіндіктері шектеулі адамдарға арналған бағдарламаның бейімделуін білдіреді, атап айтқанда, ол қаріп өлшемін, түс инверсиясын таңдау, контрастты, мәтіндік дыбысты TalkBack утилитасын пайдалану мүмкіндігі сияқты функционалын қамтиды.

The article describes the development of an application for mobile devices based on the Android operating system, in accordance with the international standard WCAG 2.0. Compliance with all the requirements specified in the current standard and compliance with assessment levels allows the developer to make the mobile application accessible to a wider range of users, including people with disabilities. Especially taken into account the specific use of the application by users who have some problems with vision. For this category, developed the ability to use the application in the «Mode for the Visually Impaired». «Mode for the visually impaired» implies an adaptation of the application for people with disabilities, namely it includes such functionality as the ability to select the font size, color inversion, increase the contrast, text sounding through the TalkBack utility.

ГРНТИ 44.01.11

А. В. Демьяненко¹, Е. Ю. Горькаева²

¹к.т.н., доцент, 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

e-mail: ¹demianenkoav@mail.ru; ²e.gorkayeva@gmail.com

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ КАЗАХСТАНА. КОНЦЕПЦИЯ SMART GRID: ПРЕДПОСЫЛКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ, СЛОЖНОСТИ

В статье рассматриваются вопросы цифровизации электроэнергетической отрасли Казахстана, а также реализация системы адаптивного управления в энергосистеме страны на основе концепции Smart Grid. Определены возможности автоматизированного управления режимами работы Единой энергетической системы Республики Казахстан. Рассмотрены условия реализации концепции Smart Grid на территории Казахстана и основные требования стейкхолдеров к ней. Выполнен SWOT-анализ перспектив реализации концепции Smart Grid. Произведен анализ выполнения государственной программы «Цифровой Казахстан» на территории северного Казахстана, а именно охват работ по внедрению электронных счетчиков АСКУЭ, которые позволят наладить дистанционную работу по обслуживанию потребителей в режиме реального времени, удаленно собирать данные по передаче и потреблению электроэнергии. Определены основные требования и функциональные возможности отечественной энергетической системы, принципы их осуществления, а также пути долгосрочного преобразования энергетической инфраструктуры.

Ключевые слова: Smart Grid, цифровизация, АСКУЭ, адаптивное управление, энергосистема.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Казахстане уделяется большое внимание электроэнергетической отрасли. Ведущая роль в модернизации систем электроэнергетики отводится электрической сети, в построении которой учитываются возможности адаптации характеристик оборудования, в зависимости от режима работы, а также взаимодействие между генерацией и потребителями, что в свою очередь позволяет создать эффективную систему управления процессами производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из ключевых факторов развития конкурентоспособности экономики Казахстана является переход к цифровизации электроэнергетической отрасли. На данном этапе развития успешно реализуется государственная программа «Цифровой Казахстан» [1]. Основными целями цифровизации электроэнергетического комплекса являются снижение аварийных отключений до 25 % и повышение эффективности работы сети на 10 % за счет применения технологий адаптивного управления.

Рассматриваемая система адаптивного управления базируется на следующих основных компонентах:

- 1 Учет потребляемой и производимой энергии – Smart metering;
- 2 Автоматическая обработка больших баз данных – Big data;
- 3 Систематизация управления нагрузкой – Demand response.

На данном этапе развития системный оператор Единой электроэнергетической системы Республики Казахстан (ЕЭС РК) Акционерное Общество АО «КЕГOC» внедряет проект интеллектуальной энергосистемы «Автоматизация управления режимами ЕЭС РК». Элементы интеллектуальной энергосистемы: система диспетчерского управления SCADA, автоматическая система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ), микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики, оптоволоконные линии связи.

Автоматизированное управление режимами работы Единой энергетической системы позволит повысить надежность электроснабжения, что, в свою очередь, снизит расходы на поддержание работоспособности электрооборудования и уменьшит потери.

Повышение эффективности работы электроэнергетической отрасли страны возможно достичь путем внедрения Smart технологий в электроэнергетику, которые позволяют улучшить как мониторинг так и управляемость в целом.

Основные направления технологической модернизации и цифровизации согласно «Стратегическому плану развития Республики Казахстан до 2025 года» [2]:

- 1 Концентрация ресурсов на техническую надежность и качество;
- 2 Создание и реализация интеллектуальной энергосистемы Smart Grid;
- 3 Повышение качества электроэнергии;
- 4 Повышение эффективности работы энергосистемы.

Рассматривая северную зону Казахстана необходимо отметить, что данный регион является профицитным в плане выработки электроэнергии, однако, это не исключает возможность возникновения аварийных ситуаций, вследствие как морального, так и физического износа оборудования. Модернизация основного и вспомогательного оборудования энергетического комплекса реализуется в ходе осуществления программ поддерживаемых государством. Необходимость цифровизации энергетической отрасли определяется не только моральным и физическим износом оборудования, но и ростом энергопотребления, связанного, в том числе, с индустриально-инновационным развитием Казахстана.

Таблица 1 – Прогнозный баланс электрической энергии ЕЭС РК, млрд кВтч (по данным АО «КЕГOC»)

Показатель	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Потребление электроэнергии	100,1	102,6	105,1	106,1	107,2	108,2	109,2
Производство электроэнергии	114,5	115	115,6	118	119,9	124,2	128

Вертикально интегрированной компанией, включающей в себя все звенья энергоснабжения Северо-Казахстанской области, является АО «СЕВКАЗЭНЕРГО». Обслуживанием электрических сетей Северо-Казахстанской области занимается АО «Северо-Казахстанская Распределительная Электросетевая Компания».

В рамках реализации государственной программы «Цифровой Казахстан» в АО «Северо-Казахстанская Распределительная Электросетевая Компания» ведется работа по внедрению АСКУЭ бытового потребителя, что позволит наладить дистанционную работу по обслуживанию потребителей в режиме реального времени, а именно удаленно собирать данные по передаче и потреблению электроэнергии. В рамках программы осуществляется замена индукционных счетчиков потребителей на электронные АСКУЭ. По состоянию на 01.01.18 г. всего приборами АСКУЭ оснащено 30780 потребителей, что составляет 18,9 % от общего количества. Также в

рамках пилотного проекта АСКУЭ введено в эксплуатацию 409 точек учета по беспроводной технологии LPWAN. Динамика оснащенности приборами АСКУЭ: 01.01.14 – 16295 шт., 01.01.16 – 23973 шт., 01.01.18 – 30780 шт. Также выполнены мероприятия по реконструкции воздушных линий электропередачи 10-0,4 кВ порядка 83667 км, произведены работы по замене голого провода на самонесущий изолированный провод. В центральной диспетчерской службе в АО «Северо-Казахстанская Распределительная Электросетевая Компания» установлен современный мнемощит на основе интерактивной системы SCADA.

Результаты производственной деятельности группы предприятий АО «СЕВКАЗЭНЕРГО» представлены в таблице 2 [3].

Таблица 2 – Обзор результатов деятельности в динамике в период с 2014–2017 гг.

Наименование	2014	2015	2016	2017
Установленная электрическая мощность на конец года, МВт	434	455	541	541
Доля в выработке электроэнергии Казахстана, %	2,8	2,9	3,1	3,4
Транспортировка электроэнергии, млн кВтч	1225	1187	1208	1235
Товарный отпуск электроэнергии, млн кВтч	2207	2307	2692	2731

Наиболее важные цели и задачи на этапе цифрового развития электроэнергетической отрасли Казахстана: обеспечение энергетической безопасности, модернизация производственных фондов и активов, обеспечение надежности функционирования электрооборудования, применение высокоэффективных технологий, децентрализация электроснабжения [4].

Объединение современных возможностей энергетики и инноваций в цифровых технологиях – главные направления концепции Smart Grid. Энергоэффективное и безопасное распределение электрической энергии, самовосстановление и самодиагностика в режиме реального времени позволяют обеспечить бесперебойность электроснабжения и снизить потери.

Smart Grid – современная автоматизированная сеть, которая на основе получаемой информации, от постоянной двухсторонней связи между всеми объектами системы, способна к оптимальному распределению электроэнергии между потребителями, обеспечивая при этом надежность и бесперебойность электроснабжения. Помимо основных функций имеет возможность соединения потребителей с новыми источниками генерации. Постоянный обмен информацией позволяет корректировать спрос на электроэнергию, тем самым снизить затраты как генерирующего предприятия так и потребителей.

На необходимость кардинальных преобразований в электроэнергетике оказывают влияние следующие факторы:

1 Повышение требований потребителей, как в области надежности электроснабжения, улучшения качества электроэнергии, так и в снижении ценовых параметров услуг отрасли;

2 Технологический прогресс, а именно тенденция к повышению уровня автоматизации процессов;

3 Снижение общего уровня надежности, вследствие нарастающего износа оборудования и высокого уровня потерь;

4 Экономическая нестабильность;

5 Необходимость повышения энергоэффективности процессов генерации и распределения электроэнергии, а также снижение воздействий на окружающую среду.

На данном этапе развития электроэнергетики термин Smart Grid определяет [5] как экономичные и энергоэффективные электрические сети, обладающие скоординированным управлением, а также двухсторонними коммуникациями между элементами электрической сети, потребителями, электрическими станциями и аккумулирующими устройствами. В свою очередь [6], определяет Smart Grid как автоматизированную энергетическую систему, обладающую двухсторонним потоком информации и электроэнергии между электрическими станциями, устройствами и потребителями. NETL (англ. National Energy Technology Laboratory) рассматривает Smart Grid как совокупность решений автоматизированных систем управления и диспетчеризации в электроэнергетике [7]. Более полную характеристику концепции Smart Grid предоставляет IEEE (англ. Institute of Electrical and Electronics Engineers), а именно интегрирующая, самовосстанавливающаяся, саморегулирующаяся электроэнергетическая система, имеющая единую сетевую топологию и возможность управления процессами в режиме реального времени.

Smart Grid представляет собой управляемую, интеллектуальную, самодиагностирующуюся и самовосстанавливающуюся систему, состоящую из информационно-телекоммуникационной и электроэнергетической частей. Данная система способна выполнять анализ динамических данных, корректировку пиковых нагрузок. Это комплекс электрооборудования, генерирующие предприятия и клиенты, объединенные активно-адаптивными сетями в едином информационно-коммуникационном пространстве [8].

Для реализации концепции Smart Grid на территории Казахстана необходимо выполнение следующих условий:

1 Самовосстановление системы после аварийных возмущений;

2 Самостоятельное изменение функциональных возможностей потребителем, путем доступа к информационной базе, а также возможность выбора тарифного плана в режиме реального времени;

3 Поддержание устойчивости и работоспособности энергосистемы;

4 Обеспечение системы Smart Grid элементами обнаружения, предотвращения и сдерживания;

5 Обеспечение двухсторонней связи с конечным потребителем, восстановление электроснабжения без привлечения дополнительного персонала, которое позволит снизить количество экстренных вызовов до 50 % [9];

6 Оптимизация и модернизация эксплуатационного оборудования.

7 Отслеживание динамических данных энергосистемы [10].

Глобальное развитие мировой экономики, кардинальные изменения в области высоких технологий, изменение мирового климата, рост численности населения, все это диктует условия совершенствования энергетической отрасли.

Перспективы и возможности реализации концепции Smart Grid в электроэнергетике Казахстана нужно рассматривать с позиции переориентации на инновационный путь развития электроэнергетики в целом. Развитие по инновационному сценарию, в данном случае, связано с целым рядом проблем, которые, несомненно, могут возникнуть в процессе реализации.

Высокий износ электрооборудования, несоответствующая требованиям структура генерирующих мощностей, не соответствие параметров энергетической и экологической эффективности, снижение уровня профессиональных компетенций персонала, зависимость от импортного оборудования, а также послабление в области государственного регулирования деятельности электроэнергетических предприятий, все эти факторы находят негативный отклик в построении современного бизнес-процесса.

Ядром Smart Grid должны стать электрические сети с новыми свойствами: активность, адаптивность, самодиагностика, самовосстановление, надёжность и бесперебойность на основе прогнозирования и автоматического реагирования на текущую ситуацию; высокое качество электроэнергии и экономичность основного оборудования [11].

Основные требования стейкхолдеров к реализации концепции Smart Grid:

1 Прозрачность системы учета и биллинга;

2 Снижение потерь электроэнергии;

3 Оптимизация управления активами;

4 Техническое обслуживание, управление и мониторинг в режиме реального времени;

5 Снижение тарифов на электроэнергию;

6 Повышение надежности электроснабжения;

7 Органичность взаимодействия с окружающей средой;

8 Повышение устойчивости и безопасности сети [12].

Таблица 3 – Перспективы реализации концепции Smart Grid в электроэнергетике Казахстана

SWOT – анализ	
Сильные стороны	Слабые стороны
Повышение надежности электроснабжения и качества предоставляемых услуг; Интеграция возобновляемых источников энергии в общую сеть; Интеграция современных информационных технологий; Сокращение времени и ресурсных затрат на устранение аварий; Прогнозирование и высокая адаптивность электрических сетей к системным ситуациям.	Отсутствие развитой инфраструктуры; Слабая электрическая связь между Северной и Южной зоной Казахстана; Несовершенство законодательной базы в части функционирования рынка электрической мощности; Устаревшее электрооборудование; Отсутствие единой технической политики развития ЭЭС РК.
Возможности	Угрозы
Взаимодействие между поставщиком электроэнергии и потребителем; Автоматизация и интеллектуализация технического оборудования и бизнес-процессов; Самостоятельность в изменении объемов потребления и уровня надежности; Обеспечение гибкости, устойчивости и живучести системы; Управление перетоками мощности; Удаленный мониторинг состояния электрооборудования; Интегрированные коммуникации между компонентами Smart Grid.	Низкий уровень риск-культуры; Техногенные и инфраструктурные риски; Кибератаки на интеллектуальные сети.

ВЫВОДЫ

В рамках программы инновационного развития энергетического сектора Казахстана, необходимо осуществить сбалансированный подход к развитию электросетевого комплекса. Обеспечить единство стандартов, а также инновационность развития энергетического хозяйства страны, что, в свою очередь, приведет к созданию новых рабочих мест, дополнительных

рынков сбыта, а также высвобождению инвестиций и ресурсов для развития сторонних отраслей экономики страны.

Для достижения поставленных целей необходимо определить основные требования и функциональные возможности отечественной энергетической системы, принципы их осуществления, а также пути долгосрочного преобразования энергетической инфраструктуры. Развитие финансовых взаимоотношений всех субъектов энергетического рынка позволит достигнуть ключевые ценности и осуществить переход к современному технологическому укладу в экономике и стране в целом.

Ключевые моменты системных преобразований отрасли, на базе концепции SmartGrid, безусловно, затрагивают основные элементы энергосистемы, такие как генерация, потребление, распределение, диспетчеризация и сбыт. Концепция Smart Grid предполагает управление поведением всех участников энергетической отрасли и обеспечение максимального уровня участия потребителей, что в свою очередь, будет способствовать экономическому прогрессу и улучшению экологического здоровья населения страны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 <https://digitalkz.kz/o-programme/> [Электронный ресурс].
- 2 <https://economy.gov.kz/ru/pages/strategicheskij-plan-razvitiya-respubliki-kazahstan-do-2025-goda> [Электронный ресурс].
- 3 http://kase.kz/files/emitters/SKEN/skenp_2017_rus.PDF [Электронный ресурс].
- 4 Electric Power Research Institute, Electricity Sector Framework for the Future Volume I : Achieving the 21st Century Transformation // Washington, DC : Electric Power Research Institute, 2003.
- 5 European Commission Directorate-General for Research Information and Communication Unit European Communities : «European Technology Platform Smart Grids, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the future», European Communities, 2006.
- 6 «Grids 2030». A National Vision for Electricity's Second 100 years. Office of Electric Transmission and Distribution of USA// Department of Energy, 2003.
- 7 The National Energy Technology Laboratory : «A vision for the Modern Grid». – March, 2007.
- 8 **Фурсанов, М. И.** Схемно-конструктивные решения и информационное обеспечение городских электрических сетей в условиях smart grid // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – Т. 60. – № 5. – 2017.

9 Tom Standish. Visions of the Smart Grid: Deconstructing the traditional utility to build the virtual utility//Washington DC: U. S. Department of Energy 2008 Smart Grid Implementation Workshop, June 19, 2008.

10 **Гомонов, К. Г.** Экономическая эффективность развития интеллектуальных энергосетей в России : диссертация кандидата экономических наук : 08.00.05 / Гомонов Константин Геннадьевич; [Место защиты: «РУДН»]. – М., 2016.

11 **Саратикян, Г. А., Финаев, В. И., Иванов, Ю. И., Черёмушкин, В. А.** Интеллектуальная электроэнергетика : необходимость, концепция и путь реализации // Известия ЮФУ. – Технические науки. – 2012. – № 2.

12 **Волкова, И. О., Кобец, Б. Б.** Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid // – М. : ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

А. В. Демьяненко¹, Е. Ю. Горькаева²

Қазақстанның электр энергетика саласын цифрландыру. Smart Grid тұжырымдамасы: алғышарттары, болашағы мен қиындықтары

^{1,2}Инженерлік және сандық технологиялар факультеті,
М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

A. V. Demyanenko¹, Y. Y. Gorkayeva²

Digitalization of electric power industry in Kazakhstan. Smart Grid concept: preconditions, prospects, difficulties

^{1,2}Faculty of Engineering and Digital Technology,
M. Kozybayev North Kazakhstan State University,
Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада Қазақстанның электр энергетикалық саласын цифрландыру мәселелері қарастырылды. Сондай-ақ мақалада Smart Grid тұжырымдамасы негізінде еліміздің энергия жүйесіндегі бейімделген басқару жүйесін іске асыру сұрақтары көтерілді. Қазақстан Республикасының Бірыңғай энергетикалық жүйесінің жұмыс режимдерін автоматтандырылған басқару мүмкіндіктері

анықталды. Қазақстан аумағындағы Smart Grid тұжырымдамасын іске асыру шарттары және оған қойылатын стейкхолдерлердің негізгі талаптары көрсетілген. Smart Grid тұжырымдамасын іске асыру болашағының SWOT-талдау жасалды. Солтүстік Қазақстан аумағындағы «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасының орындалуына талдау жүргізілді, оның ішінде нақты уақыт режимінде тұтынушыларға қызмет көрсету бойынша қашиықтықтан жұмысты жолға қоюға, электр энергиясын беру және тұтыну бойынша деректерді алыстан жинауға мүмкіндік беретін ЭКЕАЖ электрондық есептеуіштерін енгізу бойынша жұмыстары қамтылды. Отандық энергетикалық жүйенің негізгі талаптары мен қызметтік мүмкіндіктері, оларды жүзеге асыру қағидаттары, сондай-ақ энергетикалық инфрақұрылымның ұзақ мерзімді түрлену жолдары анықталды.

The article touches upon the issue of the electricity industry in Kazakhstan. Also much attention is given to the realization of an adaptive control system based on the Smart Grid concept in the country's energy system. The possibilities of automated control of the operating modes of the Unified Energy System of the Republic of Kazakhstan have been determined. It deals with the conditions for realization the Smart Grid concept in Kazakhstan. There are considered the conditions for realization the Smart Grid concept in the territory of Kazakhstan and the main requirements of stakeholders for it. SWOT was performed. It is an analysis of the prospects for the realization of the Smart Grid concept. The analysis was made of the implementation of the state program «Digital Kazakhstan» in the northern Kazakhstan territory. Namely, it will include the coverage of work on the introduction of electronic meters ASCEM, which will allow rearranging the teleworking on customer service in real time, remotely collecting data on the transmission and consumption of electricity. There were defined the main requirements and functional capabilities of the domestic energy system, the principles of their implementation. Also there are the ways of long-term transformation of the energy infrastructure.

ГРНТИ 622.281

**В. Ф. Демин¹, Д. С. Шонтаев², Т. В. Демина³,
Т. К. Балгабеков⁴, Б. Б. Унайбаев⁵, А. Д. Шонтаев⁶,
Е. Н. Сайдалин⁷, Е. Е. Ким⁸**

¹д.т.н., профессор, кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100004, Республика Казахстан;

²к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Транспортной техники и технологии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., доцент, кафедра «Безопасности горного производства», Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, 620000, Российская Федерация;

⁴к.т.н., зав. кафедры «Транспортной техники и технологии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁵к.т.н., доцент, кафедра «Транспортной техники и технологии», Экибастузский инженерно-технический институт имени К. Сатпаева, г. Экибастуз, 140000, Республика Казахстан;

⁶докторант, кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100004, Республика Казахстан;

⁷магистр технических наук, докторант, кафедра «Автомобильной техники и технологии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁸ст. преподаватель, кафедра «Транспортной техники и технологии», Экибастузский инженерно-технический институт имени К. Сатпаева, г. Экибастуз, 140000, Республика Казахстан

e-mail: ¹vladfdemin@mail.ru

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОРОД ВОКРУГ ВЫРАБОТОК

Определение качественной оценки процесса деформации и смещения горных пород во времени и пространстве на оригинальной модели из эквивалентных материалов, была рассмотрена устойчивость выемочной выработки.

Ключевые слова: моделирование, деформация, горные породы, проявление, горное давление, подготовительные выработки, деформация смещения, напряженно-деформированное состояние.

Физическое моделирование процессов деформирования горных пород применяется для исследования вопросов, связанных с проявлением горного давления подготовительных выработках. Проведение исследований на моделях из эквивалентных материалов с соблюдением геометрического, кинематического и динамического подобия ставило своей целью исследование тех сторон проявлений горного давления, которые не могут быть выявлены натурными исследованиями, вследствие сложности рассматриваемых процессов, невозможности из-за трудоемкости варьирования технологических параметров разработки.

В целях комплексного исследования, а также для определения качественной оценки процесса деформации и смещения горных пород во времени и пространстве на физической модели из эквивалентных материалов была рассмотрена устойчивость выемочной выработки при отработке мощного пологозалегающего пласта k_{10} мощностью 3,8 м на глубине 590–610 м – конвейерном штреке 42к₁₀–з при длине отрабатываемой лавы длиной 240 м шахты им. Кузембаева Карагандинского угольного бассейна.

Для измерения смещений горного массива в модели были установлены глубинные репера (две горизонтальные проволоки толщиной 0,002 м с учетом предполагаемых границ сдвижения массива горных пород. Глубинные реперы закладывались в стеклянные трубки диаметром 0,004 м с проволокой диаметром 0,0005 м, к нижнему концу которой присоединены датчики диаметром 0,002 м и толщиной 0,003 м с присоединением верхнего конца к индикатору типа ИЧ-5. Частота установки реперных марок для измерения перемещений вышележащих слоев составляла 0,005 x 0,005 м в модели, что соответствовало в натуре 1 x 1 м.

Состав материалов, эквивалентных горному массиву, устанавливается исходя из условия динамического подобия. В качестве исходных материалов для моделирования использован кварцевый песок с размерами зерен от 0,15 до 0,2 мм, мика (молотая слюда) и в качестве цементирующего материала – технический парафин с температурой плавления 46–54 °С.

Прочностные характеристики моделируемых горных пород и эквивалентных материалов, подобранных в соответствии с геометрическим масштабом, приведены в таблице 1.

Размеры модели составляли 2,25x0,28x1,8 м. При высоте 1,8 м и масштабе 1:200 недостающая глубина моделирования (500 м) воспроизводилась с помощью пневмопригрузки.

Ввиду того, что изучаемые процессы отличаются большой сложностью и неоднородностью, масштаб времени определен эмпирически, путем сравнения между собой продолжительным периодом интенсивных смещений кровли и боков выработок модели в натуре, который для модели с линейным масштабом 1:200 составляет 1:20.

Таблица 1 – Прочностные характеристики моделируемых горных пород и эквивалентных материалов

Моделируемые породы	Прочностные характеристики			
	В натуре		В модели	
	$\delta_{сж}$, МПа	γ , МПа · 10 ⁻³	$\delta_{сж}$, МПа	γ , МПа · 10 ⁻³
Песчаник (основная кровля)	56	2,52	0,336	1,51
Аргиллит (непосредственная кровля)	24	2,38	0,144	1,43
Пласт угля	11	1,38	0,066	0,83
Аргиллит (непосредственная почва)	21	2,30	0,126	1,38
Песчаник (основная почва)	59	2,56	0,354	1,54

Во время отработки модели измерялись величины горизонтальных и вертикальных смещений боков, кровли и почвы по реперам. Прогиб и обрушения непосредственной и основной кровли, положение и величины трещин и т.д. фиксировалось путем зарисовок и описания боковых пород. Регулярно производилось фотографирование моделей и измерение величин смещений реперов вокруг выработок с точностью до 0,1 мм, что при масштабе моделирования 1:200 составляет 2 мм в натуре.

После полного завершения процесса уплотнения эквивалентного материала проводились работы по проведению горных выработок. К этому времени уменьшение высоты выработки составляло около 1000 мм, сближение боков – 360 мм. Сближение кровли с почвой обуславливалось как смещением пород кровли, так и смещением почвы в одинаковой степени. При этом около 70 % смещений определялось расслоением приконтурной толщи (около 2 м) – рисунок 1.

На участке выработки с применением усиленной крепи уменьшение высоты составило 600 мм, а сближение боков выработки – 120 мм. В зоне

влияния очистной выемки отмечались существенные изменения в динамике интенсивности роста смещений. Уменьшение высоты выработки составило 920 мм, в то время как на участке с усиленной крепью – 300 мм. Значения деформаций вне зоны и в зоне влияния очистных работ приведены в таблице 2.

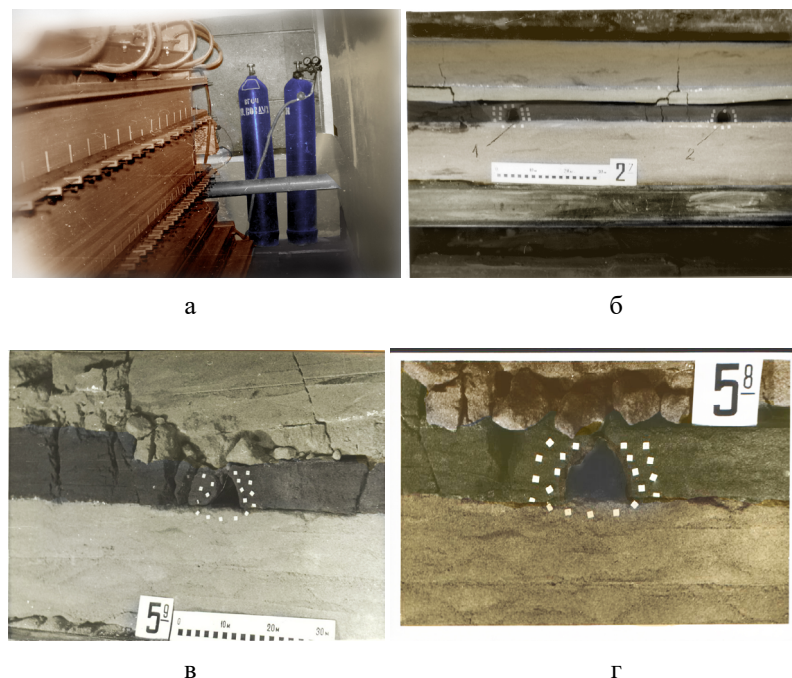


Рисунок 1 – Физическое моделирование геомеханических процессов при поддержании выемочных выработок: а – общий вид модели; б – деформационный процесс в пределах выемочного столба; в – деформации во вмещающих породах после прохода лавы; г – при усилении анкерами

Таблица 2 – Деформации в зоне и вне влияния зоны очистных работ

Вид деформации	Величина деформации, мм			
	Вне зоны влияния очистных работ		В зоне влияния очистных работ	
	участок без усиления крепи	участок с усилением крепи	участок без усиления крепи	участок с усилением крепи
Сближение почвы и кровли	1000	800	920	300
Сближение боков выработки	380	120	300	110

На участках с усилением крепи величина сближения пород почвы и кровли уменьшилось в 1,5–3 раза, а величина сближения боков выработки – в 2,5–3 раза.

Сопротивление крепи влияет на деформирование слоев и выражается в сжатии слоев, расположенных ближе к контуру выработки. Применение крепи более высокого сопротивления препятствует росту общих смещений контура выработки, так как она ограничивает развитие деформаций ползучести в глубине массива из-за уплотнения слоев у контура выработки. При этом уплотненные слои создают в вышележащих слоях напряженное состояние, близкое объемному. Влияние крепи на смещение пород кровли и боков выработки наиболее сильно проявляется на участке выработки за зоной влияния очистных работ.

Полученные результаты позволили установить возможность уменьшения в 2–3 раза величины смещений пород в выемочных выработках пласта путем повышения сопротивления крепи с 3–4 до 15–20 т/м². Крепи должна немедленно включаться в работу во время проведения выработки за счет установки крепи усиления впереди очистного забоя выработки не менее чем на 7–10 м.

При отработке пласта наблюдалось обрушение непосредственной кровли и пластические деформации основной кровли пласта (песчаника). На границах выработанного пространства и массива угля происходит трещинообразование и разрушения горного массива, так как возникающие там напряжения превышают пределы прочности горных пород. Под действием постоянно приложенной нагрузки происходит полное оседание кровли и появляются дополнительные трещины, разломы кровли, особенно на границе выработанного пространства и массива угля. Одновременно с полной осадкой кровли появляется деформация пород, окружающих подготовительные выработки.

Наблюдения за смещением горных пород велись с помощью реперов, закрепленных по периметру подготовительной выработки. Наибольшей деформации подвергается часть выработки поддерживаемой позади лавы. Общее смещение пород составляет в этом случае 1,35 м в натуре, причем, смещение бока выработки со стороны массива угля равно 0,98–1,0 м, а бок выработки со стороны лавы смещается в 2,5–3,0 раза медленнее (0,37–0,35 м).

Установка анкеров в приконтурном массиве пород упрочняет его. В зависимости от плотности установки анкеров и их несущей способности коэффициент упрочнения различен. Для изучения на моделях влияния плотности установки анкеров на развитие вокруг выработки зон напряжений и деформаций было произведено моделирования анкерной крепи путем создания вокруг выработки упрочненной зоны. Для этой цели в полость

моделируемой выработки вставлялась форма из полистирола с марками СД-3, СД-5, СД-7 с прочностью большей, чем прочность окружающего трещиноватого массива с увеличением предела прочности упрочненного анкерами массива пород вокруг выработки в 1,05, 1,1 и 1,2 раза. Такие коэффициенты упрочнения пород $K_{упр}$ соответствуют установке анкерной крепи с несущей способностью 50 кН по сетке: 1,8x1,8; 1,6x1,6 и 1,2x1,2 м. Размер зоны упрочненных пород вокруг выработки принят равным половине ширины выработки. Если же повышается прочность пород непосредственной кровли за счет крепи усиления в виде анкерной крепи, то прочность вмещающих пород за счет их «сшивки», анкерами на модели увеличилась в 1,3–1,4 раза. Величина общей деформации боков выработки за один и тот же промежуток времени составляла в среднем 0,55 м или в 2 раза меньше смещения каждого из боков в отличие от варианта при отсутствии анкерной усиливающей крепи. Крепь подготовительных выработок будет работать в режиме допустимых пределов податливости с значительным снижением затрат на ее поддержание.

Как на величину смещения пород кровли, так и на пучение пород почвы существенное влияние оказывает применение анкерной крепи в комбинации с металлоарочной податливой крепью. В выработке с комбинированной и анкерной крепью пучение составило 0,1–0,15 м, а в выработке с металлоарочной крепью 0,4–0,5 м (в натуре). Опускание кровли во всех трех вариантах мало отличается и составляет 1,0–1,1 м.

Таким образом, проведенные исследования на модели из эквивалентных материалов показали эффективность крепления подготовительных выработок анкерной и комбинированной анкерно – арочной крепью для обеспечения их устойчивости и надежности поддержания, так как этих условиях смещение боков выработки в 3 раза, а пучение пород почвы в 4 раза меньше, чем при применении только металлоарочного крепления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Жданкин, Н. А.** Некоторые вопросы управления массивом горных пород вокруг выработок // Тезисы доклада на конференции горное давление в очистных и подготовительных выработках. – Новосибирск, 1989. – С. 42–47.

2 **Шонтаев, Д. С., Судариков, А. Е., Баизбаев, М. Б.** Оценка напряженного деформированного состояния массива горных пород в окрестности очистного пространства. // Труды международной научно-практической конференции «Горно-перерабатывающая промышленность и наука: реальность и перспективы сотрудничества». – Рудный, 2005. – С. 134–140.

3 **Шонтаев, Д. С., Шонтаев, А. Д.** Исследование и оценка деформированности горного массива. // Труды Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана». Караганда, 2007, – С. 232–235.

4 **Шонтаев, Д. С., Шонтаев, А. Д.** Исследование и оценка деформированности массива горных пород при взрывном способе отбойки. // Труды международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана». Караганда, 2009, – С. 296–297.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

*В. Ф. Демин¹, Д. С. Шонтаев², Т. В. Демина³, Т. К. Балгабеков⁴,
Б. Б. Унайбаев⁵, А. Д. Шонтаев⁶, Е. Н. Сайдалин⁷, Е. Е. Ким⁸*

Қазбалар айналасындағы жыныстардың кернеулі-деформацияланған жай- күйі

^{1,6}Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100004, Қазақстан Республикасы;

^{2,4,7}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы;

³Орал Мемлекеттік Тау-Кен университеті
Екатеренбург қ., 620000, Ресей Федерациясы;

^{5,8}Академик Қ.Сәтбаев атындағы
Екібастұз инженерлік-техникалық институты,
Екібастұз қ., 140000, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

*V. F. Demin¹, D. S. Shontaev², T. V. Demina³, T. K. Balgabekov⁴,
B. B. Unaiybaev⁵, A. D. Shontaev⁶, E. N. Saidalin⁷, E. E. Kim⁸*

Stress-strain state of rocks around openings

^{1,6}Karaganda State Technical University,
Karaganda, 10004, Republic of Kazakhstan,

^{2,4,7}S. Seifullin AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan,

³Ural State Mining University,
Ekaterinburg, 620000, Russian Federation;

^{5,8}K. Satpayev Ekibastuz Engineering Technical Institute,
Ekibastuz, 141208, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Деформация процесін сапалы бағалау және тау жыныстарының уақыт пен кеңістікте баламалы материалдардың бастапқы моделіне ауыстыруын анықтау, қазба жұмыстарының тұрақтылығы қаралды.

The determination of the qualitative assessment of the process of deformation and displacement of rocks in time and space on the original model of equivalent materials the stability of excavation workings was considered.

ГРНТИ 44.39.29

А. В. Дробинский¹, Н. А. Исупова², А. Ж. Саринова³

¹к.т.н., профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²доктор PhD, ассоц. профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³магистр информатики, ст. преподаватель, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ²natashaisu@mail.ru; ³assiya_prog@mail.ru

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ЭФФЕКТИВНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ВЕТРА

В статье изложены преимущества и перспективы развития ветровой энергетики в мировой экономике. Перечислены страны – лидеры по суммарной установленной мощности ветроэлектрических станций (ВЭС). Показано, что особенно быстро ветроэнергетика развивается в Китае, США и Германии.

Приведен технический потенциал возобновляемых ресурсов и источников энергии по ветру. Определен экономический потенциал энергии ветра, который в 1,5 раза больше годового внутреннего потребления энергоресурсов в Республике Казахстан.

Темпы развития возобновляемых источников энергии в Республике Казахстан высокие. В предстоящие два года запланировано удвоение установленной мощности ВЭС. Проводятся исследования по развитию ветроэнергетических установок (ВЭУ) малой мощности, с целью более широкого их применения для обеспечения энергией удаленных потребителей.

В статье дано описание работы и показана конструкция ВЭУ с изменяющимся углом наклона ветродвигателя к потоку ветра. Конструкция обеспечивает эффективное использование энергии ветра, в широком диапазоне скоростей ветрового потока.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветроэнергетика, ветроэлектрические станции, альтернативные источники энергии, ветроэнергетическая установка.

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение запасов собственных энергоресурсов для нужд будущих поколений, обеспечение энергетической безопасности страны, сохранение окружающей среды являются одними из главных причин, обуславливающих развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

По поверхности Земли ресурсы возобновляемой энергии распределены значительно равномернее и доступнее, чем залежи угля, и месторождения нефти, газа или урана. В настоящее время доля возобновляемых ресурсов в производстве всех видов энергии в мире занимает порядка 13,5 %, доля возобновляемых ресурсов в производстве электроэнергии – 18 %. Прогнозируется дальнейший рост доли возобновляемых источников энергии.

Потенциал возобновляемых источников энергии значительно превосходит потребление энергии всем населением Земли. При этом перспективы развития ветровой энергии в 100 раз больше, чем у гидроэнергии. В настоящее время работающие ветроэнергетические установки (ВЭУ) снабжают человечество только тысячной долей необходимой энергии. Китай, на сегодня, лидер в этой области.

Ветер является наиболее доступным источником энергии. Начиная с 2009 года средний годовой прирост суммы мощностей ветрогенераторов во всем мире составлял в среднем 38–40 ГВт.

Учитывая плотность мощности ВЭС на уровне 10 МВт/км² и наличие значительных свободных пространств можно предполагать возможность установки в Казахстане ВЭС мощностью до нескольких тысяч МВт.

Ограниченное использование ВЭУ малой и средней мощности в Республике Казахстан (РК) обусловлено отсутствием высокоэффективных надежных конструкций отечественных ВЭУ.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Ветроэнергетика на сегодняшний день является самой быстрорастущей отраслью среди альтернативных источников энергии. За последние двадцать лет эта область превратилась из экзотического явления в стремительно развивающееся направление, где разработаны более эффективные и надежные технологии, стоимость которых за десять лет снизилась вдвое, что позволило наладить их коммерческое производство. Современная ветровая турбина способна производить электричества в 180 раз больше, чем 20 лет назад.

Особенно быстро ветроэнергетика развивается в Китае, США, Германии, Индии, Японии. По прогнозам специалистов, мощность мировой ветроэнергетики достигнет к 2020 году более 1500 ГВт. Наиболее перспективными местами для производства электрической энергии считаются прибрежные морские зоны. Поэтому наибольшие природные

возможности для развития ветроэнергетики имеются в Дании, где доля ветроэнергетики сегодня составляет 28 процентов, Португалии – 21, Испании – 16, Германии – 8, немного ниже в Великобритании, Нидерландах и Италии.

Суммарная установленная мощность ВЭС на 2018 год составила в Китае – 184,2 ГВт, в США – 82,1 ГВт, в Германии – 56,2 ГВт. Это страны лидеры по использованию ВЭС. В России – 0,334 ГВт, в РК – 67,6 МВт. В 40 км от Астаны строится ВЭС мощностью 50 МВт с расширением до 100 МВт. Прирост мощности ВЭС в мире в 2018 году составил 158,714 ГВт.

Наряду со значительными запасами ископаемого органического топлива Республика Казахстан обладает и обширными запасами возобновляемых ресурсов и источников энергии (солнечной, ветровой, гидравлической, геотермальной, энергии биомассы и твердых бытовых отходов, водородной и др. альтернативной энергетики).

Технический потенциал возобновляемых ресурсов и источников энергии только по ветру составляет около 1 820 млрд. кВт·ч в год, что в 25 раз превышает объем потребления всех топливно-энергетических ресурсов РК, а экономический потенциал определен более чем в 110 млрд. кВт/ч, что в 1,5 раза больше годового внутреннего потребления энергоресурсов в Республики Казахстан.

В РК проводятся исследования по разработке ВЭУ малой мощности, пригодных для работы при скоростях ветра 4 м/с и выше.

По данным метеорологических наблюдений в течение нескольких десятилетий, высокое постоянство ветра с скоростью 4 м/с и выше наблюдается в районе города Балхаша – 62,6 %, то есть там постоянно дует ветер в общей сложности 228 дней в году. В Петропавловске – 59,2 % или 220 дней, Павлодаре – 50,6 (185 дней), Актау – 51,5 (188 дней), Астане – 48.

На энергетическом форуме «Инновации в энергетику – Казахстан 2050» было озвучено, что в Казахстане к 2050 году доля возобновляемых источников энергии в структуре электроэнергетики вырастет до половины, «В рамках перехода Казахстана к «зеленой экономике» долю ВИЭ планируется довести до 30 % к 2030 году и до 50 % к 2050 году. Природные условия в РК создают возможности для развития подобной генерации.

По данным министерства энергетики, выработка электроэнергии объектами ВИЭ в РК составила 1,35 млрд кВтч. Доля ВИЭ в общем объеме производства электроэнергии – 1,3 %. При этом количество объектов ВИЭ планируется довести до 95 в 2020 году и 119 – в 2021 году. В ближайшие два года установленная мощность электростанций, работающих на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), вырастет до 3 ГВт,

По состоянию на первое января 2019 года общая установленная мощность электростанций Казахстана составляла 21901,9 МВт. Концепция

по переходу на «зеленую экономику», где главными стратегическими задачами являются планы довести долю ВИЭ в общем объеме производства электроэнергии до 3 % к 2021 году, 10 % к 2030, а к 2050 году доля ВИЭ должна составлять не менее половины всего совокупного энергопотребления.

В столице Казахстана в октябре 2019 года завершился III Саммит по возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Цель Саммита – обсуждение «за» и «против» использования возобновляемых источников энергии, а также воплощение лучших идей и эффективных решений, призванных внести вклад в построение «зеленого» будущего нашей страны и всего мирового сообщества.

В своей приветственной речи исполнительный директор Фонда Первого Президента Республики Казахстан – Елбасы Асет Исекешев отметил что Фонд будет поддерживать направление развития ВИЭ в Казахстане, поскольку зеленая энергетика является одним из важнейших направлений развития экономики страны. Он озвучил, что в Казахстане сегодня работает 81 объект ВИЭ, общей мощностью более 900 МВт. Доля пока еще не значительна, но основная работа еще впереди». «В понимании людей «зеленая» экономика – это солнечные или ветровые станции. Но это не так. «Зеленая» экономика – это другая ступень развития и другой образ жизни: экологический транспорт, правильное и экономное использование воды, тепла и электроэнергии, внедрение новых подходов в строительстве, правильное отношение к сбору и утилизации мусора, новые подходы к формированию зеленой атмосферы в городах (парки, скверы), зеленое сельское хозяйство. Это имеет огромный эффект для природы, и экономит как физические так и финансовые ресурсы, не только для страны и города, но и для каждого человека», – сказал он.

По мнению авторов, широкое использование ВЭУ малой и средней мощности в РК ограничивается отсутствием высокоэффективных надежных конструкций самих ВЭУ. В связи с этим в статье дано описание одной из нестандартных конструкций ВЭУ, эффективно работающей в широком диапазоне скоростей потока ветра и имеющей повышенную надежность и долговечность.

Техническим результатом является эффективное использование энергии ветра, в широком диапазоне скоростей ветрового потока и относительно высокая надежность работы ветроэнергетической установки.

Конструкция ВЭУ поясняется на рисунках 1–3. Так, на рисунке 1 показана ветроэнергетическая установка, в положении, соответствующем слабым и нормальным скоростям ветра (значение скорости ветрового потока не превышает значения 8,5 м/с); на рисунке 2 – в положении, соответствующем сильным ветрам (скорость ветра выше 8,5 м/с, но не

превышает 17 м/с); на рисунке 3 – в положении, соответствующем очень сильным и штормовым ветрам (скорость ветра выше 18 м/с).

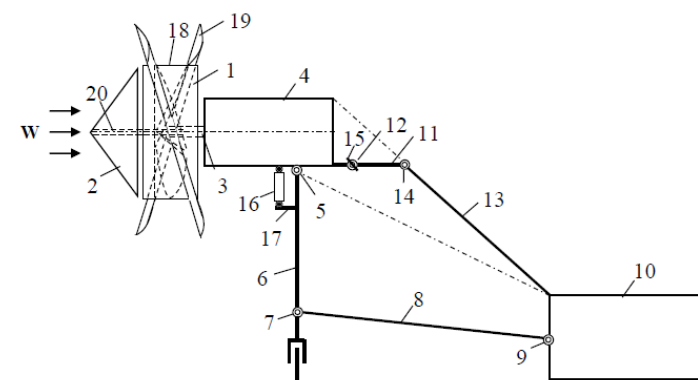


Рисунок 1 – Ветроэнергетическая установка, в положении, соответствующем слабым и нормальным скоростям ветра

Установка работает следующим образом.

Ветроколесо 1 ориентируется на ветер при помощи флюгера 10. Ветровой поток поступает на обтекатель 2 и криволинейные лопасти ветроколеса 19. Когда скорость ветра не превышает значения 8,5 м/с, ось вращения ветроколеса расположена параллельно ветровому потоку (рисунок 1). В таком положении сумма моментов сил от ветрового потока и флюгера 10 противостоит моменту от силы тяжести генератора 4 с ветроколесом 1 и обтекателем 2. Когда скорость ветра выше 8,5 м/с, но не превышает 17 м/с, генератор 4 вместе с ветроколесом 1 и обтекателем 2 поворачивается вокруг оси основного шарнира 5 (рисунок 2), при этом ограничитель 15 исключает взаимный поворот сочлененных плеч рычага 11 до положения, пока ось шарнира 12 не пересечет линию, соединяющую ось шарнира 5 и точку крепления флюгера 10 к тяге 13. При скорости ветра выше 17 м/с происходит полное опрокидывание генератора 4 (рисунок 3). В таком положении вращающий момент относительно оси вращения шарнира 5 от составляющей силы тяжести флюгера 10, действующей вдоль тяги 13, противодействует всем остальным составляющим суммарного момента, заставляющего опрокидываться генератор 4. Дальнейшее движение генератора 4 в первоначальное положение определяется уже моментами от силы тяжести генератора 4 с ветроколесом 1, обтекателем 2 и от силы ветрового потока. Амортизатор 16 гасит колебания генератора 4 при скоростях ветрового потока превышающих 8,5 м/с.

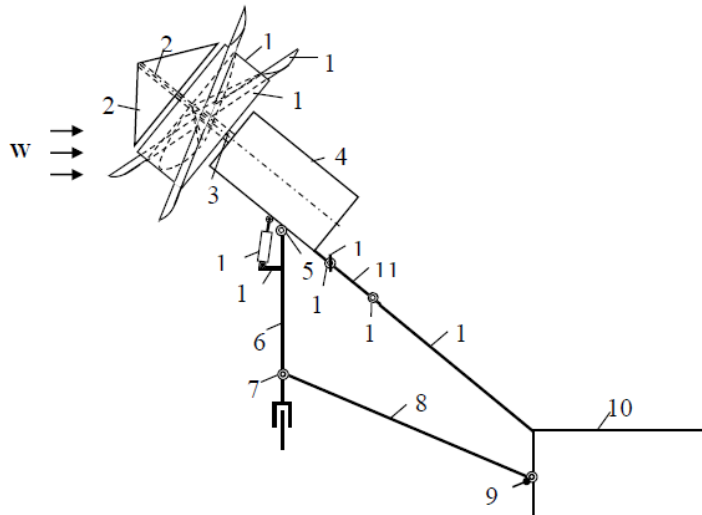


Рисунок 2 – Ветроэнергетическая установка, в положении, соответствующем сильным ветрам

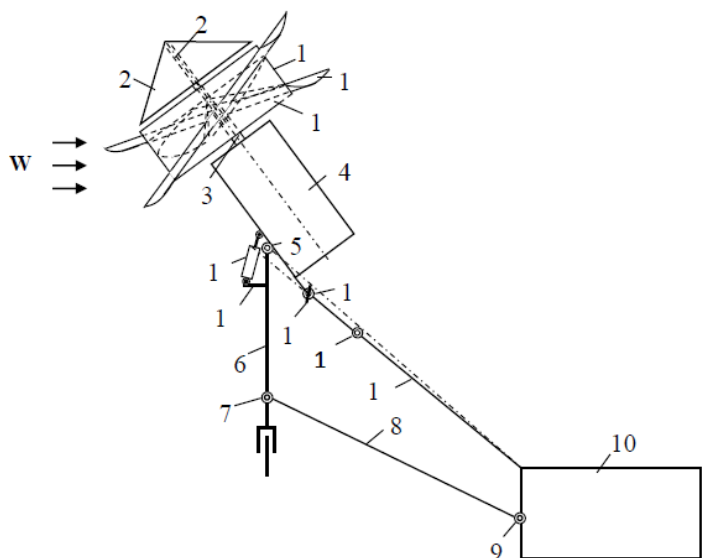


Рисунок 3 – Ветроэнергетическая установка, в положении, соответствующем очень сильным и штормовым ветрам

ВЫВОДЫ

1 Потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ) значительно превосходит потребление энергии всем населением Земли. Ветер является наиболее доступным источником энергии. Ветроэнергетика на сегодняшний день является самой быстрорастущей отраслью среди альтернативных источников энергии.

2 Прирост мощности ветроэлектрических станций в мире в 2018 году составил 158,714 ГВт. По прогнозам специалистов, установленная мощность мировой ветроэнергетики достигнет к 2020 году более 1500 ГВт.

3 В общем объеме производства электроэнергии в Казахстане доля (ВИЭ) к 2021 году составит 3 %, к 2030 году – 10 %, а к 2050 году доля ВИЭ должна составлять не менее половины всего совокупного энергопотребления. В ближайшие два года установленная мощность электростанций, работающих на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), вырастет до 3 ГВт.

4 Использование ветроэнергетической установки, предложенной в данной статье, позволит более эффективно использовать энергию ветра в широком диапазоне скоростей ветрового потока для выработки электрической энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Стратегия «Казахстан-2050».
- 2 **Лабейш, В. Г.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : Учеб. пособие. – СПб. : СЗТУ, 2003. – 79 с.
- 3 **Городов, Р. В. Губин, В. Е., Матвеев А. С.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – Томск : ТПУ, 2009. – 294 с.
- 4 <https://kapital.kz/economic/79175/moshnost-kazahstanskikh-elektrostantsij-vyrastet-do-3-gvt>. [Электронный ресурс].
- 5 <http://astanasolar.kz/ru/news/mirovaya-solnechnaya-energetika-ustanovlennaya-moshnost-ses>. [Электронный ресурс].
- 6 Инновационный патент KZ, №25132, бюл. № 12. – 2011.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

A. B. Дробинский¹, Н. А. Исупова², А. Ж. Саринава³

Жел энергиясын тиімді пайдаланумен жел энергетикалық қондырғы

^{1,2,3}Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

A. V. Drobinsky¹, N. A. Isupova², A. Zh. Sarinova³

Wind power plant with effective use of wind energy

^{1,2,3}Faculty of Energy Energetics,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада әлемдік экономикадағы жел энергетикасын дамытудың артықшылықтары мен перспективалары баяндалған. Жел электр станцияларының белгіленген жиынтық қуаты бойынша көшбасшы елдер аталған. Әсіресе, жел энергетикасы Қытайда, АҚШ пен Германияда қарқынды дамып келе жатқаны көрсетілген.

Жел бойынша жаңартылатын ресурстар мен энергия көздерінің техникалық әлеуеті келтірілген. Жел энергиясының экономикалық әлеуеті анықталды, ол Қазақстан Республикасындағы энергия ресурстарын жылдық ішкі тұтырудан 1,5 есе артық.

Қазақстан Республикасында жаңартылатын энергия көздерін дамыту қарқыны жоғары, алдағы екі жылда жел электр станцияларының белгіленген қуатын екі есе арттыру жоспарланған. Алыстағы тұтынушыларды энергиямен қамтамасыз ету үшін оларды кеңінен қолдану мақсатында шағын қуатты жел энергетикалық қондырғыларды дамыту бойынша зерттеулер жүргізіледі.

Мақаласында сипаттау берілді және көрсетілген конструкциясы ЖЭҚ байланысты өзгертін көлбеу бұрышы желқозғалтқышы ағынына жел, Конструкциясы қамтамасыз етеді тиімді пайдалану, жел энергиясын кең ауқымда жылдамдығының жел ағыны.

The article outlines the advantages and prospects for the development of wind energy in the global economy. Listed are the countries that are leaders in the total installed capacity of wind power stations. It has been shown that wind power is developing especially rapidly in China, the USA and Germany.

The technical potential of renewable resources and the wind energy sources is given. The economic potential of wind energy was determined, which is 1.5 times more than the annual domestic energy consumption in the Republic of Kazakhstan.

The pace of development of renewable energy sources in the Republic of Kazakhstan is high. In the next two years, it is planned to double the installed capacity of wind farms. Studies are underway to develop low-power wind power plants (wind turbines), with a view to their wider application to provide energy to remote consumers.

The article describes the work and shows the design of wind turbines with a varying angle of inclination of the wind turbine to the wind flow. The design provides efficient use of wind energy in a wide range of wind flow speeds.

**К. М. Дюсенов¹, Б. К. Шапкенов², М. Б. Кайдар³,
А. Б. Кайдар⁴, А. П. Кислов⁵, В. П. Марковский⁶,
В. Ф. Говорун⁷, А. Д. Бексултанов⁸**

¹к.т.н., профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³менеджер, ЗАО «КазТрансГаз», г. Нур-Султан, Республика Казахстан;

⁴м.т. и т., проектный менеджер АО «Alageum Electric», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁵к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁶к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁷д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁸м.т.н., Екибастузский инженерно-технический институт имени К. И. Сагпаева, г. Екибастуз, 141208, Республика Казахстан

e-mail: ¹kdyussenov@yandex.ru; ²argin_intel@mail.ru;

³m.kaidar@amangeldygas.kz; ⁴argin_intel@mail.ru;

⁶wadim54@mail.ru; ⁷vladimir.govorun@gmail.com

ЭКОНОМИЧНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНВЕРТОРНЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КАЗАХСТАНА

В статье выполнена оценка эффективности отопления жилых помещений различными способами.

Приведены технические характеристики инверторных кондиционеров в режиме охлаждения и обогрева, зависимости потребляемой мощности инверторного кондиционера R32 и необходимой мощности для обогрева помещения от наружной температуры, график затрат на отопление в зависимости от температуры.

На основании средних показателей погоды для Атырау и Павлодара оценивается эффективность применения инверторного кондиционера для южных и северных регионов Казахстана.

Показано, что отопление инверторными кондиционерами при температурах до – 5 °С вполне оправдано, и дает существенную экономию.

Ключевые слова: эффективности отопления, инверторные кондиционеры, отопительный сезон, КПД, экономичность, потребляемая мощность тепловые насосы.

ВВЕДЕНИЕ

В Казахстане по итогам апреля жилищные услуги, вода, электроэнергия, газ и другие виды топлива поднялись в цене на 7,3 % в сравнении с апрелем прошлого года (показатели за январь-апрель выросли год-к-году на 7,9 %), сообщает Zakon.kz [1] со ссылкой на исследование finprom.kz.

Когда нет централизованного теплоснабжения от ТЭЦ, магистрального газа, или подключение его очень дорогое, термальных источников как в южном Казахстане очень часто возникает проблема выбора способа отопления.

Альтернативой централизованному теплоснабжению могут служить дрова, пропан, уголь, пеллеты (гранулированное топливо), мазут или солярка и электричество.

Электричество удобно. Даже удобнее газа. Оно простое, дешевое в подключении. В общем, масса плюсов, но имеется один важный недостаток – оно дорогое.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из наиболее трудоемких и сложных процессов является отопление дома. В случае с электричеством и водоснабжением вариантов немного – либо центральные магистрали, либо генератор для света или скважина с насосом для воды. А вот с отоплением частного дома все сложнее по ряду причин. При этом стоит признать, что даже профессиональные коммунальные службы не всегда способны справиться с обогревом многоэтажных домов, подключенных профессиональными инженерами к центральным магистралям еще на стадии строительства.

Итак, для того, чтобы в доме было тепло и за это не приходилось бы платить дорого, еще при строительстве нужно позаботиться о теплоизоляции стен, утеплении крыши и окнах. А главное – определиться с тем, как и чем вы будете отапливать свой дом.

Теплоизоляция стен – это 30 % экономии на обогреве жилых помещений. Утепляя крышу, вы сохраните до 40 % тепла. А установка современных окон с двухкамерными стеклопакетами, энергосберегающим стеклом, хорошей фурнитурой и уплотнителями также не даст теплу просочиться за пределы

дома. Ну а гарантом тепла в доме станет выбранный вами вид топлива и, соответственно, котел.

В Казахстане чаще всего автономное отопление жилья осуществляется при помощи газа, электричества или угля. Из этого перечня пальма первенства – за газом.

По стране идет масштабная газификация, что подразумевает развитую сеть и инфраструктуру. Добыча и производство газа постоянно увеличиваются, что гарантирует бесперебойную подачу топлива, в отличие от того же угля. К тому же газ – экономичный и экологичный вид топлива. В составе газа содержится малая доля сернистых соединений. Это обеспечивает высокую эффективность процесса горения. При его сгорании в атмосферу попадает небольшое количество вредных веществ. Для сравнения, при сжигании газа выделяется в 8 раз меньше вредных веществ, чем при сжигании угля. Ну и не стоит вопрос о том, как утилизировать золу. Экономичность газа очевидна в сравнении с электроэнергией.

Подсчеты грубые и требуют большей конкретизации деталей, но, тем не менее, общую картину отразить способны.

Так, если кубометр газа для населения города Алматы стоит 29,7 тенге, а на дом площадью 100 м² требуется в месяц в среднем 700 кубометров газа, то получаем строку в квитанции в размере 20790 тенге. Это в период февральской стужи, когда домашний очаг работает на пределе [2].

Теперь прикинем стоимость отопления в квитанции с использованием электрического котла. Считается, что на отопление 10 м² утепленного жилого дома потребуется 1 кВт/час. Значит, для дома площадью 100 м² необходимо 10 кВт/час. На его отопление в месяц будет затрачено 7200 кВт/час. Понятное дело, что время работы котла будет в половину меньше и расход энергии составит 3600 кВт/час. Даже если считать по самому низкому тарифу в 11,6 тенге за кВт/час, то сумма получается в размере 40 тысяч тенге.

Факты и цифры говорят в пользу газового отопления и газовых котлов. Но подчеркнем один важный момент – при установке газового котла обязательно установите счетчик. Иначе плата за газ не покажется вам маленькой.

Тепловые насосы, или говоря проще инверторные кондиционеры. В отличие старых кондиционеров, эти прекрасно работают как на охлаждение, так и на обогрев.

И вот у них есть замечательная особенность. За счет кавитационных процессов на выходе теплового насоса можно получить в 3,5 раза больше тепла, чем потребленной электроэнергии [2, 3] (рисунок 1).

Да и у кондиционера это не совсем КПД, а эффективность, но для понятности буду говорить так. В конце концов важен результат.



Рисунок 1 – Тепловые насосы (инверторные кондиционеры)

В современной литературе много писалось о невозможности получения КПД свыше единицы. Много было критики, но неопровержимые экспериментальные данные доказали возможность получения КПД свыше единицы. Мало того были получены патенты и изготовлены образцы. Но у нас к сожалению дальше этого не пошло.

Если систематизировать аргументированные критические замечания в технической литературе, то в основном они сводятся к следующему:

1 Понятие КПЭ является полным аналогом КПД. КПД кавитационных теплогенераторов составляют 93–96 % и не может превышать 100 % [3, 4].

2 «В условиях теплогенераторов гидродинамическую кавитацию нельзя рассматривать как источник дополнительной энергии. Ансамбль расширяющихся, схлопывающихся и пульсирующих кавитационных камер представляется как своеобразный энергетический трансформатор энергии, коэффициент полезного действия которого в принципе, как и любого трансформатора не может превосходить единицу» [4].

3 «Гидродинамические теплогенераторы могут работать с эффективностью, превышающей единицу, тем не менее, режим, при котором достигается подобная эффективность, строго говоря, обеспечивается не столько генератором, сколько методом отбора тепла от внешнего низкотемпературного источника – системы водоснабжения» [5].

Агрессивная компания критики «сверхъединичных» теплогенераторов привела к тому, что некоторые экспериментаторы стали перестраховываться и при получении КПЭ > 1 прекращать исследования. Так в результате испытаний теплогенератора на основе «вихревой» трубы, проведенных в лаборатории «Основы трансформации тепла» кафедры «Промышленные теплоэнергетические системы» Московского Энергетического Института было определено, что при затраченных 2 кВт·ч электрической энергии

количество произведенного тепла составляет 3817 ккал (4,4 кВт·ч). Однозначного объяснения происхождения дополнительно выработанной тепловой энергии найдено не было [6]. На всякий случай работы по данной тематике на кафедре закрыли. В ходе испытаний теплогенератора ТПМ 5,5-1, проведенных Институтом технической теплофизики НАН Украины (г. Киев), был получен КПЭ>1. Экспериментаторы объяснили себе этот результат: «не только объективной погрешностью измерений, но и влиянием теплообмена между неизолированными элементами установки и внешней средой» [7].

Возвращаясь к инверторным кондиционерам или тепловым насосом отметим особенность, о которая не афишируется производителями.

Тепловой насос R32			
Внутренний блок		RAS-05BKVG-E	RAS-07BKVG-E
Наружный блок		RAS-05BAVG-E	RAS-07BAVG-E
Холодопроизводительность (кВт)		1.50 (0.65~2.00)	2.00 (0.64~2.50)
Теплопроизводительность (кВт)		2.00 (0.54~2.80)	2.50 (0.55~3.20)
Коэффициент эффективности	EER (охлаждение)	3.66	3.33
	COP (обогрев)	4.17	4.03
Питание (В/фаз/Гц)			
Сечение силового кабеля (мин. значение)		3 (вкл. зем)	
Межблочный кабель		4	
Потребляемая мощность	Охлаждение (кВт)	0.41	0.60
	Обогрев (кВт)	0.48	0.62
Класс энергоэффективности		A	A
Сезонная энерго-эффективность	SEER (охлаждение)	5.60	5.70
	SCOP (обогрев)	4.00	4.00

Рисунок 2 – Технические характеристики инверторного кондиционера R32

Последняя графа – сезонная эффективность 4,00.

Получается, что в среднем за сезон, КПД (COP) равняется 4 (400 %) Экономия в 4 раза.

Отметим, что EER (Energy Efficiency Rating, рейтинг энергоэффективности) – показывает, насколько эффективно кондиционер работает в режиме охлаждения;

- COP (Coefficient of Performance, коэффициент преобразования) – показывает среднюю эффективность для работы на охлаждение и обогрев;
- КПД (коэффициент полезного действия) – то же самое, что COP, но выражается в процентах.

То, что COP 400 % правильно, но не всегда. Вот так выглядит истинный график КПД кондиционера в зависимости от температуры: (взятый из документации R 32, рисунок 3).

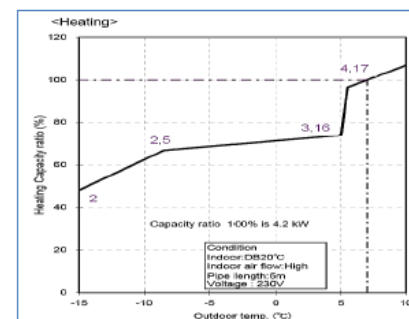


Рисунок 3 – график КПД кондиционера в зависимости от температуры

Но дело в том, что у кондиционера не просто падает КПД с понижением температуры, но и аналогично падает мощность.

То есть, если при температуре 7 градусов. Кондиционер потреблял 0,5 кВт электрической и отдавал 2 кВт тепловой. (0,48 кВт · 4,17= 2 кВт) То при минус десяти, он все так же будет потреблять 0,5 кВт электрической, но отдавать будет 1,3 кВт тепловой. А на самом деле еще значительно меньше поскольку будет тратить энергию и время на «разморозку» внешнего блока.

Это кстати и не скрывают, только внимание не акцентируют.

Тепловой насос R32			
Внутренний блок		RAS-05BKVG-E	RAS-07BKVG-E
Наружный блок		RAS-05BAVG-E	RAS-07BAVG-E
Холодопроизводительность (кВт)		1.50 (0.65~2.00)	2.00 (0.64~2.50)
Теплопроизводительность (кВт)		2.00 (0.54~2.80)	2.50 (0.55~3.20)
Коэффициент эффективности	EER (охлаждение)	3.66	3.33
	COP (обогрев)	4.17	4.03
Питание (В/фаз/Гц)			

Рисунок 4 – Технические характеристики инверторного кондиционера R32

Не кажется странным, что при температуре -15 кондиционер потреблял 0,48 кВт кондиционер будет греть всего на 0,54 кВт ? Ведь по графику при таком минусе КПД должен быть в районе 200 % а получается всего 112 % (температура явно необозначена, но это минимальная температура работы для этой модели).

Получается интересная ситуация, когда дому больше всего необходимо тепло, кондиционер просто не в состоянии его отдать. Например, взять гостиную с тепло-потерями 2 кВт при -30 °С.

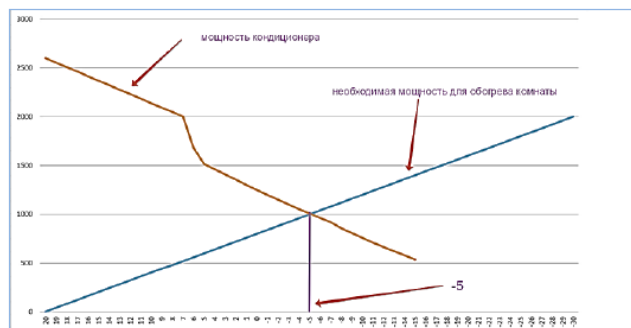


Рисунок 5 – Зависимости потребляемой мощности инверторного кондиционера R32 и необходимой мощности для обогрева помещения от наружной температуры

Согласно прилагаемой инструкции вы спокойно вы покупаете кондиционер на 2 кВт и экономите на отоплении в 4 раза.

А по факту? Как только температура опустится ниже -5 в доме начнет холодать. Не сразу конечно. Тепловая инерция у дома есть, незначительное похолодание на 2–3 дня стены могут и выдержать. Но вот дальше будет холодно. Да и КПД не вполне удовлетворяет потребителя.

Поэтому, вывод первый: Кондиционер как единственный источник тепла не работает. Банально не хватает мощности. Да и смысла нет, уже при минус десяти кондиционер превращается почти в обычный теплоventилятор. Но теплоventилятор стоит 10 тысячи тенге, а кондиционер мощнее на пару киловатт стоит тысяч так на 50–70 дороже, и это минимум. Но, в отопительный сезон низкая температура для юга Казахстана бывает не частой. Например, для Атырау и Павлодара.

Таблица 1 – Средние показатели погоды для Атырау и Павлодара

Средние показатели погоды	
Атырау	Павлодар
Месяц Макс. / Мин.(°C)	Месяц Макс. / Мин.(°C)
Декабрь -1° / -7° 3 дня	Декабрь -9° / -20° 5 дней
Январь -4° / -11° 3 дня	Январь -12° / -23° 5 дней
Февраль -2° / -11° 2 дня	Февраль -10° / -22° 3 дня

Вот таблица 2 количества холодных часов в отопительный сезон для Москвы.

Таблица 2 – Количество холодных часов в отопительный сезон

Температура наружного воздуха, °C	-	-	-	-	-	-20	-15	-10	-5	0	+8
Часы	-	-	3	15	47	172	418	905	1734	3033	4910

Как видно действительно холодных часов, когда кондиционер не может никак, не так и много. А в остальные он либо поможет либо справится сам. График затрат на отопление в зависимости от температуры выглядит так (рисунок 6).

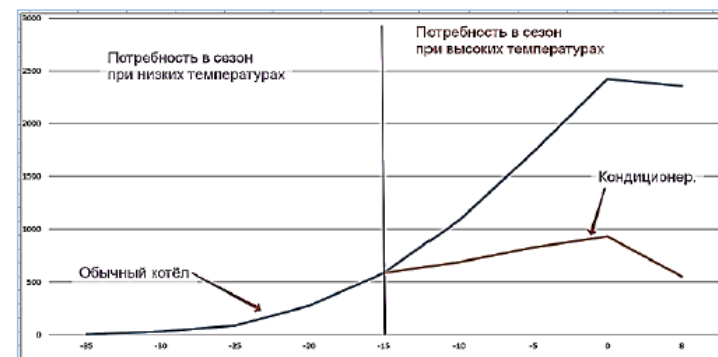


Рисунок 6 – График затрат на отопление в зависимости от температуры

Итог получился следующим. (Для гипотетической комнаты с потерями 2 кВт при -30 °C).

Если греть обычным электрическим котлом, то на сезон необходимо 8564 кВт/час. А если греть совместно: электрический для холодов + кондиционер подхватывает, когда может. То получилось 4126 кВт/час. Экономия в 2,07 раза.

ВЫВОДЫ

1 Исключительно кондиционером в большинстве регионов нашей страны отапливаться нельзя.

2 Реальное КПД значительно ниже рекламных цифр. Но все равно значительно выше 100 %.

3 Если топиться всем кроме магистрального газа. Кондиционер крайне рекомендован. Он в два раза экономит при отоплении чисто электричеством, и очень добавит комфорта в межсезонье и при слабых минусах. (Может оказаться даже выгодней, угля, сжиженного газа, и т.д. однозначно выгодней пеллет.)

4 Отопление электричеством для мягкого климата чрезвычайно выгодно. Особенно для сильно утепленных домов.

5 Для нашего климата, для Павлодара, отопление электричеством невыгодно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Мифы строительства 5: Отопление кондиционером, возможно ли / [Электронный ресурс]. – https://pikabu.ru/story/mifyi_stroitelstva_5_otoplenie_konditsionerom_vozmozhno_li_5791964

2 **Дюсенов, К. М., Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б.** Высокочастотный нагрев шарообразных изделий / IV Всероссийская научно-практическая конференция «Энергетика и энергосбережение: теория и практика» 224-1/ 19–21 декабря 2018 г. / [Электронный ресурс]. – science.kuzstu.ru › Events › Conference › energ › energ › pages › Articles.

3 **Дюсенов, К. М., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Шапкенов, Б. К.** Экономичные технологии высокочастотного нагрева вод // ПМУ Хабаршысы. ISSN 1811-1858. Энергетикалық сериясы. № 1. 2019 Вестник ПГУ, ISSN: 1811-1858. Серия энергетическая. № 1. 2019 8 9 044В, с. 128–138.

4 **Дюсенов, К. М.** Патент РФ № 2096695, кл. F24J 3/00, 1997 Нагревательное устройство. // [Электронный ресурс]. – Описание изобретения. green.kazpatent.kz › Category0 › Page1 › PageSize10

5 **Дюсенов, К. М.** Повышение эффективности теплообменных аппаратов рекуперативно-смесительного типа путём управления теплообменом в завесной зоне : Автореферат диссертации ... кандидата технических наук : 05.14.04. // [Электронный ресурс]. – <https://search.rsl.ru/ru/record/01008609020>

6 **Кузнецов, С. В.** О сверхэффективности вихревых теплогенераторов и не только. / [Электронный ресурс]. – http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=1947.

7 **Халатов, А. А., Коваленко, А. С., Шевцов, С. В.** Результаты испытаний вихревого теплогенератора ТПМ 5,5–1. «Новости теплоснабжения» № 8 (84) 2007 г., С. 18–21. / [Электронный ресурс]. – http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=1937

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

К. М. Дюсенов¹, Б. К. Шапкенов², М. Б. Кайдар³, А. Б. Кайдар⁴, А. П. Кислов⁵, В. П. Марковский⁶, В. Ф. Говорун⁷, А. Д. Бексултанов⁸

Қазақстанның климаттық жағдайлары үшін инверторлы кондиционерлерді қолданудың үнемділігі

¹Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{2,5,6,7}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

³«ҚазТрансГаз» ЖАҚ, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁴«Alageum Electric» АҚ жобалық менеджері, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁸Қ. И. Екібастұз инженерлік институты Сәтпаев, Екібастұз қ., 141208, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

K. M. Dyusenov¹, B. K. Shapkenov², M. B. Kaydar³, A. B. Kaydar⁴, A. P. Kislov⁵, V. P. Markovsky⁶, V. F. Govorun⁷, A. D. Beksultanov⁸

Efficiency of application of inverter conditioners for climatic conditions of Kazakhstan

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{2,5,6,7}S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³CJSC «KazTransGas», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁴JSC «Alageum Electric»,

Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁸K. I. Satpayev Ekibastuz Engineering Technical Institute, Ekibastuz, 141208, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада тұрғын үй-жайларды жылыту тиімділігін әр түрлі тәсілдермен бағалау орындалған. 1.жылы және суыту режиміндегі инверторлы кондиционерлердің техникалық сипаттамалары, R32 инверторлы кондиционерінің тұтынылатын қуатына және сыртқы температурадан бөлмені жылыту үшін қажетті қуатқа тәуелділігі, температураға байланысты жылытуға кететін шығындар кестесі

келтірілген. Ауа райының орташа көрсеткіштері негізінде Атырау мен Павлодар үшін Қазақстанның оңтүстік және солтүстік аймақтарына инверторлы кондиционерді қолдану тиімділігі бағаланады. 5 °C температурасында инверторлы кондиционерлермен жылыту өте ақталған және айтарлықтай үнемдеу береді.

The article assesses the efficiency of residential heating in various ways. The technical characteristics of inverter air conditioners in the cooling and heating mode, the dependence of the power consumption of the inverter air conditioner R32 and the required power for heating the room from the outside temperature, the schedule of heating costs depending on the temperature. Based on the average weather indicators for Atyrau and Pavlodar, the efficiency of the inverter air conditioner for the Southern and Northern regions of Kazakhstan is estimated. It is shown that heating inverter air conditioners at temperatures of -5 °C is justified, and gives significant savings.

ГРНТИ 53.43.31

**А. К. Жунусов¹, П. О. Быков², Т. Рыспаев³,
А. Д. Касимгазинов⁴, Д. Тоқтар⁵**

¹к.т.н., профессор, кафедра «Металлургия», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., ассоц. профессор, кафедра «Металлургия», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³хабилиитированный доктор-инженер, профессор, Технический университет Клаусталь, г. Клаусталь-Целенфельд, 38678, Германия;

⁴магистр, заместитель технического директора ТОО «Казахалтын», г. Степногорск, 020000, Республика Казахстан;

⁵магистрант, Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹zhunusov_ab@mail.ru; ²Bykov_petr@mail.ru;

³talent.ryspaev@gmail.com; ⁴assetteh@mail.ru; ⁵dauren-toktar@mail.ru

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛЬНЫХ ПОМОЛЬНЫХ ШАРОВ V ГРУППЫ ТВЕРДОСТИ В УСЛОВИЯХ ПФ ТОО «КАСТИНГ»

В статье описаны исследования по производству сортового проката в условиях ПФ ТОО «Кастинг».

Физическим и математическим моделированием путем регрессионного анализа разработана методика определения необходимого содержания хрома для получения шаров 5 группы твердости различного диаметра с заданной твердостью поверхности.

Ключевые слова: строительные материалы, отходы, шлак, сталь, металлургия.

ВВЕДЕНИЕ

Программа развития конкурентоспособности Павлодарской области до 2030 года предусматривает дальнейшее развитие производства изделий из стали (помольных шаров, строительной арматуры и т.п.) на базе Павлодарских металлургических предприятий и в первую очередь в ПФ ТОО «Кастинг» и ТОО «KSP Steel» [1, 2].

В Павлодарском регионе одним из основных продуктов сталелитейной промышленности является шар помольный катанный.

Развитая в Казахстане и макрорегионе горнорудная промышленность обеспечивает большой спрос на помольные шары [3–5].

Выпуск стальных помольных шаров в ПФ ТОО «Кастинг» осуществляется в соответствии с СТ ТОО 010541005838-002-2015 – Шары стальные катаные. Для производства катанных помольных шаров предприятием разработаны собственные химические составы экономнолегированной стали, в которой основным легирующим элементом являются хром [6, 7]. Это позволяет удерживать низкую себестоимость производства катанных шаров и обеспечивает лидирующие позиции на рынке макрорегиона.

При этом специфика влияния легирующих элементов на механические и служебные свойства катанных шаров разного диаметра изучена недостаточно, что требует проведения дальнейших исследований.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В условиях ПФ ТОО «Кастинг» были произведены шары катанные диаметром 35 и 80 мм из стали легированной различным количеством хромом. Химический состав стали приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Марки и химический состав стали

Марка стали	Химический состав, %							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
Ш5 (для d35 мм)	0,57–0,62	0,9–1,05	0,27–0,35	≤0,025	≤0,025	≤0,4	≤0,4	≤0,4
Ш5 (для d80 мм)	0,58–0,63	0,9–1,05	0,27–0,37	≤0,02	≤0,02	0,50–0,58	≤0,4	≤0,4

Для обоих этапов экспериментов процесс производства состоял из нескольких этапов: выплавки стали в дуговых сталеплавильных печах емкостью 25 тонн с доводкой на агрегате ковш-печь, далее сталь разливалась на МНЛЗ с получением квадрата сечением 150 мм.

Прокатка НЛЗ на среднесортном стане ССС-500 включает следующие операции: нагрев заготовки до 1100 °С; получение подката на стане ССС-500.

Далее подкат идет в печь нагрева ШПС. После выдачи из печи заготовка по роллангу перемещается к механизму раскручивания заготовки, которые в дальнейшем направляет вращающуюся заготовку в рабочую клеть.

В рабочей клетки методом поперечно-винтовой прокатки получают шары катаные.

После выхода из клетки шары перемещаются по наклонному желобу в ковшевой элеватор стола охлаждения. На столе охлаждения шары остужаются до требуемой температуры. После стола охлаждения шары поступают в узел термической обработки на закалку до температуры самоотпуска.

Из узла термической обработки шары падают на приемную решетку, затем в короб. ОТК проверяет геометрические размеры шара, качество поверхности с периодичностью не реже одного раза в 30 минут.

Термическая обработка осуществлялась при следующих параметрах:

- 1 Температура зоны выдержки при прокатке: 1160–1170 °С;
- 2 Скорость прокатки: 1,18 м/сек;
- 3 Температура остуживания шаров: 800– 810 °С;
- 4 Температура охлаждающей воды: 25–28 °С;
- 5 Обороты электродвигателя шнека: 515–523 об/мин;
- 6 Температура самоотпуска шаров: 180–200 °С.

По результатам прокатки при измерении коэрцетивной силы в шарах, показатели составили 57–61 единиц.

По результатом прокатки и термообработки методом случайной выборки от каждой плавки отобрана партия из пяти шаров и проведены замеры твердости.

Данные по химическому составу плавок приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав стали экспериментальных плавок

Номер плавок	Химический состав, %							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
Диаметр 35 мм								
3132996	0,57	1,01	0,27	0,029	0,015	0,41	0,15	0,14
3132997	0,62	0,97	0,31	0,021	0,02	0,38	0,1	0,16
2131410	0,56	0,9	0,29	0,005	0,021	0,34	0,1	0,16
3133078	0,62	0,92	0,34	0,025	0,011	0,35	0,1	0,16
2131497	0,60	0,9	0,27	0,03	0,008	0,37	0,12	0,16
2131494	0,62	0,91	0,33	0,021	0,016	0,39	0,1	0,16
2131489	0,61	0,98	0,27	0,018	0,009	0,34	0,1	0,17
Диаметр 80 мм								
3151668	0,56	1,16	0,22	0,031	0,021	0,55	0,3	0,19
3151669	0,57	1,15	0,23	0,028	0,019	0,56	0,23	0,18
3151670	0,56	1,17	0,21	0,030	0,020	0,54	0,28	0,19

Данные по температуре и твердости приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Твердость шаров 5 группы твердости

Номер плавков	Температура охлаждающей воды, °С	Твердость на поверхности, HRC	Твердость на глубине радиуса, HRC
Диаметр 35 мм			
3132996	33–36	55,3	54
3132997	29–32	58,5	51,5
2131410	25–28	62,5	58,5
3133078	25–28	62,5	59,5
2131497	25–28	62,5	59,5
2131494	25–28	63,5	60
2131489	25–28	63,5	57,5
Диаметр 80 мм			
3151668	25–28	58,0	50,0
3151669	25–28	58,5	50,5
3151670	25–28	57,6	50,1

Показатели твердости во всех экспериментальных плавках соответствовали требованиям СТ ТОО 010541005838-002-2015.

ВЫВОДЫ

Физическим и математическим моделированием путем регрессионного анализа разработана методика определения необходимого содержания хрома для получения шаров 5 группы твердости различного диаметра с заданной твердостью поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Государственная программа индустриально–инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы, утвержденная Указом Президента РК от 1 августа 2014 года № 874.

2 Обзор рынка стальных помольных шаров в России и прогноз его развития в условиях финансового кризиса. – М. : Инфолайн – Исследовательская группа (объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов, металлургии и химической промышленности), 2009. – 168 с.

3 http://satu.kz/p15195522-shary-pomolnye-melyuschie.html#description_block. [Электронный ресурс].

4 http://tiu.ru/Pomolnye-shary.html?no_redirect=1 [Электронный ресурс].

5 **Коржова, Р. В.** Сырьевая база и обогащение руд. Учеб. пособие / Р. В. Коржова. В 2–ух частях: Ч. 2 Технология обогащения руд. – М. : МИСиС, 2012. – 67 с.

6 **Воскобойников, В. Г.** Общая металлургия: учебник для вузов. – 6–е изд., перераб и доп. / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2005. – 768 с.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

А. К. Жунусов¹, П. О. Быков², Т. Рыспаев³, А. Д. Касимгазинов⁴, Д. Тоқтар⁵

«Кастинг» ЖШС ПФ жағдайында қаттылығы V топтағы болат ұнтақтау шарлары өндірісінің энергия үнемдеу технологиясын әзірлеу

^{1,2,5}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

³Клаусталь техникалық университеті, Клаусталь-Целенфельд қ., Германия;

⁴«Қазақалтын» ЖШС, Степногорск қ., 021500, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

А. К. Zhunusov¹, P. O. Bykov², T. Ryspayev³, A. D. Kassimgazinov⁴, D. Toktar⁵
Development of energy saving technology of production steel grinding balls with V hardness group in the PB LLP «Casting» conditions

^{1,2,5}S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³Clausthal University of Technology, Clausthal-Zellerfeld, 38678, Germany;

⁴«Kazakhaltyn» LLP, Stepnogorsk, 020000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада «Кастинг» ЖШС ПФ жағдайында сұрыптық илем өндіру бойынша зерттеулер сипатталған.

Регрессиялық талдау жолымен физикалық және математикалық модельдеумен бетінің қаттылығы берілген, диаметрлі әр түрлі қаттылығы 5 топтағы шарларды алу үшін хромның қажетті құрамын анықтау әдістемесі әзірленді.

This article described the research on the production of long products in the PB LLP «Casting» conditions.

Physical and mathematical modeling with regression analysis developed, and method for determining the necessary chromium content to produce balls of 5-th hardness group of various diameters with a given surface hardness.

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, Инновационный Евразийский университет, Инженерно-технологический факультет, 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.

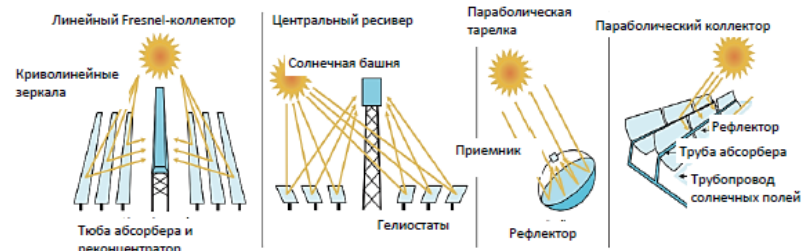


Рисунок 2 – Основные солнечные высокотемпературные технологии

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.

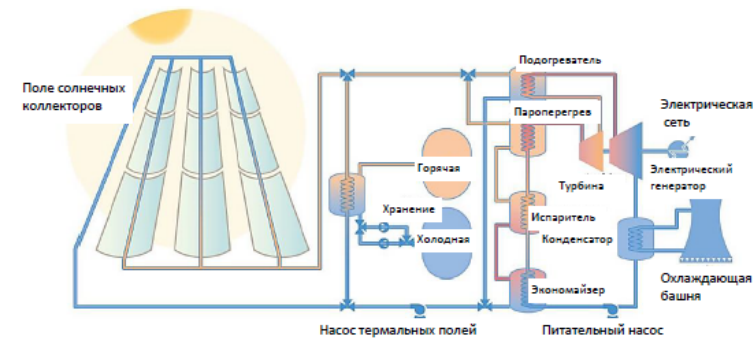


Рисунок 4 – Схема солнечной термальной станции с накопителем энергии

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 Вопросы энергоэффективности (Caddetee), возобновляемой энергии (Caddetre) и проблеме ограничения выбросов парниковых газов (Greentie). [Электронный ресурс]. – <http://www.eetic.org/>.
- 2 The European Council for an Energy Efficient Economy (ECEEE) [Электронный ресурс]. – <http://www.eceee.org>.
- 3 The Energy Efficiency Best Practice programme (EEBPP). [Электронный ресурс]. – <http://www.thecarbontrust.co.uk/energy>
- 4 Chávez Urbiola EA, Vorobiev Y. Investigation of solar hybrid electric/thermal system with radiation concentrator and thermoelectric generator. Int J Photoenergy 2013. [Электронный ресурс]. – <http://dx.doi.org/10.1155/2013/704087>.
- 5 Показатели энергоэффективности: основы формирования политики. Ист: International Energy Agency. © OECD/IEA, 2014 [Электронный ресурс]. – <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 29.11.19.

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,

Нұр-Сұлтан 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 29.11.19 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 29.11.19.

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.

**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, Инновационный Евразийский университет, Инженерно-технологический факультет, 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.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

В статье рассмотрены возможности применения инновационных энергетических компонентов и технологий для энергоэффективной модернизации систем генерации электрической и тепловой энергии. Показано, что в технологически развитых странах уделяется исключительно серьезное внимание вопросам гармонизации удельных показателей энергопотребления на основе эффективного использования энергетических ресурсов и дальнейшего

ускоренного развития технологий сохранения энергии. Республика Казахстан, как участник международных соглашений стремится к выполнению обязательств в части эффективности, безопасности и устойчивости энергообеспечения и сохранения окружающей среды. Приведены результаты исследований по возможностям трансферта в энергетику Республики Казахстан инновационных технологий, создающих возможности повышения эффективности до 85–93 % в широком диапазоне мощностей. Показаны основные технологические возможности инновационных компонентов и схемные решения когенерации и тригенерации для реализации проектов энергоэффективной модернизации и создания интегрированных электроэнергетических систем тепловой энергетики.

Ключевые слова: энергетическая система, тепловая генерация энергии, потери энергии, модернизация энергетических систем, технологии когенерации и тригенерации, энергетическая эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Неизбежные потребности повышения индекса глобальной конкурентоспособности, как каждой отдельно взятой конкретной страны в целом, так и выпускаемой ею продукции, предопределяют необходимость существенного снижения компонентов затрат. Одними из наиболее важных являются энергетические компоненты, в значительной степени определяющие стоимостные показатели, без исключения, любого вида промышленной продукции, а именно: тепловая и электрическая энергии.

В технологически развитых странах уже на протяжении достаточно длительного времени уделяется исключительно серьезное внимание вопросам гармонизации удельных показателей энергопотребления на основе эффективного использования энергетических ресурсов и дальнейшего ускоренного развития технологий сохранения энергии. И здесь технологически развитыми странами достигнуты весьма ощутимые и убедительные результаты, что подтверждается, в частности, данными Международной Энергетической Комиссии (МЭК) [1]. Казахстан, также являющийся участником МЭК, выполняет, в определенной степени, возложенные на него международные обязательства в части эффективности, безопасности и устойчивости энергообеспечения и сохранения окружающей среды.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Республика Казахстан в терминологии МЭК относится к группе развивающихся стран. Обладая весьма значительными природными

ископаемыми ресурсами, Казахстан, в то же время, отличается крайне неэффективными технологиями во всех без исключения отраслях экономики. Это создает значительные трудности в производстве конкурентоспособной продукции и, соответственно, препятствует прогрессу благополучия населения страны.

Принятые государственные программы развития экономики страны и сформированный перечень приоритетных направлений технологического развития регионов законодательно устанавливают границы снижения удельного энергопотребления до 2020 года и на дальнейшую перспективу.

Особенностью формирования индустриальных энергетических ресурсов в РК является то, что более 80 % электрической энергии вырабатывается тепловыми электрическими станциями. Тепловая энергия вырабатывается также и промышленными теплогенерирующими установками средней и малой мощности. В технологическом процессе они используют преимущественно высокочемические энергетические угли Экибастузского месторождения. Эти особенности в сочетании с неизбежно устаревающим энергетическим оборудованием и технологиями, преимущественно прошлого века, создают острую необходимость в модернизациях объектов энергетики с целью существенного снижения потерь энергии и доведения в обозримом будущем удельного энергопотребления до уровней технологически развитых стран. Только при выполнении этого можно рассчитывать на конкурентоспособное развитие экономики.

Таким образом, эффективное и устойчивое энергообеспечение требует современных как электро-, так и теплоэнергетических систем, реализующих новые принципы и технологии мирового уровня.

Поэтому для эффективного и устойчивого энергообеспечения в новом современном технологическом статусе необходимо выполнить ряд исследований и оценок. В их числе: исследования и оценку состояния и трендов развития теплоэнергетических систем стран-технологических лидеров; состояние индустриальных теплоэнергетических систем Казахстана по оценкам национальных официальных структур и внутренних экспертов, а также по оценкам независимых экспертных организаций, например, Международного Энергетического Совета или других международных организаций. Выполнить оценки разнообразия возможных наилучших энергоэффективных теплотехнологий и мировых энергетических трендов для процессов «генерация-передача-распределения-использование» тепловой энергии в РК.

Такими мировыми энергетическими трендами для повышения энергетической эффективности и экологической стабильности являются: ВИЭ-компоненты и технологии в системах модернизации индустриальной

тепловой генерации; создание компонентов распределенной и автономной ВИЭ-, SMART- и «H&C»-технологий в системах тепловой генерации.

Существенное уменьшение потерь электрической и тепловой энергии в процессе «передача-распределение-использование» на основе наилучших, новейших энергоэффективных технологий также должно рассматриваться как основа эффективного и устойчивого энергообеспечения индустрии, а также городов и населенных пунктов. Системы международной нормативной поддержки гармоничного развития тепловой энергетики нового поколения; системы мониторинга, обмена информацией и управления распределенными ресурсами и энергетической эффективностью электро- и теплообеспечивающих компонентов; повышение наблюдаемости и управляемости систем и компонентов генерации, передачи, распределения и использования электрической и тепловой энергии; новые инструменты повышения эффективности систем индустриальной электро- и тепловой генерации в процессе создания, эксплуатации, модернизации и реконструкции; управление потерями для повышения энергетической эффективности компонентов систем тепловой энергетики; современные технологии когенерации и тригенерации. Эти и другие научные и высокотехнологичные, в том числе комбинированные, решения должны найти полноценное применение при создании или глубокой модернизации индустриальных теплоэнергетических объектов РК.

Комбинированные тепловые станции характеризуются тем, что максимальная температура пара в энергетическом цикле не превышает 600 °С, хотя температура при сгорании измельченного угля составляет около 1300 °С. То есть, имеет место большая термическая необратимость и снижение доступности полноценного использования энергии из-за теплопередачи от дымовых газов до пара через такую значительную разницу температур.

При наложении высокотемпературной составляющей тепловой электростанции в качестве дополнительной новой энергосберегающей компоненты верхнего уровня на действующей паровой теплоэнергетической установке может быть достигнут еще более высокий тепловой КПД в технологическом процессе преобразования энергии от топлива к электричеству, поскольку комбинированная установка работает использует более высокий диапазон температур, который ранее не использовался вообще.

Комбинированные тепловые станции могут иметь следующие конфигурации: газотурбинно-паротурбинная электростанция (ГТ-СТ); МГД-паровая электростанция; термоионно-паровая электростанция; теплоэлектротрэнтраль (ТЭЦ).

В силу крайне неразвитого рынка собственных энергетических технологий, соответствующих требованиям сегодняшнего дня и среднесрочной перспективы, будем ориентироваться как на успешно зарекомендовавшие себя в промышленной эксплуатации технические и научные достижения технологически развитых стран с потенциальной возможностью адаптированного трансферта, так и на перспективные научные исследования и разработки, могущие стать потенциальными объектами среднесрочной модернизации и создания новых промышленных технологий.

Приведем для примера успешной модернизации тепловых энергетических объектов комбинированные научно-технологические решения, служащие для повышения энергетической эффективности и создающие увеличение обобщенных оценок технических и экономических преимуществ в области генерации тепловой энергии по технологиям когенерации и тригенерации.

Предлагаемые для рассмотрения потенциального трансферта указанные технологии когенерации и тригенерации позволяют в предварительных оценках достичь следующих показателей: снижение затрат на электроэнергию до 70 % (для рассматриваемого уровня собственной удельной стоимости, составляющей 0,04 USD/кВтч); эффективность преобразования и использования энергии достигает до 93 % на месте выработки электроэнергии с использованием природного газа; чистый срок окупаемости проекта может составлять обычно от 2 до 5 лет; дополнительная экономия от 10 % до 20 % за счет рекуперации тепла из существующих потоков выхлопных газов.

Как один из возможных рассматриваемых вариантов трансферта энергоэффективных технологий когенерации тепловой энергии – это решения, предоставляемые, в частности, компанией Thermal Energy International (TEI), которая обладает более чем 25-летним опытом в полностью интегрированных проектах по рекуперации тепла и которая декларирует в проекте когенерации (CoGeneration) максимальное извлечение тепла и энергии, что не является простой и тривиальной задачей для подавляющего большинства промышленных энергетических установок, как модернизируемых, так и вновь создаваемых. Инженерные ТЕI-технологии демонстрируют уникальные возможности как с учетом всех индивидуальных особенностей потребителя, так и с учетом важности оптимизировать потребностей и требований к проекту. ТЕI оптимизирует работу электрооборудования и тепловую балансировку в качестве первоочередной задачи, что делает решения проекта когенерации CoGeneration более эффективными, экономичными и прибыльными. Это соответствует дальнейшим требованиям энерго- и ресурсосберегающего проекта, в максимальной степени используя энергию с наилучшими возможными показателями рентабельности.



Рисунок 1 – Схема использования энергетических потоков в обычной технологии когенерации



Рисунок 2 – Схема использования энергетических потоков в предлагаемой высокоэффективной технологии когенерации

Коммерческие выгоды на примере когенерации CoGeneration по технологии компании Thermal Energy могут обеспечить до 70 % экономии затрат на электроэнергию при себестоимости собственного топлива менее 0,04 долл./кВтч, а также дополнительно от 10 % до 20 % экономии энергии на природном газе при утилизации тепла до 90 % потерь от существующих выхлопных потоков. Чистая окупаемость проектов когенерации, в частности, по данным компании Thermal Energy обычно составляет менее 5 лет, а для многих коммерческих или промышленных приложений – менее 3 лет.

Решения тригенерации (TriGeneration) не ограничиваются традиционной системой CoGeneration, но также производит электричество, полезное тепло и охлажденную воду. В жаркие периоды года энергия ТЭЦ может использоваться для производства охлажденной воды, что обеспечивает дополнительную экономию энергии.

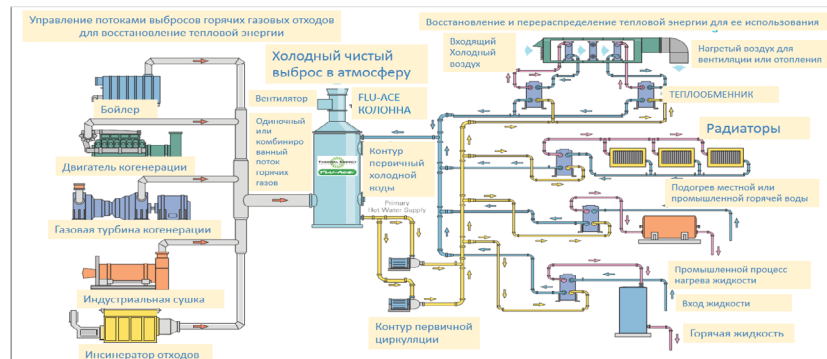


Рисунок 3 – Технологическая схема использования высокоэффективной FLU-ACE-технологии когенерации

Как уже отмечалось ранее, одним из показателей успешности создания новых энергетических технологий для модернизации промышленной тепловой энергетики является длительное успешное применение технологий когенерации и тригенерации в диапазоне мощностей от 400 до 5000 кВт, что обеспечивает их полноценную применимость в различных промышленных производствах.

При трансферте новых энергетических технологий с их дальнейшей адаптацией к реалиям РК необходимо полноценно использовать значительный опыт и высокий уровень профессионализма в оценке энергоэффективности технологических установок и энергетических процессов и разработке инновационных решений по энергосберегающим технологиям, в том числе, связанным с когенерацией и тригенерацией.

Необходимо также учитывать возможности компании-потенциального поставщика трансфертных технологий в научно-исследовательских разработках, предлагаемых проектных, в том числе, поставке индивидуальных решений, которые в наилучшей степени снижают затраты на электроэнергию и ресурсы, повышают эффективность использования энергии и материальных ресурсов и уменьшают воздействие промышленного объекта на окружающую среду.

Технология FLU-ACE® является одним из таких вариантов. Она может восстанавливать до 90 % тепла, обычно теряемого через вытяжную секцию сушилки/вытяжного шкафа, в виде воды при температуре от 50°C до 70°C, в зависимости от влажности потока выхлопных газов. Это возможно при использовании уникальной конструкции насадочной колонны FLU-ACE® с прямым контактом (газ/жидкость), обеспечивающей

оптимальное восстановление как ошутимого, так и скрытого тепла в самых разных условиях эксплуатации.

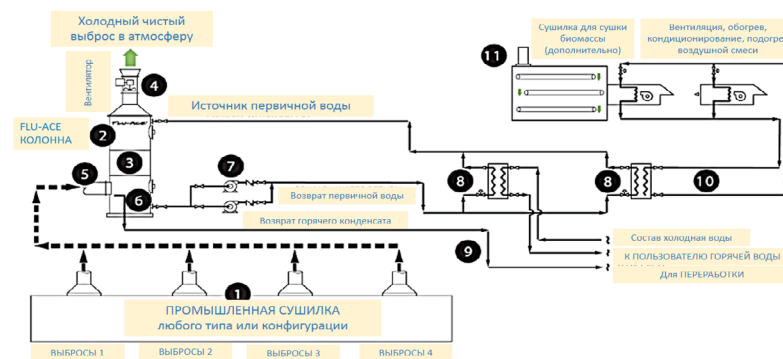


Рисунок 4 – Типовая схема процессов утилизации отходов тепловой энергии с использованием технологий FLU-ACE®

Основные особенности технологий FLU-ACE следующие: традиционные технологии рекуперации тепла требуют отдельного оборудования для каждого выхлопа котла, если не использовать оборудование FLU-ACE®; переменный поток дымовых газов, выбрасываемых из нескольких сушилок или отработавших газов сушилки, может эффективно обрабатываться одним устройством FLU-ACE®. Это означает снижение потребностей в начальных инвестициях, более низкие эксплуатационные расходы и более высокую окупаемость инвестиций. Постоянное положительное влияние FLU-ACE® будет оказывать положительное влияние на чистую прибыль в течение всего длительного периода эксплуатации, которая в большинстве случаев достигает 20 лет и более; уникальная внутренняя структура блока FLU-ACE® обеспечивает максимальную конденсацию тепла и массы. Это также обеспечивает беспрепятственный поток жидкостей и газов через градирню, обеспечивая непрерывную работу с минимальным временем простоя; FLU-ACE® оборудован вентилятором с принудительной тягой на входе или выходе. Вентилятор автоматически поддерживает оптимальную уставку статического давления дымовых газов на входе в колонну, предотвращая вмешательство в процессы на входе; горячая вода вырабатывается, когда дымовые газы котла охлаждаются, а водяные пары конденсируются в FLU-ACE®; горячая вода (до 70°C) накапливается в ресивере, где она обрабатывается (при необходимости) для нейтрализации кислот и удаления взвешенных веществ; FLU-ACE® использует насосы с регулируемой скоростью для поддержания температуры горячей первичной

воды, оставляя приемник на желаемом уровне; регулирующие клапаны регулируют распределение первичной воды в теплообменниках; тепло может передаваться вторичной воде для непосредственного нагрева технологической воды или подпитки котла; тепло может передаваться вторичной гликолевой жидкости (если требуется), или вода FLU-ACE® может использоваться непосредственно в змеевиках для подогрева подпиточного воздуха или подогрева воздуха в котле/сушилке; FLU-ACE® также может использоваться для подачи тепла в низкотемпературную сушилку биомассы DRY-REX™ компании Thermal Energy для превращения исходного сырья биомассы в высокоэффективное биотопливо или для сушки шлама при очистке воды.

ВЫВОДЫ

Следует отметить, что технологии и оборудование FLU-ACE® также может быть эффективно использованы для рекуперации отработанного тепла из выхлопных газов промышленного теплового котла производственного процесса различного технологического назначения. Например, на предприятиях по производству бумаги или картона (бумаго- или картоноделательные машины), в качестве альтернативного источника тепла для технологической сушилки; наиболее экономичная конфигурация должна быть определена для каждого конкретного участка. Это также может составлять в ежегодном сокращении потребления топлива более чем на 15 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Национальный энергетический доклад 2017.
- 2 **Montecucco A., Siviter J., Knox A. R.** A combined heat and power system for solid-fuel stoves using thermoelectric generators. *Energy Procedia* 2015;75:597–602. [Electronic resource]. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.462>
- 3 **Lertsatitthanakorn C., Jamradloedluk J., Rungsiyopas M.** Electricity generation from a solar parabolic concentrator coupled to a thermoelectric module. *Energy Procedia* 2014;52:150–8. [Electronic resource]. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2014.07.065>
- 4 **Özdemir A. E., Köysal Y., Özbas E., Atalay T.** The experimental design of solar heating thermoelectric generator with wind cooling chimney. *Energy Convers Manage* 2015;98:127–33. [Electronic resource]. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2015.03.108>.
- 5 **Chávez-Urbiola E. A., Vorobiev Y., Bulat L. P.** Solar hybrid systems with thermoelectric generators. *Sol Energy* 2012;86:369–78. [Electronic resource]. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2011.10.020>.

6 **Chávez Urbiola E. A., Vorobiev Y.** Investigation of solar hybrid electric/thermal system with radiation concentrator and thermoelectric generator. *Int J Photoenergy* 2013. [Electronic resource]. – <http://dx.doi.org/10.1155/2013/704087>.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Е. В. Зигангирова¹, Ю. В. Кибартене², В. В. Кибартас³, А. П. Кислов⁴, В. Ю. Мельников⁵, Б. А. Мухамедов⁶, А. Д. Умурзакова⁷

Энергия жүйелерін энергия тиімді жаңғырту үшін жаңа энергетикалық компоненттер мен технологияларды қолдану мүмкіндіктері

¹Ақпараттық технологиялар факультеті,
«Қаржы академиясы» АҚ,

Нұр-Сұлтан 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 29.11.19 баспаға түсті.

Ye. V. Zigangirova¹, Yu. V. Kibartene², V. V. Kibartas³, A. P. Kislov⁴, V. Yu. Melnikov⁵, B. A. Mukhamedov⁶, A. D. Umurzakova⁷

Possibilities of application of new energy components and technologies for energy efficient modernization of power systems

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 29.11.19.

Мақалада электр және жылу энергиясын генерациялау жүйелерін энергия тиімді жаңғырту үшін инновациялық энергетикалық компоненттер мен технологияларды қолдану

мүмкіндіктері қарастырылған. Технологиялық дамыған елдерде энергетикалық ресурстарды тиімді пайдалану және энергияны сақтау технологияларын одан әрі жетілдіру негізінде энергия тұтынушының үлестік көрсеткіштерін үйлестіру мәселелеріне ерекше елеулі назар аударылғаны көрсетілді. Қазақстан Республикасы халықаралық келісімдерге қатысушы ретінде энергиямен қамтамасыз етудің тиімділігі, қауіпсіздігі мен тұрақтылығы және қоршаған ортаны сақтау бөлігінде міндеттемелерді орындауға ұмтылады. Қуаттардың кең ауқымында тиімділікті 85–93 % – га дейін арттыру мүмкіндігін тугызатын инновациялық технологиялардың Қазақстан Республикасының энергетикасына трансферттік мүмкіндіктері бойынша зерттеулер нәтижелері келтірілген. Энергия тиімді жаңғырту және жылу энергетикасының интеграцияланған электр энергетикалық жүйелерін құру жобаларын іске асыру үшін инновациялық компоненттердің негізгі технологиялық мүмкіндіктері және когенерация мен тригенерацияның схемалық шешімдері көрсетілген.

The article considers the possibilities of application of innovative energy components and technologies for energy-efficient modernization of electric and thermal energy generation systems. It is shown that in technologically developed countries, extremely serious attention is paid to the harmonization of specific indicators of energy consumption on the basis of effective use of energy resources and further accelerated development of energy conservation technologies. The Republic of Kazakhstan, as a party to international agreements, strives to fulfill its obligations in terms of efficiency, safety and sustainability of energy supply and environmental protection. The results of studies on the possibilities of transfer of innovative technologies to the energy sector of the Republic of Kazakhstan, creating opportunities to increase efficiency up to 85–93 % in a wide range of capacities. The main technological capabilities of innovative components and circuit solutions of cogeneration and trigeneration for the implementation of energy-efficient modernization projects and the creation of integrated electric power systems of thermal energy are shown.

ГРНТИ 44.01.11

Ж. Р. Исаева¹, К. С. Шоланов²

¹докторант, 3 курс, кафедра «АПП», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100004, Республика Казахстан; ²д.т.н., профессор, кафедра «АПП», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100004, Республика Казахстан
e-mail: 'zhozi_maggi@mail.ru

УПРАВЛЯЕМАЯ ПОПЛАВКОВАЯ ВОЛНОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

В статье представлено описание демонстрационной модели подводной поплавковой волновой электростанции (ПВЛЭС). Особенностью ПВЛЭС является применение шестиподвижного параллельного манипулятора для преобразования пространственных движений поплавка в шесть поступательных движений. Кроме того ПВЛЭС имеет управляемый поплавок с аэродинамическим профилем в сечении, в котором масса поплавка автоматически изменяется в зависимости от динамики волн. Все эти особенности в предлагаемом ПВЛЭС повышают эффективность преобразования энергии воды в электрическую энергию. В работе выбрана форма поплавка по результатам компьютерного моделирования гидродинамических характеристик. Для управления изменением массы поплавка проведены экспериментальные исследования и установлена приближенная функция для управления массой поплавка в зависимости от высоты волн и массы поплавка. Применение параллельного манипулятора, выбор формы сечения поплавка, управление массой поплавка направлены на повышение эффективности поплавковых волновых электростанций.

Ключевые слова: поплавок, аккуатор, шестиподвижный манипулятор, акселерометр, системы COMtoCSV.

ВВЕДЕНИЕ

Поверхностные волны больших водных пространств (океанов, морей, больших озер) обладают огромным запасом энергии [1, 2]. Для извлечения и использования этой энергии применяются различные волновые источники энергии [3]. Теория преобразования энергии волн, применяемые технологии и устройства волновых электростанции (ВлЭС) описаны, например, в работах [4–6]. Как показывает анализ этих работ, для извлечения энергии

движущихся водных масс используются такие устройства как: колеблющаяся водяная колонна, колеблющиеся тела, установка с «искусственным атоллom», технология «Пингвин». Среди «колеблющихся тел» или поплавковых устройств известны устройства: Соленая утка, Плот петушок, Утка Сальтера, Преобразователи Пеламиса и др. В этих устройствах в качестве преобразователей энергии применяют конструкции в виде штока и цилиндра. Следует отметить, что эти технологии и технические средства не позволяют получить высокий коэффициент полезного действия т.к. используют энергию только вертикального движения водных масс [7]. Успешному развитию волновой энергетики и её широкому применению препятствуют ряд проблем, существенными из которых являются низкая производительность ВлЭС, высокий уровень удельных капитальных затрат (около 6000 долларов за кВт) и предрасположенность к разрушениям от динамики волн и коррозии [8].

Известно, что в большинстве поплавковых ВлЭС процесс преобразования энергии волн в электрическую энергию происходит в 2 этапа: на первом этапе выполняется извлечение энергии волн и её преобразование в механическую энергию «организованного» движения; на втором этапе энергия механических движений преобразуется в электрическую энергию. В связи с тем что для отбора мощности на 2-м этапе используются известные устройства, в данной работе внимание акцентируется только на технологии и технических средствах применяемых для извлечения и преобразования энергии движения водной массы. В статье, по опыту применения плавающих морских платформ [9–12], предложено применить шестиподвижный манипулятор [13] для преобразования энергии движения поплавок в движение шести актуаторов манипулятора. Так же дано обоснование и предложен новый эллипсоидный поплавок с аэродинамическим профилем в сечении. В дальнейшем рассматривается расположение поплавковой ВлЭС под водой, т.к. это предохранит электростанцию от разрушительных действий волн. ВлЭС устанавливается в прибрежной зоне так, чтобы поплавок располагался на небольшом расстоянии ниже поверхности воды. При этом поплавок имеет запас плавучести, при котором разность между силой Архимеда и силой тяжести уравновешена силами реакции актуаторов манипулятора. Для повышения эффективности функционирования волновой электростанции необходимо, чтобы поплавок имел большой запас плавучести (малую осадку) при малой высоте волн и малый запас плавучести (большую осадку) – при большой высоте волн. Изменение запаса плавучести подводного поплавка в зависимости от динамики волн реализуется системой автоматического регулирования массой поплавка. Такая система позволяет сохранять производительность ВлЭС при непредсказуемых изменениях динамики волн.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Функциональные возможности ВлЭС, использующей технологию более эффективного преобразования энергии волн, когда используется и преобразуется энергия пространственного движения поплавок, подтверждены демонстрационной моделью поплавковой ВлЭС (Рис.1). На рисунке 1 показаны: 1-нижняя платформа манипулятора; 2-шесть актуаторов, представляющих соединения шток – цилиндр; 3-линейные генераторы электрического тока, роторы которых движутся вместе со штоками; 4- поплавок с аэродинамическим профилем; 5-блок амперметров; 6-аквариум для испытания. В начальном подводном положении поплавков уравнивается силами, действующими от манипулятора, силой тяжести и силой Архимеда. Причем сила Архимеда постоянна по величине и превосходит силу тяжести на такую величину, чтобы штоки цилиндров актуаторов находились в крайнем верхнем положении. При накате волны, за счет увеличения массы воды над поплавком, поплавок совершает криволинейное движение, приводя в движении штоки актуаторов 2 манипулятора. При движении штоков, перемещаются роторы линейных генераторов 3, вырабатывающих электрический ток, измеряемый амперметрами 5. С целью проверки декларируемых возможностей ВлЭС, проведены испытания демонстрационного образца волновой электростанции в аквариуме и на естественном водоеме. Испытания подтвердили, что демонстрационный образец вырабатывает электрический ток под действием волны.

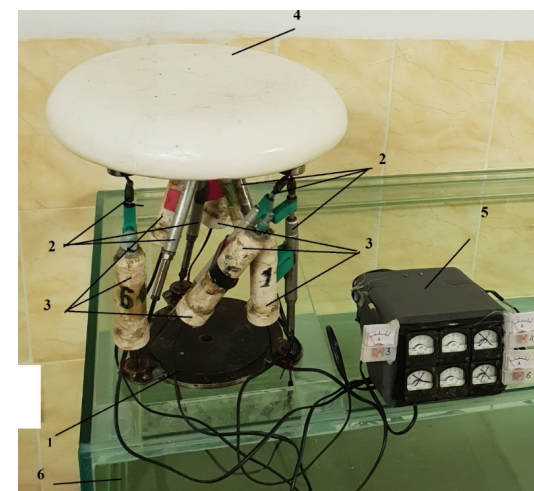


Рисунок 1 – Демонстрационная модель ВлЭС

Конструкция ВлЭС [14] состоит из манипуляторного преобразователя, рабочего органа (РО) и, не рассматриваемых в настоящей статье, дополнительных устройства предназначенных для преобразования механической энергии актуаторов в электрическую энергию, т.е. системы генерирования электрической энергии (отбора мощности). Принято, что РО состоит из поплавка, конструкции (мачты) удерживающей поплавок, и верхней платформы манипулятора. Эффективность преобразования энергии волн в ПВЛЭС во многом зависит от формы поплавка захватывающей энергию движения водной массы. Для выбора наиболее эффективной конфигурации поплавок проведено компьютерное моделирование обтекания потоком жидкости различных по форме поплавков с помощью программы Solidworks. Исследованы модели поплавков одинакового объема, но различных по форме: цилиндр (Рис.2,а), шар (Рис.2,б), эллипсоид с аэродинамическим профилем сечения (Рис.2,с).

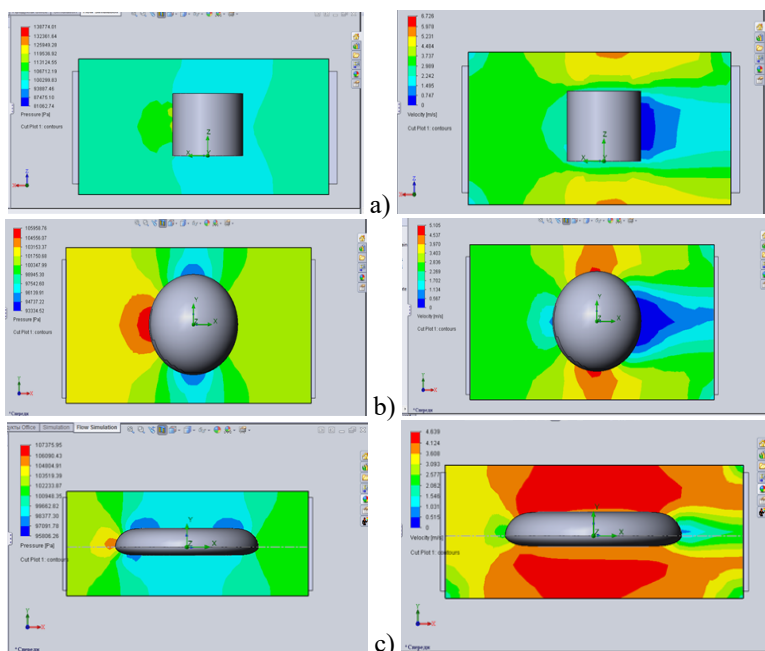


Рисунок 2 – Моделирование обтекания потоком жидкости поплавков различной формы

В результате моделирования для каждой из моделей определен характер распределения поля давлений (левый рисунок для каждой фигуры), и скоростей.

Сравнительный анализ результатов моделирования показал, для формы поплавок с аэродинамическим профилем в сечении характерно отсутствие кавитации (пустоты за моделью), также наблюдается наличие подъемной силы из-за особенности профиля. В связи с этим, по результатам моделирования выбран поплавок формы, подобной эллипсоиду вращения, с аэродинамическим профилем в сечении.

В предлагаемой ПВЛЭС для повышения эффективности преобразования энергии волн в энергию поступательных движений актуаторов применяется система изменения плавучести поплавок в зависимости от динамики волн, путем регулирования его массой. Конструкция поплавок с переменной массой представлена на Рис.3. Поплавок имеет двухполостную конструкцию, состоящую из жесткой оболочки 1, гибкой диафрагмой 2. Диафрагма разделяет наполненную газом верхнюю полость 3, от полости 4 заполненную водой. В резервуар с жидкостью встроен выхлопной электромагнитный клапан 5, и штуцер 6, по которой от насоса нагнетается вода. В полости 3, занятую газом, установлен датчик давления 7.

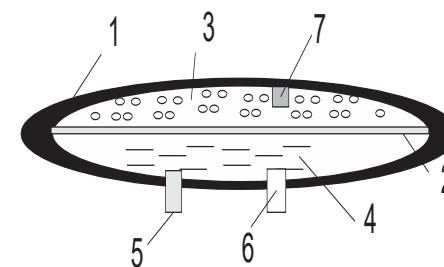


Рисунок 3 – Двух полостной поплавок

В первоначальном положении вся полость поплавок наполнена газом. В этом состоянии поплавок имеет максимальный запас плавучести и занимает наиболее удаленное от дна положение, под действием разности между силой Архимеда и силой тяжести, а также под действием сил реакции актуаторов. Максимальный запас плавучести определяется расчетным путем исходя из того, чтобы при малой высоте волн штоки актуаторов перемещались на рабочий ход соответствующий выработке системой генерации электрической энергии номинальной мощности. Однако этот запас плавучести при высоких волнах может привести к чрезмерным нагрузкам на актуаторы. В этой связи следует уменьшить запас плавучести поплавок. Уменьшение запаса плавучести подводного поплавок равноценно увеличению осадки поплавок, расположенного на поверхности. Увеличение осадки достигается путем увеличения массы поплавок.

С целью установить влияние массы на осадку поплавок с учетом высоты волны и массы поплавок, проведены экспериментальные исследования. Эксперимент проводился в искусственном водном бассейне (аквариуме) размером 1200x60x60 мм. Для создания волны использовался ручной волнопродуктор. Объектом исследования выбран поплавок с аэродинамическим профилем диаметром $D=300$ мм и площадью поверхности $S=0.165$ м², а также шар с таким же объемом (эквивалентный шар). На верхней поверхности поплавок установлена измерительная система состоящая из трех 3-х осевых акселерометров модели MMA7361, микроконтроллера ATmega328, передатчика беспроводного модуля NRFZ4L01+2.4GHz. Акселерометры установлены в вершинах правильного треугольника так, чтобы центр треугольника располагался на оси симметрии поплавок. Такой же акселерометр установлен в самой верхней точке шара. Как известно, акселерометр позволяют определить перемещение точки крепления по изменению ускорения. Перемещение автоматически вычисляется по заданному ускорению и времени измерения. Расположение акселерометров позволяет определить перемещение центра треугольника в вертикальном направлении. Это перемещение равно перемещению центра масс поплавок в вертикальном направлении s_B и определяется из зависимости

$$s_B = \frac{s_{A1} + s_{A2} + s_{A3}}{3}, \quad (1)$$

где s_{A1}, s_{A2}, s_{A3} – перемещения полученные по показаниям трех акселерометров поплавок.

Акселерометр, установленный на шаре определяет перемещение шара в вертикальном направлении. В эксперименте шар используется в качестве волномера. Измерительная система подключается через COM порт к компьютеру с программным обеспечением COMtoCSV. Программное обеспечение предназначено для приема 8 байтовых данных на скорости 115200 бит/с, преобразования принятых данных в 4-значные данные типа UShort, масштабирования этих значений и записи конечных данных в текстовый файл с разделителем формата точка-запятая. Текстовый файл, открывается с помощью программного обеспечения Microsoft Excel, который позволяет обрабатывать данные и построить графики. Цель эксперимента, получить зависимость осадки от массы поплавок. Имея такую зависимость возможно автоматически управлять плавучестью поплавок в зависимости от высоты волн. В исходном положении поплавок имеет некоторое значение осадки Δs_{B0} , соответствующее разности сил тяжести совместно с силами действующим от манипулятора и силой Архимеда. Эксперимент проводился с эллипсоидным поплавком в надводном положении. На 1-м

этапе эксперимента показания снимались с приборов поплавок и шара расположенных на «спокойной» воде (при отсутствии волн). Масса поплавок с приборами составляла $m_0 = 0,72$ кг. Показания приборов обнулялись.

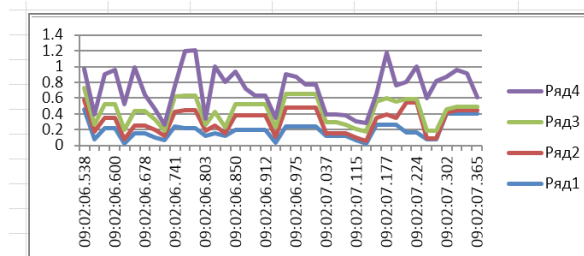


Рисунок 4 – Данные эксперимента

На 2-м этапе вручную создавались волны и считывались показания приборов с помощью системы COMtoCSV. На рис.4 показаны данные одного измерения. Здесь по оси абсцисса показано время в мс, а по оси ординат перемещения по показаниям датчиков в см. При этом кривые 1-3 показывают перемещения по данным акселерометров поплавок; кривая 4 – по показаниям акселерометра шара. Чтобы из потока данных выбрать определенные данные, характерные для конкретного измерения, использовался параметр «inMAX» указывающий на максимальный диапазон принятых данных по каналу и параметр «outMAX», выбирающий максимальное значение. В результате обработки данных при каждом i -измерении определены: перемещения ц.м. поплавок s_{Bi} , с применением вычисления по зависимости (1); высота волны H_i по показаниям акселерометра шара; осадка поплавок $\Delta s_{Bi} = H_i - s_{Bi}$. Измерения повторялись 30 раз с тем, чтобы исключить грубые ошибки. Затем определяется среднее значение осадки поплавок при поплавке без дополнительной массы

$$\Delta s_{Bo} = \frac{\sum_{i=1}^N s_{Bi}}{N}, \quad (2)$$

$N=30$ – число измерений.

Определяется среднее значение высоты волн

$$H_0 = \frac{\sum H_i}{N} \quad (3)$$

В дальнейшем экспериментальные исследования по этапам 1 и 2 повторялись при дополнительных массах $\Delta m_{B1} = 0.25 \text{ kg}$, $\Delta m_{B2} = 2 \cdot \Delta m_{B1}$, $\Delta m_{B3} = 3 \cdot \Delta m_{B1}$, $\Delta m_{B4} = 4 \cdot \Delta m_{B1}$, $\Delta m_{B5} = 5 \cdot \Delta m_{B1}$, прикрепленных к поплавку. По результатам каждого из опытов по зависимостям (2, 3) определялись величины осадки поплавков и высота волны, при дополнительных массах.

Таблица 1– Сводные данные экспериментов

Масса, кг	$m_0 = 0.72$	$m_1 = m_0 + \Delta m_{B1}$	$m_2 = m_0 + \Delta m_{B2}$	$m_3 = m_0 + \Delta m_{B3}$	$m_4 = m_0 + \Delta m_{B4}$	$m_5 = m_0 + \Delta m_{B5}$
Вел., см						
Δs_{Bk}	0,22	0,34	0,51	0,59	0,67	0,75
H_k	3,45	3,51	3,46	3,6	3,48	3,59

Для того, чтобы использовать безразмерные величины введены относительные величины для осадки поплавка в виде

$$\Delta \bar{s}_{Bk} = \frac{\Delta s_{Bk}}{H_k} \quad (k = 0, \dots, 5). \tag{4}$$

А также относительное приращение массы, определяемое как

$$\Delta \bar{m}_{Bk} = \frac{\Delta m_{Bk}}{m_0}. \tag{5}$$

По данным табл.1 и вычислений по зависимостям (4, 5) построен график зависимости между относительными приращениями массы осадки, представленный на рис.5.

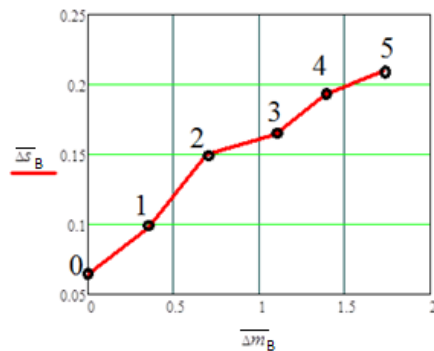


Рисунок 5 – Зависимость между относительными величинами

Кривая (Рис.5), построена по 6 точкам и может быть аппроксимирована известными способами в виде функции

$$\Delta \bar{m}_B = F(\Delta \bar{s}_B). \tag{6}$$

Эта функция позволяет определить требуемое приращение массы поплавка. Действительно если известно по показаниям волномера высота волны на поверхности, согласно трехволновой теории волн [15] перемещение водных частиц происходит по круговой орбите, параметры которой определяются параметрами волны. Кроме того известно, что радиус орбиты на нижней границе поверхности воды равен $r_0 = H/2$, где H – высота волны. С изменением расстояния (h) от поверхности вниз, радиус орбиты движения водных частиц (r) уменьшается по экспоненциальному закону.

$$r = r_0 e^{-2\pi h/\lambda}. \tag{7}$$

Здесь λ – длина волны.

Высота волны в месте расположения поплавка ПВЛЭС будет равна $H_B = 2r$. Максимальное перемещение поплавка в вертикальном направлении должно быть равно допустимому ходу h_s штока актуатора манипуляторного преобразователя. Это условие выполняется путем изменения величины осадки Δs_{Bk} равной

$$\Delta s_B = H_B - h_s. \tag{8}$$

Требуемое изменение осадки обеспечивается изменением массы поплавка, определяемой выражением (7).

ВЫВОДЫ

В статье дано обоснование и предложена конструкция новой подводной поплавковой волновой электростанции с шестиподвижным манипуляторным преобразователем. С помощью демонстрационного образца показано, что новая волновая электростанция вырабатывает электрический ток под действием движения водной массы. Путем компьютерного моделирования выбрана форма поплавка с аэродинамическим профилем в сечении. Также предложена двухполостная конструкция поплавка, позволяющая изменять массу поплавка. Показано, что экспериментальные исследования по заданной методике позволяют получить выражение для управляющего воздействия направленного на автоматическое изменение массы поплавка в зависимости от высоты волны и массы поплавка. Особенности конструкции и возможность управления массой поплавка обеспечивают эффективное преобразование энергии водной массы и как следствие – повышение производительности новой поплавковой волновой электростанции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Wong, K. V.** Recommendations for Water-Energy Nexus Problems, ASME J. Energy Resour. Technol., 2014, 136(3).
- 2 **Barstow, S., Mørk, G., Mollison, D., Cruz, J.** The wave energy resource. In: Ocean wave energy, Cruz, J. (Ed.), – p. 93–132, Springer, Berlin, 2008.
- 3 **Muetze, A., Vining, J. G.** Ocean Wave Energy Conversion – A Survey. Conference Record of the 2006 IEEE Industry Applications Conference Forty-First IAS Annual Meeting. Tampa, FL, USA, 2016.
- 4 **Cruz, J.** 2008. Oceanwavesenergy. Berlin, Germany, Springer.
- 5 Aurélien Babarit. 2018. OceanWaveEnergyConversion. Resource, Technologies and Performance, ISTE Press – Elsevier.
- 6 Falcão A. F. O. Modelling of Wave Energy Conversion, 2014, – p. 1–38,
- 7 Falcão A. F. de O. Wave energy utilization: A review of the technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 14, no. 3. 2010, – p. 899–918.
- 8 **M. J. Muliawan, Z. Gao, T. Moan, and A. Babarit,** «Analysis of a Two-Body Floating Wave Energy Converter With Particular Focus on the Effects of Power Take-Off and Mooring Systems on Energy Capture Analysis of a Two-Body Floating Wave Energy Converter With Particular Focus on the Effects of Power Take-Off,» 2013.
- 9 **C. B. Pham, S. H. Yeo, G. Yang, M. S. Kurbanhusen, I-M. Chen,** Force-closure workspace analysis of cable-driven parallel mechanisms, Mech. Mach. Theory 41 (2006) 53–69.
- 10 **M. Gouttefarde, C. M. Gosselin,** Analysis of the wrench-closure workspace of planar parallel cable-driven mechanisms, IEEE Trans. Robot. 22 (2006) 434–445.
- 11 **X. Diao, O. Ma,** Force-closure analysis of general 6-DOF cable manipulators, in: IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2007, – p. 3931–3936.
- 12 **S. Behzadipour, A. Khajepour,** Stiffness of cable-based parallel manipulators with application to stability analysis, J. Mech. Des. 128 (2006) 303–310.
- 13 **Sholanov, K.** Platform robot manipulator. WO/2015/016692. 05.02.2015.
- 14 **Sholanov, K. S.** Wave electric power station on the basis of a parallel manipulator. WO/2017/003273, 05.01.2017.
- 15 **Bezrukov, Yu. F.** Oceanology. Part II. Dynamic phenomena and processes in the ocean. Simferopol, 2006, – p. 5–40.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

*Ж. Р. Исаева¹, К. С. Шоланов²***Қалқымалы толқын электр станциясын басқару**

^{1,2}Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100004, Қазақстан Республикасы.
Материал 29.11.19 баспаға түсті.

*Zh. R. Issayeva¹, K. S. Sholanov²***Controlled float wave power station**

^{1,2}Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100004, Republic of Kazakhstan.
Material received on 29.11.19.

Мақалада су асты жүзетін толқындық электр станциясының (СТЭС) демонстрациялық моделі сипатталған. СТЭС ерекшелігі – алты қозғалмалы параллель манипуляторды қалқымалы кеңістікті қозғалыстарды алты трансляциялық қозғалыстарға түрлендіру үшін қолдану. Сонымен қатар, СТЭС-те көлденең қимада аэродинамикалық профилі бар басқарылатын жүзгіш бар, онда толқындардың динамикасына байланысты автоматты түрде өзгереді. Ұсынылған СТЭС-тегі осы ерекшеліктердің барлығы су энергиясын электр энергиясына түрлендірудің тиімділігін арттырады. Жұмыс барысында гидродинамикалық сипаттамаларды компьютерлік модельдеу нәтижелері бойынша қалқымалы пішін таңдалды. Қалқымалы массаның өзгеруін бақылау үшін эксперименттік зерттеулер жүргізіліп, қалқыманың массасын толқынның биіктігі мен массасына байланысты бақылау функциясы құрылды. Параллель манипуляторды қолдану, қалқымалы көлденең қиманың пішінін таңдау, қалқымалы массаны басқару қалқымалы толқындық электр станцияларының тиімділігін арттыруға бағытталған.

The article describes the demonstration model of an underwater float wave power plant (VLES). A feature of VLES is the use of a six-moving parallel manipulator for converting the spatial movements of the float into six translational movements. In addition, the VLES has a controllable float with an aerodynamic profile in cross section in which the mass of the float automatically changes depending on the dynamics of the waves. All these features in the proposed VLES increase the efficiency of the conversion of water energy into electrical energy. In the work, the shape of the float was

selected according to the results of computer simulation of hydrodynamic characteristics. To control the change in the mass of the float, experimental studies were carried out and an approximate function was established for controlling the mass of the float depending on the wave height and mass of the float. The use of a parallel manipulator, the choice of the shape of the cross section of the float, mass control of the float are aimed at increasing the efficiency of the float wave power plants.

ГРНТИ 44.01.85

Н. А. Исупова¹, С. Қ. Қамариден²

¹доктор PhD, ассоц. профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ¹natahaisu@mail.ru; ²skamariden@inbox.ru

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В статье представлена автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии. Она состоит из технических средств и программного обеспечения, описание которых представлены в статье. Также в статье показан принцип действия автоматизированной системы и ее функции. К достоинствам системы относятся: точный и быстрый учет электроэнергии, контроль и диагностика технического состояния элементов автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии, высокая надежность, невысокая стоимость и простота в эксплуатации. Кроме того система имеет защиту от несанкционированных подключений к источнику электроэнергии. Таким образом, внедрение разработанной автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии позволит снизить издержки на энергоресурсы на 10–25 %.

Ключевые слова: учет электроэнергии, автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии, АСКУЭ.

ВВЕДЕНИЕ

Постоянное удорожание энергоресурсов, а также значительное увеличение их потребления в последние годы заставляет всерьез задуматься о более жестком контроле по их использованию, что требует внедрения эффективных средств учета электроэнергии, а также разработки энергосберегающей политики и мероприятий по энергосбережению. Здесь следует учесть факт хищения электроэнергии в жилом секторе, что ведет к большим потерям электроэнергии. В вопросе повышения эффективности учета электроэнергии может помочь автоматизация данной системы, что позволит значительно повысить точность и скорость контроля потребления

энергоресурсов [1]. В данной статье предложена новая автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В состав любой автоматизированной системы входят технические средства и программное обеспечение. Разрабатываемая автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) так же состоит из технических средств и программного обеспечения.

К техническим средствам разрабатываемой АСКУЭ относятся измерительные трансформаторы тока и напряжения (ТТ и ТН), счетчики электрической энергии, устройства сбора и передачи данных (УСПД), средства телекоммуникации, вычислительные средства. Программное обеспечение (ПО) разрабатываемой АСКУЭ состоит из программы функционирования и конфигурирования УСПД.

Первичной задачей АСКУЭ является измерение, сбор, обработка, накопление, отображение и документирование информации о полученной, переданной, распределенной и отпущенной электроэнергии. Работа системы начинается со сбора данных с электросчетчиков, подключенных к точкам коммерческого учета на объектах энергосистемы через измерительные трансформаторы. Для сбора данных со счетчиков используются УСПД. УСПД передают данные по каналам связи в центр сбора и обработки информации.

Аппаратура центра сбора информации (иногда называемая телекоммуникационным сервером) выполняет прием, проверку достоверности и первичную подготовку данных. На центр сбора также возлагается задача повторного запроса не пришедших данных по основному или резервному каналу связи. Готовые данные поступают в базу данных, выполняющую задачу ведения архивов измеренных величин энергии, мощности и показателей качества электрической энергии. При организации базы данных предусматривают процедуры санкционированной коррекции данных в ручном режиме.

Следующей основной задачей АСКУЭ является обработка накопленных данных и формирование отчетов. Эта задача решается на АРМ пользователей системы, взаимодействующих с центральным сервером базы данных через локальную сеть предприятия. Программы обработки данных предоставляют возможности вывода данных для анализа в табличном и графическом представлении, в различных временных разрезах.

Важной задачей системы является контроль и диагностика технического состояния элементов АСКУЭ. Контроль и фиксации подлежат сбои связи, сбои работы с базой данных и т.п. О каждом из событий АСКУЭ уведомляет администратор системы, сохраняет событие для последующего анализа. Конкретная же конфигурация АСКУЭ зависит от требований заказчика.



Рисунок 1 – Структурная схема АСКУЭ

К техническим средствам АСКУЭ относятся: счетчики, интерфейсы, УСПД, компьютеры и т.д. Опишем некоторые из них. Для современной цифровой системы нужны точные микропроцессорные счетчики. Счетчики отличаются по классу точности: 0,2S, 0,5S, 1,0. По своим функциональным возможностям почти все цифровые счетчики могут учитывать по тарифам активную и реактивную энергию и мощность в двух направлениях, фиксировать максимальную мощность нагрузки на заданном интервале времени, хранить измеренные данные в своей памяти до года, измерять и некоторые параметры качества электроэнергии (напряжение, ток, частоту, углы сдвига фаз, провалы напряжения и т.д.). Информацию полученную со счетчиков необходимо отправить на компьютер. Если несколько счетчиков установлены в одном месте, их подключают к одному кабелю, используя мультиплексор или интерфейс RS-485. Если счетчики стоят на далекой подстанции, то используют модем. Счетчики на подстанции подключаются к мультиплексору, а тот к модему и ближайшему телефону. Компьютер главного энергетика также подключается к модему. К счетчикам можно подключить не только телефонные, но и радиомодемы, или модемы, или даже сотовый телефон.

В качестве УСПД выступает компьютер, но в специальном промышленном исполнении для системы учета. Он предназначен не только для сбора данных со счетчиков, но и для самостоятельной их обработки и передачи на верхний уровень. УСПД позволяет системе объединить решение задач как коммерческого, так и технического учета. К УСПД помимо цифровых счетчиков можно подключить и индукционные счетчики с импульсными выходами, что дает возможность удешевить систему и не менять сразу все счетчики. УСПД может передавать данные со значительно меньшей скоростью, а это снижает требования к каналам передачи данных. УСПД также упрощает задачу объединения системы АСКУЭ с системой управления предприятием, за счет применения различных протоколов связи. Во многих случаях применение УСПД позволяет повысить гибкость системы. Для системы учета электроэнергии нужен обычный компьютер с принтером,

который будет в удобное время, например, ночью сам собирать все данные со счетчиков, сам их обрабатывать и по запросу печатать отчеты. Весь этот комплекс носит название АРМ – автоматизированное рабочее место [5].

Разработанная система АСКУЭ имеет защиту от хищения электроэнергии из-за которых компании имеют многомиллионные убытки и увеличивается износ сетей. Кроме того незаконные подключения являются причинами пожаров и несчастных случаев.

Технические особенности АСКУЭ позволяют свести до минимума факты хищений электроэнергии за счет следующих защитных мероприятий:

- вынос приборов учета из дома абонентов на границу балансовой принадлежности;
- использование датчика дифференциального тока;
- сведение балансов, в том числе пофазных;
- отключение/ограничение по мощности неплательщиков (с отключением надо быть осторожнее, так как проблема заключается не в отключении, а в последующем включении питания);
- наличие электронной пломбы (информация о попытке вскрытия счетчика сразу уходит «наверх»).

Так же, для предотвращения несанкционированных подключений к источнику электроэнергии недобросовестных потребителей предложено заменить так называемый «голый» провод линий электропередачи на самонесущий изолированный провод (СИП) [2].

Предлагаемая АСКУЭ имеет доступную стоимость оборудования и его монтажа. Так как используется минимум функциональных блоков и минимальная длина проводов, что достигается путем использования параллельного принципа подключения счетчиков импульсов-регистраторов к общей линии.

Система надежна в работе. Для организации связи по сети 0,4 кВ в качестве базовой используется самая современная технология, имеющая сегодня лучшие свойства по помехозащищенности и дальности связи. Вся информация о потреблении ресурсов до ее ввода в ПК хранится в энергонезависимой памяти счетчиков импульсов-регистраторов. В случае отключения питания сети, регистрация данных продолжается. Отсутствие промежуточных блоков накопления информации между счетчиком импульсов-регистратором и компьютером позволяет минимизировать вероятность порчи данных и возникновения сбоев в работе системы. АСКУЭ снижает потери электроэнергии на 30 %.

Людям, настраивающим и обслуживающим систему совсем не обязательно специально проходить длительное обучение, иметь соответствующее образование и т.д. Интерфейс программной части, как и всей структуры системы, интуитивно понятен и прост. Многообразие функций отвечает всем

современным требованиям к подобным системам. Имеется возможность наращивания функций без изменения общей структуры системы.

Система построена на основе открытых протоколов передачи данных, однако данные защищены от несанкционированного считывания. Система имеет собственный ОРС-сервер. Потребитель информации при работе с данными может пользоваться как программным обеспечением, поставленным вместе с системой, так и собственным программным обеспечением. Программное обеспечение совместимо с расчетными программами [3, 4].

ВЫВОДЫ

Тарифная политика в электроэнергетике, современные средства контроля и учета электроэнергии дают возможность предприятиям уже сегодня разрабатывать и реализовывать программы энергосбережения. Внедрение предлагаемой АСКУЭ позволяет осуществлять малозатратные (окупаемость вложений менее года) и средnezатратные (окупаемость вложений до трех лет) энергосберегающие мероприятия, снижающие издержки на энергоресурсы на 10–25 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Кошекoв Кайрат**. Практические аспекты внедрения теории идентификационных измерений / Кошекoв Кайрат, Юрий Кликушин, Алексей Савостин // Palmarium Academic Publishing. – М., 2014. – 148 с.
- 2 **Хорольский, В. Я.** Управление электрохозяйством / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов. // Форум, Инфра. – М., 2015. – 256 с
- 3 Энергоэффективный мегаполис – Smart City «Новая Москва». // Энергия, 2015. – 148 с.
- 4 **Александр Шашкин**. Определение местоположения источника радиосигнала / Александр Шашкин. // LAP Lambert Academic Publishing. – М., 2014. – 238 с.
- 5 <http://www.estc.dias.ru/askue/>. [Электронный ресурс].

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Н. А. Исупова¹, С. Қ. Қамариден²**Электр энергиясын есепке алудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу**^{1,2}Энергетикалық факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 29.11.19 баспаға түсті.N. A. Isupova¹, S. K. Kamariden²**Development of an automated energy metering system**^{1,2}Faculty of Energy Engineering,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 29.11.19.

Мақалада электр энергиясын коммерциялық есепке алудың автоматтандырылған жүйесі ұсынылған. Ол мақалада сипатталған техникалық құралдар мен бағдарламалық қамтамасыз етуден тұрады. Сонымен қатар, мақалада автоматтандырылған жүйенің әрекет ету принципі және оның функциялары көрсетілген. Жүйенің артықшылықтарына мыналар жатады: электр энергиясын дәл және жылдам есепке алу, электр энергиясын коммерциялық есепке алудың автоматтандырылған жүйесі элементтерінің техникалық жай-күйін бақылау және диагностикалау, жоғары сенімділік, төмен құны және пайдаланудың қарапайымдылығы. Сонымен қатар, жүйе электр энергиясының көзіне рұқсатсыз қосылудан қорғалады. Осылайша, электр энергиясын коммерциялық есепке алудың әзірленген автоматтандырылған жүйесін енгізу энергия ресурстарына шығындарды 10–25 %-ға төмендетуге мүмкіндік береді.

The article presents an automated system of commercial electricity accounting. It consists of hardware and software, which are described in the article. The article also shows the principle of operation of the automated system and its functions. The advantages of the system include: accurate and fast electricity metering, monitoring and diagnostics of the technical condition of the elements of the automated system of commercial electricity metering, high reliability, low cost and ease of operation. In addition, the system is protected from unauthorized connections to the power source. Thus, the implementation of the developed automated system of commercial electricity metering will reduce energy costs by 10–25 %.

ГРНТИ 662. 613.

**Ж. Камбаров¹, А. Г. Миков², А. С. Серьянова³,
Б. М. Бекмагамбетова⁴**¹к.т.н., профессор, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз, 141208, Республика Казахстан;²к.т.н., профессор, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз, 141208, Республика Казахстан;³магистр, ст. преподаватель, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз, 141208, Республика Казахстан;⁴магистр, ст. преподаватель, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз, 141208, Республика Казахстан;

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ УСТАНОВОК ПО ВЫДЕЛЕНИЮ МИКРОСФЕРЫ ИЗ ВОДНО-ЗОЛЬНОГО ПОТОКА ТЭС

В настоящей статье авторы анализируют экономическую эффективность получения микросферы из водно-зольного потока ТЭС на стационарных установках.

Ключевые слова: микросфера, стационарная установка, экономическая эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Первая в Казахстане опытная стационарная установка по выделению микросферы из водно-зольного потока ТЭС построена в период с 2013 по 2015 годы в Астане в районе ТЭЦ-2 по патенту Микова А. Г. [1]. Заказчиком строительства является ТОО «ЕКО Sphere KZ» (Казахстан, г. Караганда), плательщиком является АО «Еко Export» (Польша), проектировало установку ТОО «PCY – 1» (Казахстан, г. Экибастуз).

Настоящая статья посвящена анализу экономической эффективности стационарных установок по выделению микросферы из водно-зольного потока ТЭС. Актуальность статьи заключается в том, что аналогичные установки необходимо строить на всех крупных золоохранилищах ТЭЦ и ГРЭС. При этом, приходится привлекать зарубежные инвестиции, обоснование которых приводится ниже.

Для составления исходных данных рассмотрим два варианта: пессимистический и оптимистический.

Пессимистический вариант.

1 Минимальное количество микросферы, добываемое на стационарной установке, составляет 1,5 % от объема сжигаемого угля.

2 ТЭС, на которых стоит устанавливать стационарную установку, должно сжигать не менее 1 000 000 тонн угля.

3 Количество микросферы, которое можно добыть, составляет 15 000 тонн.

4 Для такого объема перерабатываемого водно-зольного потока необходимо две технологические линии.

5 Общая стоимость стационарной установки для минимального объема составляет \$3 млн.

6 Срок строительства до начала эксплуатации составляет 8 месяцев и 4 месяца на отладку техпроцесса. Итого 1 год.

7 Минимальная продажная цена микросферы на рынке России составляет \$350.

8 Ежегодные материальные затраты составляют 40 % от стоимости стационарной установки.

9 Ежегодный фонд заработной платы составляет \$350 000

10 Годовая реализация составляет \$3,5 млн

Оптимистический вариант.

1 Минимальное количество микросферы, добываемое на стационарной установке, составляет 3,5 % от объема сжигаемого угля.

2 ТЭС, на которых стоит устанавливать стационарную установку, должно сжигать не менее 2 000 000 тонн угля.

3 Количество микросферы, которое можно добыть, составляет 70 000 тонн.

4 Для такого объема перерабатываемого водно-зольного потока необходимо пять технологических линий.

5 Общая стоимость стационарной установки для максимального объема составляет \$10 млн.

6 Срок строительства до начала эксплуатации составляет 14 месяцев и 6 месяцев на отладку техпроцесса. Итого 20 месяцев.

7 Минимальная продажная цена микросферы на рынке России составляет \$350.

8 Ежегодные материальные затраты составляют 60 % от стоимости стационарной установки.

9 Ежегодный фонд заработной платы составляет \$1,8 млн

10 Годовая реализация составляет \$24,5 млн

Для определения количественных характеристик проекта применим риск-анализ методом оценки денежных потоков с определением интегральных показателей [2]:

– чистого дисконтированного дохода NPV

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{\text{приток}}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{\text{отток}}{(1+k)^t} \quad (3.1)$$

– внутренней нормы рентабельности IRR, т.е. значение дисконта r при котором

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{\text{приток}}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{\text{отток}}{(1+k)^t} = 0 \quad (3.2)$$

– относительной прибыльности (дисконтированной рентабельности)

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{\text{приток}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{\text{отток}}{(1+r)^t}} \quad (3.3)$$

Кроме того, определим чувствительность и безубыточность проекта.

На основании исходных данных составляются таблицы движения денежных потоков, где все параметры представлены в интегрированном виде [2] для пессимистического и оптимистического прогноза. К сожалению, возможный объем статьи не позволяет приводить эти громоздкие таблицы.

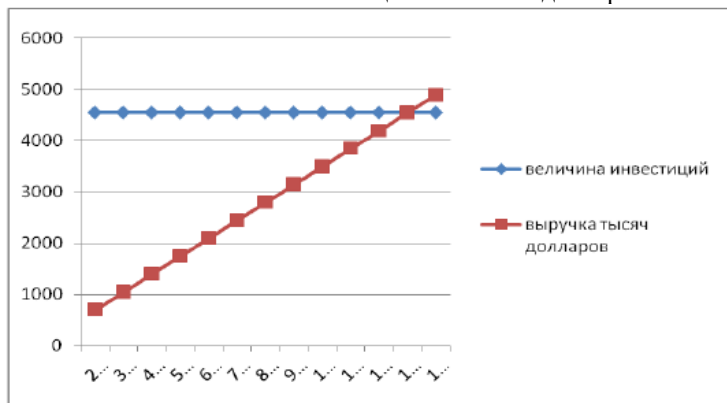
Анализ таблиц показывает, что при пессимистическом варианте развития событий окупаемость проекта составляет 5 лет с момента начала строительства и еще 1 год для проведения проектных работ и получения разрешения на строительство. Итого 6 лет до начала получения прибыли. Это довольно продолжительный срок. Эксплуатация проекта должна составить не менее 7 лет для того, чтобы полученная прибыль была равна вложенным средствам. При этом чистый дисконтированный доход (NPV) будет равен \$1,03 млн. при дисконте равном 0,13. Величина дисконта выбрана как сумма годовой ожидаемой официальной инфляции в 6 % и минимального технического риска в 7 %. При этом внутренняя норма рентабельности проекта составит 23,75 %. Очевидно, что такие показатели не смогут устроить инвестора. В этой ситуации можно предложить осуществить проект за 10 лет, при этом чистый дисконтированный доход (NPV) будет равен \$3,86 млн. при дисконте равном 0,13, при этом внутренняя норма рентабельности проекта составит 30 %.

При оптимистическом варианте срок окупаемости проекта составляет три года с момента начала строительства и еще 1 год для проведения проектных работ и получения разрешения на строительство. Итого 4 года до начала получения прибыли. При этом чистый дисконтированный доход (NPV) будет равен \$25,82 млн. при дисконте равном 0,13, а внутренняя норма рентабельности проекта составит 76,5 % .

Определяем точку безубыточности по методике [3].

Пессимистический вариант.

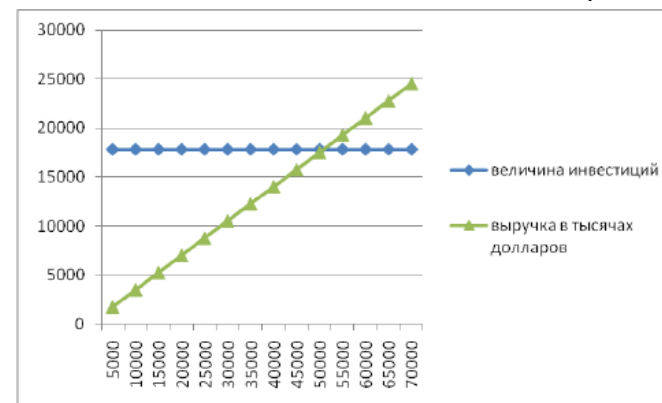
Диаграмма 1 – Количество добываемой микросферы для определения точки безубыточности при пессимистическом прогнозе реализации проекта. По горизонтальной оси указано количество микросферы в тысячах тонн. По вертикальной оси – величина инвестиций в тысячах долларов США



Пересечение прямых линий величины инвестиций и выручки даст точку безубыточности. В нашем случае эта точка соответствует 13000 тонн проданной микросферы.

Оптимистический вариант

Диаграмма 2 – Количество добываемой микросферы для определения точки безубыточности при оптимистическом прогнозе реализации проекта. По горизонтальной оси указано количество микросферы в тысячах тонн. По вертикальной оси – величина инвестиций в тысячах долларов США



Пересечение прямых линий величины инвестиций и выручки даст точку безубыточности. В нашем случае эта точка соответствует 55000 тонн проданной микросферы.

ВЫВОДЫ

Наиболее рациональным следует считать строительство стационарной установки по сбору микросферы мощностью от 20000 до 30000 тонн микросферы с характеристиками, соответствующими продаже по цене 350 долларов за тонну.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Миков, А. Г.** Способ получения микросфер из водной суспензии летучей золы тепловых электростанций и стационарная установка для его осуществления. Инновационный патент № 28201, В03В 5/64, С04В 18/10. Государственный реестр изобретений Республики Казахстан 19.02. 2014
- 2 **Грачева М. В. и др.** Риск анализ инвестиционного проекта. ЮНИТИ, М., 2001
- 3 <http://center-yf.ru/data/economy/Tochka-bezubytochnosti.php> [Электронный ресурс].

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Ж. Камбаров¹, А. Г. Миков², А. С. Серьянова³, Б. М. Бекмагамбетова⁴
ЖЭС су-күл ағынынан микросфераны бөлу бойынша тұрақты қондырғыларды қолданудың техникалық-экономикалық негіздемесі

^{1,2,3,4}Академик Қ. Сәтбаев атындағы

Екібастұз инженерлік-техникалық институты,

Екібастұз қ., 141208, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

J. Kambarov¹, A. G. Mikov², A. S. Seryanova³, B. M. Bekmagambetova⁴
Feasibility study of application fixed installations on the allocation of microspheres from water-ash flow thermal power plant

^{1,2,3,4}K. Satpayev Ekibastuz Engineering Technical Institute,

Ekibastuz, 141208, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Осы мақалада авторлар тұрақты қондырғыларда ЖЭС су-күл ағынынан микросфераны бөлудің экономикалық тиімділігін талдайды.

In this article, the authors analyze the economic efficiency of obtaining a microsphere from the water-ash flow of thermal power plants at stationary installations.

ГРНТИ 73.29.61

К. С. Каспакбаев¹, Р. С. Устемирова², А. П. Карпов³

¹д.т.н., профессор, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан;

²докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан;

³докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан

e-mail: ²raigul_1980@mail.ru; ³sasha_karpov_7@mail.ru

СТАНЦИЯ ДОСТЫҚ В РОЛИ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОПЕРАТОРА МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК

В статье рассмотрены роль станции Достық как логистического оператора международных перевозок. Вопросы развития пограничной станции Достық и усиление железнодорожной линии Актогай – Достық с целью увеличения пропускной и перерабатывающей способности станции Достық.

Ключевые слова: пропускная способность, перерабатывающая способность, пункт перестановки вагонов, железнодорожная колей.

ВВЕДЕНИЕ

«Казахстан должен возродить свою историческую роль и стать крупнейшим деловым и транзитным хабом Центрально – Азиатского региона, своеобразным мостом между Европой и Азией.

В результате реализации этого мега-проекта к 2020 году объём транзитного грузопотока через Казахстан должен возрасти почти в 2 раза с дальнейшим доведением его как минимум до 50 миллионов тонн.» (Н. А. Назарбаев).

В целях реализации поставленных задач первоочередными мерами являются:

Проведение гибкой тарифной политики на перевозки грузов транзитом по территории Республики Казахстан, направленной на привлечение дополнительных объемов транзитных грузов, формирование конкурентоспособных тарифных условий в условиях острой конкуренции с альтернативными маршрутами и видами транспорта и привлечение дополнительных объемов транзитных грузов. Развитие пограничной станции Достық и усиление железнодорожной линии Актогай – Достық с целью увеличения пропускной и перерабатывающей способности станции Достық.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Станция «Достық» находится на стыке государственных границ Казахстана и Китая, является экономически значимым объектом в транзитно-транспортном потенциале Казахстана и связующим звеном при перевозке грузов по трансконтинентальным маршрутам между Европой и Азией.

Основной грузопоток по линии Актогай – Достық определяется объемом перевозок грузов Казахстана в экспортном и импортном сообщении и транзитным грузом республик СНГ, КНР и других стран Юго-Восточной Азии. Большая часть перевозок осуществляется в Китай, около 60 % грузов составляют перевозки металлов, руды и сырой нефти.

Станция Достық является пограничной перегрузочной станцией и выполняет полный комплекс операций по приему и отправлению поездов, следующих через государственную границу, перегрузке из вагона в вагон в связи со сменой ширины колеи, перестановке грузовых и пассажирских вагонов с тележек одной колеи на тележки другой колеи, формированию и расформированию составов, определяемых на сеть и прибывающих с сети дорог Казахстана и других стран.

Путевое развитие станции состоит из трех приемо-отправочных парков и одного парка для таможенного осмотра составов и вагонов.

На станции расположены пункт технического обслуживания вагонов и пункт перестановки вагонов (ППВ) с широкой колеи на узкую колею и обратно и семь перегрузочных мест.

Существующий пункт перестановки вагонов имеет 10 позиций для перестановки колесных пар и 42 позиций для перестановки колесных пар грузовых вагонов.

Несмотря на кризисные трудности в мировой экономике, как показывают объемы железнодорожных перевозок, наблюдается небывалый рост товарооборота между странами Балтии, СНГ, Европы и КНР. Это ведет к увеличению транзита через пограничный железнодорожный переход Достық – Алашанькоу.

АО «НК «Қазақстан темір жолы» придает особое значение развитию станции Достық и транзитных возможностей железнодорожного перехода Достық – Алашанькоу. Каждый терминал предназначен для погрузки и разгрузки различных грузов – тяжелых установок и механизмов, тарно – штучных, сыпучих грузов и контейнеров.

Через станцию осуществляются и контейнерные перевозки, которые составляют 70 процентов от общего объема перевозок.

В Казахстане колея железнодорожного пути советского стандарта, а в Китае, Иране, Турции, то есть в тех странах, которые являются составными звеньями почти всех трансконтинентальных железнодорожных проектов,

«замкнутых» на Казахстан, колея европейская. Именно это, кстати, является одной из сложностей и для развития грузооборота между Китаем и Казахстаном: на пограничной станции Дружба колеса вагонов приходится менять с одной колеи на другую или перегружать товары, а это – потери времени и денег, а иногда товаров. Несколько лет назад была озвучена идея, фактически революционная в отечественном железнодорожном деле, а именно продолжить совершенно новую магистраль европейского стандарта, которая шла бы от станции Достық и была состыкована с китайской железнодорожной системой.

Она должна пройти через весь Казахстан в широтном направлении, с востока на запад, и выйти на Актау, Иран и через него – на Турцию и Европу, где стандарт колеи тоже европейский.

Тогда грузы из Китая, Кореи, Японии можно было бы возить в Европу по этому маршруту (как и в обратном направлении) без перегрузки. Ряд экспертов считает, что огромным плюсом этой идеи по сравнению с путем Россию (Транссиб и БАМ) является большая скорость доставки. Между тем данный проект, не столь однозначен, как может показаться в первом приближении.

Надо сказать, что сама по себе идея узкоколейной железной дороги на Китай из Казахстана не нова – родилась она еще в середине прошлого века, тогда из Советского союза в большом количестве поставлялись техника, вооружение, различные товары. Потом советско – китайские отношения испортились, и данный проект стал неактуален.

Вместе с тем, выгодное географическое расположение Казахстана дает огромное преимущество на рынке транспортных услуг и позволяет увеличить транзитный потенциал республики.

Строительство участка Достық – Актогай с шириной колеи 1435 мм является первым этапом такого огромного проекта, как строительство Трансказахстанской железнодорожной магистрали направлением от станции Достық до границы с Туркменистаном.

Участок Достық – Актогай со стандартной колеей создаст дополнительные возможности для экспорта казахстанских грузов и увеличения транзитного грузопотока из России, стран Центральной Азии в Китай и страны Юго-Восточной Азии и обратно.

Объем грузопотоков через станцию Достық будет полностью зависеть от уровня тарифов и качества услуг, которые железнодорожные перевозчики смогут предложить своим потенциальным клиентам [1].

Одним из вариантов решения данной проблемы заключается в использовании подвижного состава с раздвижными колесными парами, имеющую возможность перемещаться по железнодорожному пути с различной колеей.

Перспективы увеличения транзитного грузопотока в рассматриваемом направлении наземными видами транспорта, протяженность транзитных перевозок по которым гораздо короче, чем по морскому пути могут выглядеть гораздо оптимистичнее и быть реально конкурентно – способными морскому транспорту, если на этих маршрутах отработать четкую логистическую схему перевозочного процесса и возможность осуществления перевозок одним транспортным агентом, что все вместе взятые позволит гарантировать клиенту точное время доставки.

Повышение технической оснащенности международного перехода Достык железнодорожных линии, входящих в состав коридора, позволят уже в настоящее время осуществлять пропуск ускоренных контейнерных поездов по графику пассажирских с достижением в целом, в границах коридора, маршрутной скорости продвижением груза порядка 47–48 км/ч. Эксплуатация грузовых терминалов не требует дополнительных инвестиций и выполняется за счет текущих доходов АО «НК ҚТЖ». Имеются узкие места как на станции Достык, на которой производится значительная перегрузка из – за разницы ширины колеи железных дорог Казахстана и КНР.

Однопутная линия Жетыген – Алтынколь длиной 298 км со смешанным грузовым и пассажирским движением включает 5 станции и 10 разъездов, 36 переэздов, 28 мостов, 2 путепровода и перегрузочный комплекс на станции Алтынколь.

На станцию Алтынколь со стороны Китая заходят пути колеи 1435 мм, чтобы обеспечить перевалку грузов (в первую очередь контейнеров) между вагонами с разной шириной колеи, точно так же на пограничную станцию Китая заходят пути колеи 1520 мм.

Станция Алтынколь активно развивается и расширяется, поскольку рядом с ней строится так называемый сухой порт, где предусмотрена погрузка на железнодорожный подвижной состав разнообразных грузов, включая сыпучие.

Грузопотоки значительно увеличатся с вводом в эксплуатацию Международного центра приграничного сотрудничества «Хоргос».

Создание МЦПС «Хоргос» позволит сделать прорывной шаг в становлении Казахстана как торгового, логистического и делового хаба Центрально – Азиатского региона.

Развитие международного железнодорожного погранперехода Алтынколь – Хоргос, и международного центра приграничного сотрудничества и Свободной – Экономической зоны «Хоргос» Восточные ворота, для формирования единого интегрированного транспортно-логистического сервиса и эффективного освоения грузопотоков в трансконтинентальном направлении.

Масштаб деятельности Компании оказывает значительное влияние на все аспекты социально-экономического развития страны.

Также АО «НК «ҚТЖ» и корпорация «Китайские железные дороги» договорились о рекордном увеличении количества передаваемых поездов по пограничному переходу «Достык – Алашанькоу».

Данная договоренность направлена, в частности, на устранение всех препятствий при пересечении поездами пунктов пропуска, в том числе проходящих транзитом по территории РК из стран Азии в Европу и Центральную Азию.

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день, более 80 % грузов по маршруту Китай-Европа – Китай проходят через пограничные переходы Достык – Алашанькоу и Алтынколь – Хоргос.

Учитывая растущий интерес европейских и азиатских государств к транзиту своих грузов через территорию Казахстана по маршруту Китай – Европа – Китай, реализация транзитного потенциала является одним из приоритетных направлений экономической политики страны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Раздвижная колесная пара для железнодорожного транспортного средства и устройство для смены ее колеи. Патент № 16081 от 25.05.2005 г. Комитет по правам интеллектуальной собственности.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

К. С. Каспақбаев¹, Р. С. Устемирова², А. П. Карпов³

Достық станциясы халықаралық тасымалдардың логистикалық операторы ролінде

^{1,2,3}Қазақ қатынас жолдар университеті,
Алматы қ., 050063, Қазақстан Республикасы.
Материал 29.11.19 баспаға түсті.

K. S. Kaspaqbaev¹, R. S. Ustemirova², A. P. Karpov³

Dostyk station as a logistics operator of international transportation

^{1,2,3}Kazakh University Ways of Communications,
Almaty, 050063, Republic of Kazakhstan.
Material received on 29.11.19.

Мақалада Достық станциясының халықаралық тасымалдаудың логистикалық операторы ретіндегі ролі қарастырылады. Достық шекара бекетін дамыту және Достық станциясының өткізу қабілетін және қайта өңдеу қуатын арттыру мақсатында Ақтоғай – Достық теміржол желісін нығайту мәселелері қарастырылады.

The article considers the role of Dostyk station as a logistics operator of international transport. Issues of developing the Dostyk border station and strengthening the Aktogay – Dostyk railway line in order to increase the throughput and processing capacity of the Dostyk station.

ГРНТИ 50.09.45

Ю. В. Кибартене¹, В. Ю. Мельников², В. В. Кибартас³

¹PhD, асоц. профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., асоц. профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹juvk@yandex.kz; ²s-melnik@yandex.kz; ³vkibartas@yandex.kz

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ФУНКЦИЕЙ САМОДИАГНОСТИКИ

Статья посвящена устройству контроля частоты вращения асинхронных электродвигателей с функцией самодиагностирования. Так как при использовании устройств косвенного контроля координат асинхронного электродвигателя важно иметь достоверный выходной сигнал, то своевременная диагностика их корректной работоспособности обеспечит их ответственное функционирование. Для надежной и корректной работы устройства необходимо своевременно выявить аварийную ситуацию и снизить ее отрицательное влияние на режимы работы технологического оборудования. Определен перечень конкретных неисправностей и параметров устройства контроля, предложено техническое решение самодиагностирования неисправностей устройства, определяющих техническое состояние. Устройство может быть реализовано на типовых элементах аналоговой и цифровой микроэлектроники либо скомпоновано из унифицированных блоков. Разработанное устройство позволяет повысить надежность работы, а также значительно сократить время поиска неисправности при нарушении нормального режима работы

Ключевые слова: устройство измерения частоты вращения асинхронного электродвигателя, датчик тока, датчик напряжения, система самодиагностики.

ВВЕДЕНИЕ

При постановке задачи самодиагностирования необходимо определить перечень конкретных неисправностей и параметров, определяющих техническое состояние устройств, приводящих к несоответствию выходного сигнала устройства контроля частоты вращения асинхронного электродвигателя, который может ложно информировать системы управления о реальном состоянии объекта, а также сформировать некорректные фактически требуемым условиям технологии режимы функционирования. В перечень контролируемых параметров, кроме входных и выходных сигналов, напряжения питания, целесообразно включать промежуточные сигналы. Имеет смысл сравнивать диагностируемые параметры с предельно допустимыми значениями (нулевым и заранее оговоренными максимальными значениями), а также необходимо контролировать темп их изменения.

В случае обнаружения неисправности или несоответствия выходного сигнала заданному, включается сигнализация и возможны следующие варианты развития послеаварийного режима: либо устройство косвенного контроля сохраняет предшествующие значения координат и управляемый асинхронный электродвигатель продолжает работу в принудительном режиме до локализации и устранения неисправности, либо производится перевод системы в режим останова технологического процесса или механизма.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для надежной и корректной работы устройство измерения частоты вращения (УИЧВ) асинхронного электродвигателя (АД) разработана система самодиагностики. УИЧВ АД (рисунок 1), содержит трехфазный датчик тока, включенный входами между выводами обмоток статора АД и выходами силового управляющего устройства, два датчика напряжения и блок вычисления скорости. Входы первого датчика напряжения подключены к первому и второму выходам силового управляющего устройства, входы второго датчика напряжения подключены ко второму и третьему выходам силового управляющего устройства. Первый, второй и третий входы блока вычисления скорости подключены соответственно к первому, второму и третьему выходам трехфазного датчика тока, четвертый вход блока вычисления скорости подключен к выходу первого датчика напряжения, а пятый вход блока вычисления скорости подключен к выходу второго датчика напряжения. УИЧВ АД снабжено блоком диагностики, блоком индикации и запоминающим устройством. Первый, второй и третий входы блока диагностики подключены к первому, второму и третьему входам блока вычисления скорости, четвертый и пятый входы блока диагностики

подключены к четвертому и пятому входам блока вычисления скорости, шестой вход блока диагностики подключен к выходу блока вычисления скорости и соединен с первым входом запоминающего устройства. Выход блока диагностики подключен ко второму входу запоминающего устройства, реализующий функцию $U_{\text{вых}} = f(\omega, Y)$, является выходом УИЧВ АД.

Блок диагностики (рисунок 2) реализует заданный алгоритм и содержит шесть компараторов, семь логических элементов НЕ, блок логической функции ИЛИ, блок логической функции И и логический элемент ИЛИ.

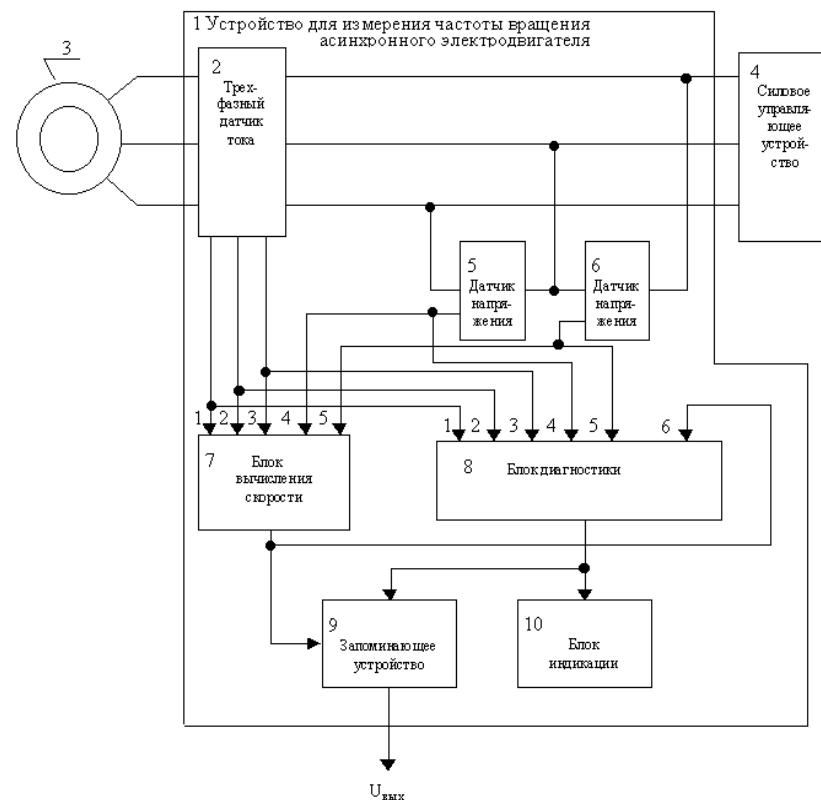


Рисунок 1 – Функциональная схема подключения устройства для измерения частоты вращения асинхронного электродвигателя

Входы первого, второго, третьего, четвертого, пятого и шестого компараторов образуют соответственно первый, второй, третий, четвертый,

пятый и шестой входы блока диагностики, выходы первого, второго, третьего, четвертого, пятого и шестого компаратора подключены соответственно через первый, второй, третий, четвертый, пятый и шестой логические элементы НЕ к первому, второму, третьему, четвертому, пятому и шестому входам блока логической функции И и блока логической функции ИЛИ. Выход блока логической функции ИЛИ подключен через седьмой логический элемент НЕ к первому входу логического элемента ИЛИ, второй вход которого подключен к выводу блока логической функции И. Выход логического элемента ИЛИ, реализующий функцию $Y = f(i_A, i_B, i_C, U_{AB}, U_{BC}, U_{вых})$, является выходом блока диагностики.

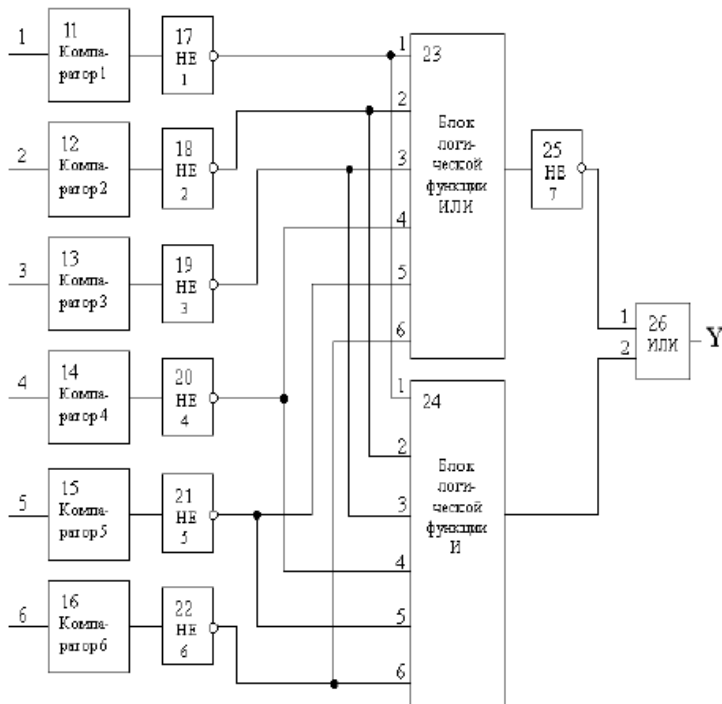


Рисунок 2 – Функциональная схема блока диагностики

Запоминающее устройство (рисунок 3) функционально содержит аналого-цифровой преобразователь (АЦП), параллельный регистр и цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Вход АЦП образует второй вход запоминающего устройства. Выход АЦП подключен ко второму входу параллельного регистра, первый вход которого образует первый вход

запоминающего устройства. Выход параллельного регистра подключен к входу ЦАП, выход которого является выходом запоминающего устройства и реализует функцию $U_{вых} = f(\omega, Y)$.

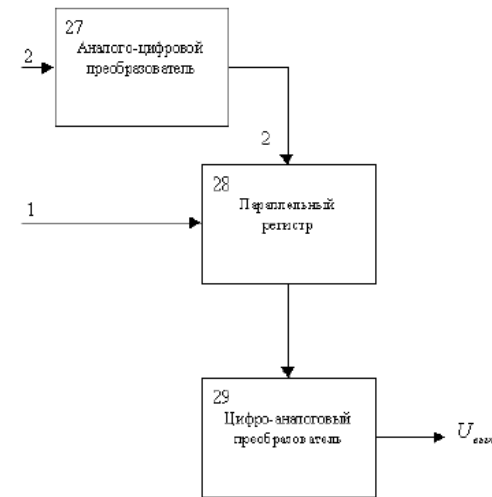


Рисунок 3 – Функциональная схема запоминающего устройства

Устройство работает следующим образом: входными сигналами устройства (рисунок 1) являются токи, протекающие по обмоткам статора АД 3 и линейные напряжения на выходе силового управляющего устройства 4. Для измерения токов, протекающих в силовой цепи, используется трехфазный датчик тока 2. На выходе трехфазного датчика тока имеем сигналы I_a, I_b, I_c , пропорциональные токам в обмотках статора электродвигателя. Для измерения линейных напряжений используются два датчика напряжения. Датчики напряжения включаются в силовую цепь так, что выходной сигнал первого датчика напряжения 5 и выходной сигнал второго датчика напряжения 6 пропорциональны соответствующим линейным напряжениям в силовой цепи.

Частота вращения асинхронного электродвигателя вычисляется в блоке вычисления скорости 7 по выражению

$$U_{ВЫХ} = \frac{-\frac{1}{AL_{\mu}} \frac{di_{\alpha\alpha}}{dt} - \frac{L_r^1}{L_{\mu}} R_s i_{\alpha\alpha} + R_r i_{r\alpha} + \frac{L_r^1}{L_{\mu}} U_{s\alpha}}{-(L_{\mu}^1 i_{s\beta} + L_r^1 i_{r\beta})}$$

$$\text{где: } A = \frac{1}{(L_s L_r - L_m^2)};$$

L_r^1 – полная индуктивность обмотки ротора;

L_m – взаимная индуктивность обмоток статора и ротора;

R_s, R_r^1 – соответственно активные сопротивления обмоток статора и ротора;

U_{as} – напряжение статора по оси α ;

$i_{as}, i_{bs}, i_{ar}, i_{ab}$ – токи статора и приведенные токи ротора по осям α и β .

Диагностирование блоков 2, 5, 6, 7, обеспечивающих измерение частоты вращения асинхронного электродвигателя, осуществляется путем контроля выходных координат и их дальнейшего преобразования блоком диагностики 8. Каждый из входных сигналов блока диагностики 8 (см. рисунок 2) преобразуется соответствующими компараторами в сигнал логических уровней. Принято, что логическая единица – контролируемая переменная в норме, а логический нуль – контролируемая переменная выходит за допустимые пределы. Сигнал логических уровней инвертируются логическими элементами НЕ, затем эти сигналы поступают на вход блока логической функции ИЛИ, с помощью которого определяется отсутствие какого-либо сигнала с контролируемых блоков, и на вход блока логической функции И, с помощью которого определяется рабочее состояние устройства (включено или отключено). Сигнал с блока логической функции ИЛИ инвертируется логическим элементом НЕ и поступает на первый вход логического элемента ИЛИ, а сигнал с блока логической функции И поступает на второй вход логического элемента ИЛИ, выходной сигнал которого показывает в каком состоянии находится устройство измерения частоты вращения асинхронного электродвигателя: в аварийном (логический нуль) или нормальном (логическая единица) режимах. Если нарушения нормального функционирования блоков 2, 5, 6, 7 отсутствуют, то текущий выходной сигнал с выхода блока вычисления скорости проходит через запоминающее устройство без коррекции и определяет действительную частоту вращения асинхронного электродвигателя. Если имеют место нарушения нормального функционирования блоков 2, 5, 6, 7, то текущий выходной сигнал с выхода блока вычисления скорости не проходит через запоминающее устройство. Величина сигнала на выходе запоминающего устройства соответствует при этом частоте вращения до наступления аномального режима, а именно, предыдущему измеренному значению частоты вращения, записанному в параллельный регистр запоминающего устройства при нормальной работе. Блок индикации при этом сигнализирует о произошедшем нарушении.

ВЫВОДЫ

Определен перечень конкретных неисправностей и параметров устройства контроля, предложено техническое решение самодиагностирования неисправностей устройства, определяющих техническое состояние. Устройство может быть реализовано на типовых элементах аналоговой и цифровой микроэлектроники либо скомпоновано из унифицированных блоков. Разработанное устройство позволяет повысить надежность работы, а также значительно сократить время поиска неисправности при нарушении нормального режима работы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Кибартас, В. В., Кибартене, Ю. В.** Диагностика устройств наблюдения координат асинхронных электродвигателей Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития современной науки», г. Иерусалим (Израиль) 4–6 мая 2016 г.

2 **Кибартас, В. В., Кибартене, Ю. В., Солтанбекова, А. Р.** Установка исследования режимов работы асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором Материалы международной научно-практической конференции «IX Торайгыровские чтения». т.7. – Павлодар : С. Торайгыров атындағы ПМУ, 2017.

3 **Мельников, В. Ю., Кибартас, В. В., Кибартене, Ю. В., Зигангирова, Е. В.** Патент РК по заявке № 2001/0178.1-7837 Устройство для измерения частоты вращения асинхронного электродвигателя.

4 **Мельников, В. Ю., Кибартас, В. В., Кибартене, Ю. В.** Новые средства и методы контроля электротехнических устройств на основе интеллектуальных структур. Международная конференция «Социальные и экономические аспекты развития региона: потенциал, проблемы и перспективы». г. Павлодар 1–3 ноября 2001 г. Павлодарский университет.

5 **Мельников, В. Ю., Кибартас, В. В., Кибартене, Ю. В.** Алгоритм диагностики устройств автоматизированного электропривода. Международная конференция «Энерго- и ресурсосберегающие технологии Прииртышья». г. Павлодар 20–22 декабря 2001 г.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Ю. В. Кибартене¹, В. Ю. Мельников², В. В. Кибартас³**Өздігінен диагностикалау функциясы бар асинхронды электрқозғалтқыштың айналу жиілігін бақылау құрылғысы**^{1,3}Энергетикалық факультеті,С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;²Инженерлік-технологиялық факультеті,
Инновациялық Еуразия Университеті,Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы.
Материал 29.11.19 баспаға түсті.Yu. V. Kibartene¹, V. Yu. Melnikov², V. V. Kibartas³**The control device of asynchronous motor rotation frequency with self-diagnostic function**^{1,3}Faculty of Energy Engineering,S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;²Faculty of Engineering and Technology,
Innovative University of Eurasia,Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 29.11.19.

Мақала өздігінен диагностикалау функциясы бар асинхронды электр қозғалтқыштардың айналу жиілігін бақылау құрылғысына арналған. Электр қозғалтқышының координаталарын жанама бақылау құрылғыларын пайдалану кезінде дұрыс шығу сигналы болуы маңызды болғандықтан, олардың дұрыс жұмыс істеу қабілеттілігінің уақтылы диагностикасы олардың жауапты жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Құрылғының сенімді және дұрыс жұмыс істеуі үшін авариялық жағдайды дер кезінде анықтау және оның технологиялық жабдықтың жұмыс режиміне теріс әсерін төмендету қажет. Бақылау құрылғысының нақты ақаулықтары мен параметрлерінің тізбесі анықталды, техникалық жай-күйін анықтайтын құрылғының ақауларын өздігінен диагностикалаудың техникалық шешімі ұсынылды. Құрылғы аналогтық және сандық Микроэлектрониканың типтік элементтерінде іске асырылуы немесе біріздендірілген блоктардан құрастырылуы мүмкін. Әзірленген құрылғы жұмыс сенімділігін арттыруға және қалыпты жұмыс

режимі бұзылған кезде ақаулықты іздеу уақытын айтарлықтай қысқартуға мүмкіндік береді.

The article is devoted to the device of control of asynchronous electric motors rotation frequency with function of self-diagnosis. Since it is important to have a reliable output signal when using indirect coordinate control devices of an asynchronous motor, timely diagnostics of their correct operability will ensure their responsible functioning. For reliable and correct operation of the device, it is necessary to identify the emergency situation in a timely manner and reduce its negative impact on the operating modes of the process equipment. The list of specific malfunctions and parameters of the control device is defined, the technical solution of self-diagnosis of malfunctions of the device defining a technical condition is offered. The device can be implemented on standard elements of analog and digital microelectronics or assembled from unified blocks. The developed device allows to increase reliability of work, and also considerably to reduce time of search of malfunction at violation of a normal mode of work.

М. Я. Клецель¹, Б. Е. Машрапов², Д. Д. Исабеков³

¹д.т.н., профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²доктор PhD, асоц. профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³магистр, ст. преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ²bokamashrapov@mail.ru; ³dauren_pvl2012@mail.ru

СХЕМЫ МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ НА ГЕРКОНАХ С ДИАГНОСТИКОЙ НЕИСПРАВНОСТИ

В статье подчеркивается необходимость построения устройств релейной защиты электроустановок без использования металлоемких и дорогостоящих трансформаторов тока с ферромагнитными сердечниками. Предложено в качестве датчиков тока использовать миниатюрные и дешевые магнитоуправляемые контакты – герконы. Указаны известные разработки на основе герконов и направление дальнейших работ. Рассмотрены впервые предложенные схемы максимальной токовой защиты на магнитоуправляемых контактах с тестовой и функциональной диагностикой неисправности, не использующие трансформаторы тока. Достаточно подробно проанализированы их свойства и работа в режимах нагрузки, короткого замыкания и диагностики. Приведены их достоинства и недостатки. Показано, что тестовая диагностика может быть очень просто реализована с помощью кнопки и надетой на магнитоуправляемый контакт обмотки управления.

Ключевые слова: максимальная токовая защита, геркон, схема, диагностика неисправности.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, за счет своей простоты и высокой надежности максимальные токовые защиты нашли широкое применение для защиты электроустановок напряжением 6–35 кВ. Однако подавляющее большинство этих защит получает информацию от трансформаторов тока с ферромагнитными сердечниками, которые имеют ряд общеизвестных недостатков [1, 2, 3], среди которых большие габариты и вес (один

трансформатор тока на напряжение 10 кВ весит 18 кг). Из-за этих недостатков неоднократно отмечалось [1, 2, 3], что необходимо строить защиты электроустановок, не использующих трансформаторы тока. При этом в качестве датчиков тока для таких защит предлагается использовать различные магниточувствительные элементы [3, 4, 5, 6]. Нами для построения защит электроустановок от коротких замыканий выбраны герконы в силу присущих им достоинств по сравнению с другими магниточувствительными элементами [1]. На основе герконов уже разработаны принципы построения максимальных токовых защит и некоторые схемы их реализации [7, 8, 9, 10], дифференциальных защит [11, 12], дифференциально фазных защит [13, 14, 15] и дистанционной [16]. Однако вопрос выполнения диагностики неисправности не рассматривался. В данной статье сделана попытка решить эту задачу.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время разработаны две схемы с диагностикой неисправности [17, 18]. В первой (рис. 1) реализована тестовая диагностика неисправности [17]. Защита работает следующим образом. В режиме нагрузки геркон 1 не замыкает контакты, а при коротком замыкании на защищаемой ЭУ – замыкает. Счетчик 2 импульсов отсчитывает заданное количество срабатываний геркона 1, которое зависит от требуемой выдержки времени, и подает сигнал на выходное реле 3. Последнее через контакты 4 переключателя 5 подает сигнал на отключение выключателя ЭУ.

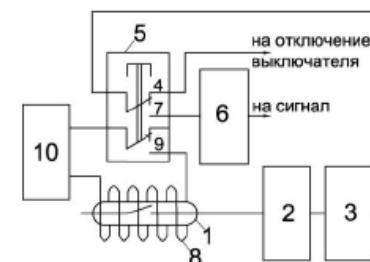


Рисунок 1 – Принципиальная схема токовой защиты на герконах с тестовой диагностикой

Тестовая диагностика осуществляется путем нажатия и удержания кнопки переключателя 5 пока указательное реле 6 не подаст сигнал об исправности схемы. При этом нормально разомкнутые контакты 7 и 9 переключателя 5 замыкаются, контакты 4 размыкают цепь отключения выключателя ЭУ. На обмотку управления 8 геркона 1 подается переменное

напряжение от источника 10, и он срабатывает и замыкает контакты. Если все элементы схемы исправны, то счетчик 2 импульсов выдает сигнал на вход реле 3. Последнее запускает указательное реле 6. Если какой-либо из элементов поврежден, то на выходах реле 3 и 6 сигналов нет.

Достоинством схемы является простота реализации схемы диагностики неисправности, а недостатком выполнение ее тестовой.

Во второй схеме [18] реализована функциональная диагностика неисправности защиты, но не геркона. Рассмотрим ее работу (рис. 2).

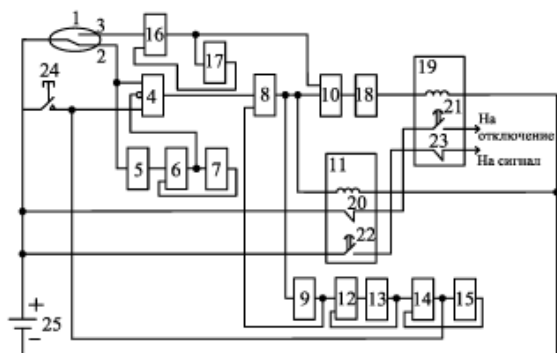


Рисунок 2 – Принципиальная схема максимальной токовой защиты с самодиагностикой исправности

В режиме нагрузки индукция магнитного поля, созданного током, протекающим оп защищаемому элементу, не достаточна для срабатывания геркона 1. Защита не срабатывает.

Диагностика исправности защиты запускается после ее наладки и включения в работу путем нажатия кнопки 24, которая после этого возвращается в исходное состояние. При этом на выходе элемента И 4 появляется сигнал, так как на его прямые входы сигналы от кнопки 24 и через контакт 2 геркона 1 поступают, а на инверсный вход через элементы НЕ 5 и память 6 – нет. В результате элемент память 8 запускает реле времени 9, промежуточное реле 11 и через элемент ИЛИ 10 блок 18 логической части защиты. Реле времени 9 через выдержку времени, равную времени срабатывания защиты, запускает через элемент память 12 реле времени 13 (выдержка времени 120-240 с) и сбрасывает элемент память 8. Промежуточное реле 11 размыкает контакт 20 и с выдержкой времени, превышающей время срабатывания защиты, замыкает контакт 22. Блок 18, если исправен, через заданную выдержку времени запускает промежуточное реле 19, которое, если исправно, срабатывает с выдержкой времени 0,1 с и

замыкает контакт 21 и размыкает контакт 23. Поэтому сигнала о наличии неисправности нет. Если блок 18 или промежуточное реле 19 неисправны, то контакт 23 остается замкнутым, и подается сигнал в цепь сигнализации. Через 120–240 с (позволяет увеличить срок службы реле времени) реле времени 13 сбрасывает элемент память 12 и через элемент память 14 запускает повторную диагностику исправности, подав сигнал на прямой вход элемента И 4. Элемент память 14 сбрасывается через 0,01 с сигналом от реле времени 15.

При коротком замыкании в защищаемой электроустановке геркон 1 срабатывает и размыкает контакт 2 и замыкает контакт 3. Поэтому элемент память 6 выдает сигнал на инверсный вход элемента И 4 и диагностика исправности не запускается, а блок 18 через элементы память 16 и элемент ИЛИ 10 запускается. Защита срабатывает и подает сигнал в цепь отключения выключателя. Через 0,03 с реле времени 7 сбрасывает элемент память 6, а реле времени 17 через 0,01 с – элемент память 16.

Легко видеть, что если снабдить геркон 1 (рис. 2) с размыкающим контактом обмоткой управления и кнопкой из первого устройства, то схема будет иметь и тестовую и функциональную диагностики. Однако надежность выходной цепи такой схемы может и ухудшиться.

Отметим, что тщательная патентная проработка показала наличие в мировой литературе лишь далеких аналогов подобных схем.

Для крепления герконов указанных защит или всей защиты целиком вблизи шин электроустановок могут быть использованы конструкции, приведенные в [19, 20].

Работы выполнены по проекту АР05131351 «Создание глобально конкурентоспособной ресурсосберегающей релейной защиты систем электроснабжения».

ВЫВОДЫ

Впервые предложены схемы на герконах, позволяющие достаточно просто выполнять функции максимальной токовой защиты, экономя медь, сталь и дорогостоящую изоляцию, и функции устройств диагностики, повышая надежность. Это оказалось возможным, благодаря оригинальному использованию двух герконов и двух простейших кнопок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Клецель, М. Я. Основы построения релейной защиты на герконах // Сборник докладов конференции, CIGRE. – 2013.

2 **Дьяков, А. Ф.** Электроэнергетика мира в начале XXI столетия (по материалам 39-й сессии СИГРЭ, Париж) // Энергетика за рубежом. – 2004. – № 4–5.

3 **Кожович, Л. А., Бишоп, М. Т.** (Cooper Power Systems, США). Современная релейная защита с датчиками тока на базе катушки Роговского. // Сборник докладов конференции CIGRE. – 2009. – С. 49–59.

4 **Меерович, Э. А., Назаров, Л. А., Карабаев, Г. Х., Кокуркин, Б. П.** Измерение токов линий высшего напряжения по их магнитным полям // Электричество. – 1980. – № 7. – С. 32–40.

5 **Клецель, М. Я. Мусин, В. В.** О построении на герконах защит высоковольтных установок без трансформаторов тока // Электротехника. – 1987. – № 4. – С. 11–13.

6 **Казанский, В. Е.** Измерительные преобразователи тока в релейной защите. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 240 с.

7 **Клецель, М. Я., Мусин, В. В.** Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты без трансформаторов тока на герконах // Промышленная энергетика. – 1990. – № 4. – С. 32–36.

8 **Клецель, М. Я., Жантлесова, А. Б., Майшев, П. Н., Нефтисов, А. В.** Идентификация установившегося тока короткого замыкания с помощью герконов // Электротехника. – 2014. – № 4. – С. 28–34.

9 **Клецель, М. Я., Машрапов, Б. Е., Барукин, А. С., Калтаев, А. Г., Галипов, О. М.** Патент Российской Федерации, № 2629958, опубл. 24.05.2016.

10 **Kletsel, M., Zhantlesova, A., Mayshev, P., Mashrapov, B., Issabekov, D.** New filters for symmetrical current components. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2018, Volume 101, – p. 85–91. DOI:10.1016/j.ijepes.2018.03.005.

11 **Клецель, М. Я.** Принципы построения и модели дифференциальных защит электроустановок на герконах // Электротехника. 1991. № 10. – С. 47–50.

12 **Kletsel, M., Kabdualiyev, N., Mashrapov, B., Neftissov, A.** Protection of busbar based on reed switches. Przegląd Elektrotechniczny, 2014, nr 1, 88–89.

13 **Клецель, М. Я., Майшев, П. Н.** Особенности построения дифференциально-фазных защит трансформаторов, Электротехника, 2007, № 12, 2–7.

14 **Kletsel, M., Kaltayev, A., Mashrapov, B.** Resource-saving protection of powerful electric motors. Przegląd Elektrotechniczny, 2017, nr 5, 40–43.

15 **Клецель, М. Я., Калтаев, А. Г., Машрапов, Б. Е.** Дифференциально-фазная защита мощных электродвигателей на герконах. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, № 1–2, 2014, – С. 306–309.

16 **Клецель, М. Я., Жуламанов, М. А.** Реле сопротивления. Электротехника. 2004. № 5. – С. 38–44.

17 **Исабеков, Д. Д., Клецель, М. Я., Машрапов, Б. Е.** Патент Республики Казахстан, № 33108, опубл. 17.09.2018.

18 **Кислов, А. П., Исабеков, Д. Д., Клецель, М. Я.** Патент Республики Казахстан, № 33644, опубл. 24.05.2016.

19 Патент 2570328 Российской Федерации, МПК H02H 3/08. Устройство для максимальной токовой защиты / Клецель М. Я., Бергузинов А. Н., Ержанов Н. Т.; заявл. 01.09.2014; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 34.

20 Патент 2624907 Российской Федерации, МПК H02H 3/08. Устройство для максимальной токовой защиты электроустановки на герконах / Клецель М. Я., Барукин А. С., Машрапов Б. Е., Шолохова И. И.; заявл. 24.05.2016; опубл. 10.07.2017, Бюл. № 19.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

М. Я. Клецель¹, Б. Е. Машрапов², Д. Д. Исабеков³

Ақауды диагностикалаумен геркондар негізіндегі максималды ток қорғауының схемалары

^{1,2,3}Энергетикалық факультет,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

M. Ya. Kletsel¹, B. E. Mashrapov², D. D. Issabekov³

Overcurrent protection circuits on reed switches with fault detection

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

S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада электрлік қондырғылар үшін релелік қорғаныс құрылғыларын ферромагниттік өзегі бар металды тұтынатын және қымбат ток трансформаторларын пайдаланбастан құру қажеттілігі айтылған. Ток датчиктері ретінде миниатюрлық және арзан магнитпен басқарылатын контактілер – геркондар пайдалану ұсынылған. Геркондар негізіндегі белгілі әзірлемелер мен одан әрі жұмыстардың бағыты көрсетілген. Ток трансформаторларын қолданбай, ақауды тестілік және функционалды диагностикалауы бар магнитпен басқарылатын контактілер негізіндегі максималды ток қорғауының алғашқы ұсынылған схемалары қарастырылған. Олардың қасиеттері мен жұмысы жүктеме, қысқа тұйықталу

және диагностика режимдерінде жеткілікті талданған. Олардың артықшылықтары мен кемшіліктері келтірілген. Тестілік диагностикасын батырма арқылы өте оңай жүзеге асыруға және басқару орамасының магнитпен басқарылатын контактісіне кезіруге болатындығы көрсетілген.

The article stresses the need for the construction of relay protection devices without the use of expensive and metal-consuming current transformers with ferromagnetic cores. It is proposed to use miniature and cheap magnetically controlled contacts – reed switches as current sensors. Known developments based on reed switches and the direction of further work are indicated. The first proposed overcurrent protection circuits on magnetically controlled contacts with test and functional diagnostics of malfunctions that do not use current transformers are considered. Their properties and load operation, short circuit and diagnostic modes are analyzed in sufficient details. Their advantages and disadvantages are given. It is shown that test diagnostics can be very simply implemented using a button and a control winding worn on a magnetically controlled contact.

SRSTI 44.29.01

**A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³,
V. P. Markovskiy⁴, L. B. Tyulyuganova⁵,
V. F. Govorun⁶, S. I. Oleynik⁷**

¹Project manager, JSC «Alageum Electric», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

²Manager, JSC «KazTransGas», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

³Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraigyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁴Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraigyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁵Doctoral student, S. Toraigyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁶Doctor of Technical Sciences, Professor, S. Toraigyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁷PhD, K. I. Satpayev Ekibastuz of Engineering Technology Institute, Ekibastuz, 141208, Republic of Kazakhstan

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²m.kaidar@amangeldygas.kz;

³argin_intel@mail.ru; ⁴wadim54@mail.ru; ⁵tlb_tore@list.ru;

⁶vladimir.govorun@gmail.com; ⁷aman_bek@mail.ru

THE SECURITY ISSUES OF URBAN DC PUBLIC TRANSPORT SYSTEMS

The article discusses the security issues of urban DC public transport systems.

The article provides the results:

- ground fault in the substation – results ;
- ground fault along the line close to the substation – results;
- ground fault along the line far from the substation – results;
- fault current for a ground fault along the line;
- rail potential for a ground fault along the line;
- fault current and rail potential for a ground fault along the line.

Currents and voltages in emergency and hazardous modes are calculated.

Recommendations are given on ensuring the safety of traction networks of urban transport.

Keywords: public transport systems, DC systems, electrical safety, ground fault, rail potential, hazardous modes, safety of traction networks of urban transport.

INTRODUCTION

Urban DC traction systems are common mass transport systems employed in many towns worldwide. The terminology used to identify them may vary, the most common terms being: light rail, street car, tram or trolley. We can consider these terms as synonyms.

The Traction Electrification System (TES) for trams is usually constituted by:

- power substations, containing transformers, AC/DC converters and protective devices;

- an Overhead Contact System (OCS);

- positive feeder cables, connecting the OCS with the positive busbars in the substations;

- negative return conductors, collecting the return current from the rails and bringing it back to the negative busbar in the substation. It is worth noting that there is a huge difference between these tram systems, running along public urban streets, in a meshed network, and normal rail systems running on separate rights of way, without public access and with mostly straight sections [1–3]. In the former, in fact, the risk due to electric hazards is higher because of the presence of the public in strict contact with the TES, possibly exposed to dangerous voltages in case of fault. In addition to this, the protection of these systems is more difficult, due to the meshed structure of the network and to the high number of vehicles running at the same time.

MAIN PART

Currents and voltages have been calculated on the simplified circuit, varying the different parameters in the ranges that have been presented in the previous articles [1–3].

In the case of ground fault in the substation, the fault current is injected into the ground through R_{sg} and flows through R_{ig} and the negative conductors back to the rectifier. In the case of ground fault along the line, instead, the fault current flows to the ground through the fault and flows back to the substation through the ground resistance of the rails network R_{ig} , without involving the grounding system of the substation. It was noticed that the value of the current absorbed by vehicles (i.e. the pre-fault condition) does not affect considerably the results of the study.

The same remarks are valid for the length of the negative and positive cables: the variation of the value of R^- and R^+ does not affect considerably the results [4–6]. The main parameters which instead influence the fault current magnitude

and the voltages are the resistance R_{ig} of the rails network and the resistance R_{ocs} of the OCS [7–10].

In Fig. 1 a summary of the results for the ground fault in the substation is presented. The fault current can be compared with the settings of the over-current protection to see if it will trip: typical settings of over-current protections are in the range from 3000 A to 4500 A, marked with the green vertical lines in Fig. 1. On the left side of the vertical lines the circuit breaker trips, while on the right side it does not, as it does not recognize the fault current, leaving dangerous voltages on the exposed conductive parts (ECPs) and between ECPs and return conductors in the substation. Dangerous voltages are also present on the rails, accessible to the public. The conventional limit of 120 V for long-term conditions (to be considered if the circuit breaker does not recognize the fault) is in fact highlighted in the figure with the horizontal red line and for all the range of possible values of R_{ig} the analysed voltages are above this limit.

Also the ground fault along the line has been studied. Two different cases are analysed: a ground fault along the line near the substation and a ground fault along the line far from the substation. In particular in the second case, the resistance of the OCS contributes to the limitation of the fault current, making it difficult for the over-current protection to recognize the fault. The two analysed cases are presented in fig. 2 and fig. 3.

Following the same scheme described before for the ground fault in the substation, we have highlighted also in fig. 6 and fig. 7 the typical setting range of the over-current protections (green vertical lines) and the maximum permissible effective touch voltage (horizontal red line). In the case of fault along the line, the fault currents are higher than in the case of ground fault in the substation, if the fault is close to the substation itself (fig. 2), as they are not limited by the ground resistance R_{sg} . In case instead the fault is far from the substation, as previously said, the resistance of the OCS strongly limits the fault current. In particular in this case, there are again situations in which the fault current is not big enough for being recognized by the over-current protections, and dangerous voltages can last for a long time on the rails and inside the substation between negative conductors and ECPs.

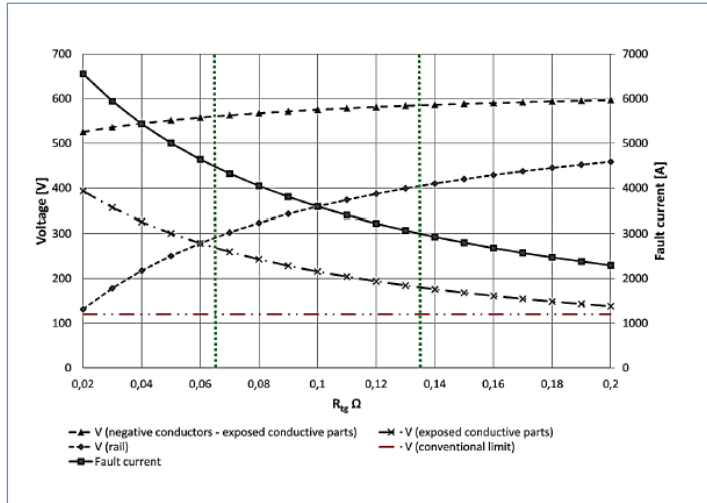


Figure 1 – Ground fault in the substation – results

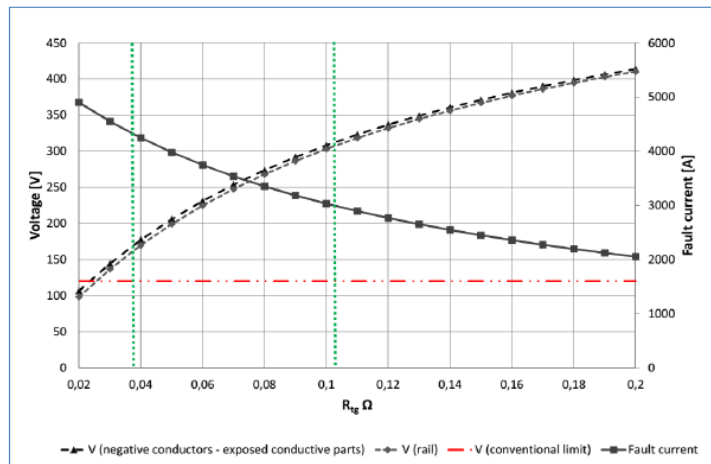


Figure 2 – Ground fault along the line close to the substation – results

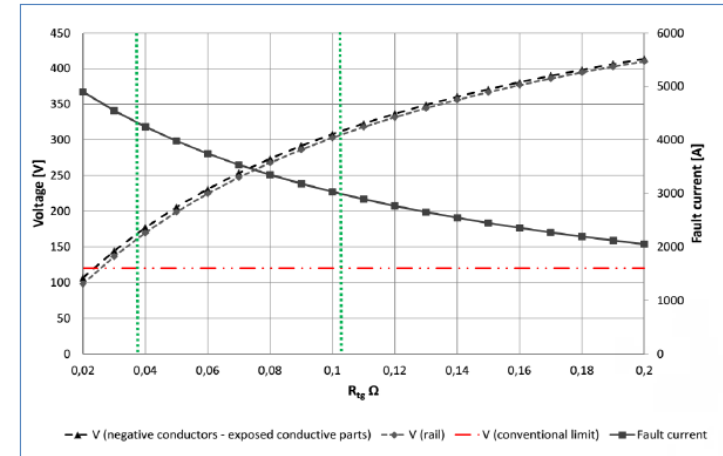


Figure 3 – Ground fault along the line far from the substation – results

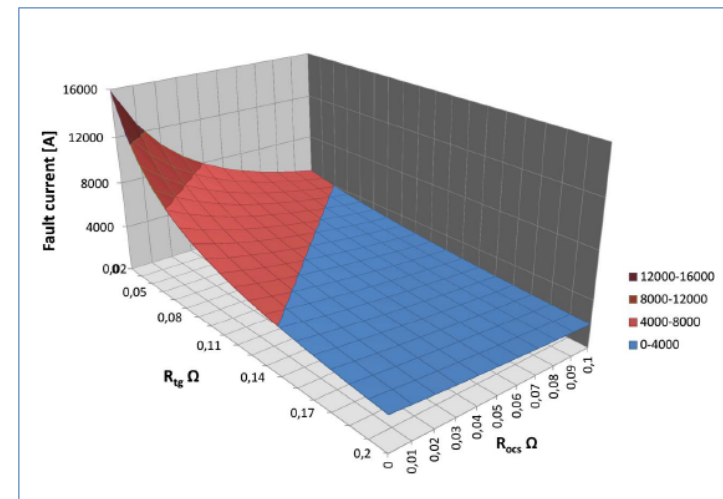


Figure 4 – Fault current for a ground fault along the line

It is interesting to analyse the effect of the variation of the two main parameters, R_{tg} and R_{ocs} , at the same time, on the fault current magnitude and on the rail potential, in case of ground fault along the line.

Fig. 4 shows a 3D representation of the variation of the fault current as a function of R_{tg} and R_{ocs} . If we assume an average setting of the over-current protection of 4000 A, the circuit breaker will trip if the fault is in the lower (blue)

area of the 3D plot. For all the other combinations of R_{ig} and R_{ocs} , the circuit breaker will not detect the fault.

Fig. 5 presents instead a 3D representation of the variation of the rail potential as a function of R_{ig} and R_{ocs} . The 3D plot shows that there is only a small portion of the variation range, the lowest part, coloured in blue, where the rail potential is below the safety limit of 120 V.

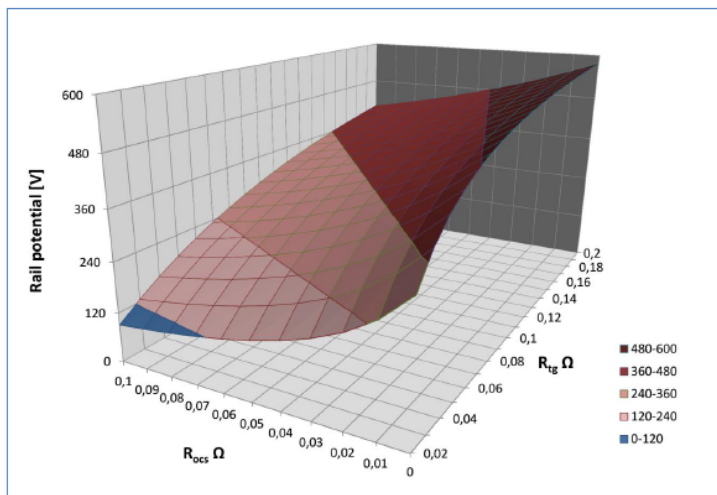


Figure 5 – Rail potential for a ground fault along the line

It is interesting, at this point, to put together the pieces of information provided separately by fig. 4 and fig. 5. For this purpose, the two colour plots, projected on the R_{ig} - R_{ocs} plane, are superimposed exploiting transparency. The result of the combination of the two figures is presented in fig. 6.

By comparing the fault current magnitude with the setting of the over-current protection and the rail potential with the safety limit, it is possible to identify three different areas, highlighted by the coloured borders in fig. 6:

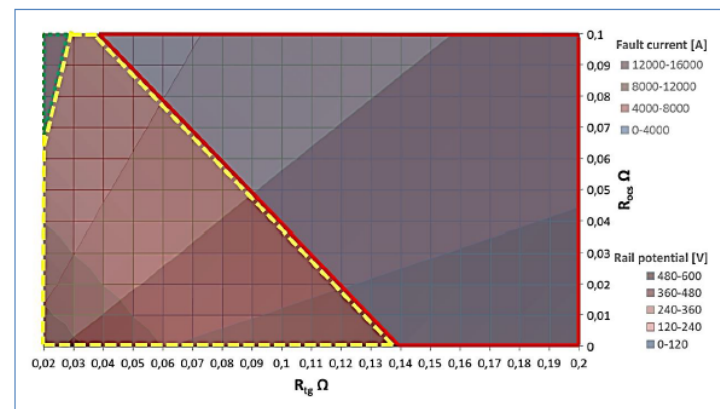


Figure 6 – Fault current and rail potential for a ground fault along the line

- the small area at the top left, surrounded by the green dotted line, where the over-current protection recognizes the fault, where therefore the circuit-breaker trips, even if no dangerous voltages are present because the rail potential is below 120 V;
- the area on the left, surrounded by the yellow dashed line, where dangerous voltages are present because the rail potential is above 120 V and the circuit breaker trips because the fault current is above the setting of the over-current protection;
- the big area on the right, surrounded by the red solid line, where the rail potential is above the safety limit, but the circuit breaker will not trip, as the fault current is too small to be detected by the over-current protection.

Analysing in particular the third area, the one surrounded by the red solid line, it is clear that, in particular in case the ground fault along the line happens far from the substation, dangerous voltages can last for long periods on the rails, accessible to the public, without any tripping of the protections.

CONCLUSION

If only over-current protections are adopted, in urban rail traction systems potentially dangerous situations can be originated. In fact, the ground fault currents can be lower than the protection settings, both for ground faults inside the substations and for ground faults outside the substations, along the line. In these cases dangerous voltages can last for a long time on the rails, accessible to the public, and inside the substations, on exposed conductive parts and between exposed conductive parts and negative conductors. It is therefore of utmost importance that innovative relays are installed and properly set, in order to recognize short circuit currents from normal operation ones.

The analysis that is presented in this paper has been performed considering a negligible fault impedance. In case the fault impedance is not negligible, the fault current could be even smaller, and therefore more difficult to be detected by common over-current protections.

One partial provision that could improve safety, even if not totally sufficient, would be the installation of a voltage limiting device, which connects the grounding system of the substation with the negative conductors in case the voltage between them is above a certain threshold. This provision would certainly be beneficial for the ground fault in the substation, but would be partially beneficial also for the ground fault along the line.

REFERENCES

1 **Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Zhumadirova, A. K., Gabdulov, A. O., Tyulyuganova, L. B., Shonaev, D. T., Asylova, Zh. E., Asylov, N. E.** Modular model structure of multi-motor vehicle// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, – С. 290–295.

2 **Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Zhumadirova, A. K., Shonaev, D. T., Asylova, Zh. E., Asylov, N. E.** Dynamic model of mechanical part of drives in electrical transport// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, – С. 276–290.

3 **Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Potapenko, O. G., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Shonaev, D. T., Asylova, Zh. E., Asylov, N. E.** Dynamic model of electromechanical part of drives in electrical transport// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, – С. 271–275.

4 Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit Part 1: Protective provisions against electric shock. Standard EN 50122-1, 2012.

5 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.

6 **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.

7 **Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Tyulyuganova, L. B., Shonaev, D. T., Asylova, Zh. E., Asylov, N. E.** Aspects on the simulation model of an electric transportation system // Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, – С. 258–270.

8 **Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Шонаев, Д. Т., Асыллов, Н. Е., Асылова, Ж. Е., Тюлюгенова, Л. Б.** / Защита тяговых трамвайных сетей// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, – С. 223–230.

9 **Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б.** Проблемы быстрого и селективного отключения токов короткого замыкания в сетях городского электрифицированного транспорта// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., Том 19, – С. 168–173.

10 **Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кайдар, А. Б.** / Повышение эффективности инверторов с прямым цифровым управлением//«Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения»: IV Междунар. науч. – практ. конф., посвященная 20 – летию Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева/ – Астана, 2016. – с. 308–313. ISBN 978-9965-31-745-3, Ч.1-571 с., ISBN 978-9965-31-746-0.

Material received on 29.11.19.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. Марковский⁴, Л. Б. Тюлюгенова⁵, В. Ф. Говорун⁶, С. И. Олейник⁷

Қала мемлекеттік көліктің ҚТЖ жүйелерінің қауіпсіздік мәселелері

¹«Alageum Electric» АҚ,

Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,

Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4,5,6}С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁷Қ. И. Сәтпаев атындағы
Екібастұз инженерлік-технологиялық институты,
Екібастұз қ., 141208, Қазақстан Республикасы.
Материал 29.11.19 баспаға түсті.

*А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. Марковский⁴,
Л. Б. Тюлюгенова⁵, В. Ф. Говорун⁶, С. И. Олейник⁷*

Вопросы безопасности систем постоянного тока городского государственного транспорта

¹АО Alageum Electric,
г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;
²АО «КазТрансГаз»,
г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;
^{3,4,5,6}Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;
⁷Екибастузский инженерно-технический институт
имени К. И. Сатпаева,
г. Екибастуз, 141208, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Мақалада қалалық көліктердегі қоғамдық көлік жүйелерінің қауіпсіздігі мәселелері талқыланады.

Мақалада нәтижелер келтірілген:

- қосалқы станцияның жердегі ақаулары;
- қосалқы станцияға жақын сызық бойындағы жерге тұйықталудың нәтижелері;
- қосалқы станциядан алыс сызықтағы жердегі жарықтардың нәтижелері;
- желі бойымен жерге түскен кезде қысқа тұйықталу тогы;
- желі бойымен жерге түсірілгенде рельстің әлеуеті;
- желі бойындағы ақаулар үшін ток пен рельсті потенциалдың зақымдануы.

Төтенше және қауіпті режимдердегі токтар мен кернеулер есептеледі.

Қалалық көліктің тарту желілерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша ұсыныстар берілген.

В статье рассматриваются вопросы безопасности городских транспортных систем общественного транспорта.

В статье приведены результаты:

- результаты замыкания на землю в подстанции;
 - результаты замыкания на землю вдоль линии близкой к подстанции;
 - результаты замыкания на землю вдоль линии вдали от подстанции;
 - ток короткого замыкания при замыкании на землю вдоль линии;
 - потенциал рельса при замыкании на землю вдоль линии;
 - ток повреждения и потенциал рельса для замыкания на землю вдоль линии.
- Рассчитаны токи и напряжения в аварийном и опасном режимах.
Даны рекомендации по обеспечению безопасности тяговых сетей городского транспорта.*

A. Sh. Kalmagambetova¹, T. A. Bogoyavlenskaya²

¹candidate of technical science, docent, Institute of Architecture and Construction, Karaganda State Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan;

²PhD student, Institute of Architecture and Construction, Karaganda State Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan
e-mail: ²t.bogoyavlenskaya88@gmail.com

THE EFFECT OF ADHESION OF RIGID PUR IN DISTRICT HEAT PIPE

The article presented the adhesion of polyurethane thermal insulation to a waterproof outer casing of polyethylene in the construction of preinsulated bonded pipe systems used as a building material for directly buried hot water networks. In order to extend the life of pipes for hot water networks from standard 30 years to 50 years or more, it is proposed to use polyurea as a waterproof coating. It is proposed to determine the adhesion strength of thermal insulation with a waterproof outer casing for shear in the tangential direction at the edge «Waterproof outer casing of polyethylene – Polyurethane thermal insulation».

Keywords: building materials, durability, mechanical properties, energy efficiency, energy conservation.

INTRODUCTION

In the construction of directly buried hot water networks laying, pipes in thermal insulation made of polyurethane foam with a waterproof outer casing of polyethylene currently occupy a leading place. The most significant advantages of pipes in polyurethane foam (PUR) insulation include: the tightness of the outer waterproof casing that prevents water from entering the thermal insulation layer; equipping pipelines with a measuring wires for surveillance systems; manufacturability in the factory, and, consequently, product quality – as a guarantee of durability and service life of the heating network. From the experience in the use of preinsulated bonded pipe systems in Europe, in particular in Germany, Denmark, it is known that the service life of such pipelines can reach up to 50 years. This is stated in most scientific papers on the study of pipes in polyurethane foam insulation (PUR) [1–3].

One of the key parameters affecting the durability and performance of the pipeline in polyurethane foam insulation (PUR) is the adhesion of polyurethane

thermal insulation to a steel service pipe and to a waterproof outer casing of polyethylene. This is explained by the fact that the pipeline of the heat network under operating conditions (for example, operation pressure 1.6 MPa, operation temperature 130°C) experiences thermal movements as a result of thermal expansion of materials. In this case, the steel service pipe, polyurethane thermal insulation and waterproof outer casing of polyethylene should work as a unit and form a rigid structure.

MAIN PART

The general setup of a district heat pipe is shown in Figure 1. It consists of a main service steel tube, which is in charge of transporting hot water; an isolating rigid polyurethane (PUR) material surrounds this metal pipe approximately 50 mm thick, which is sometimes encircled by a thin diffusion barrier film of EVOH or aluminum. Typically, pipes to end users have a dimension of e.g. DN50/160 whereas transport pipes have dimensions DN 800 or larger. Such pipes have an expected time of use of 30 years or more. In order to allow an accelerated aging and an adequate gas exchange, a High-Density Polyethylene (HDPE) film was used instead of the standard casing.

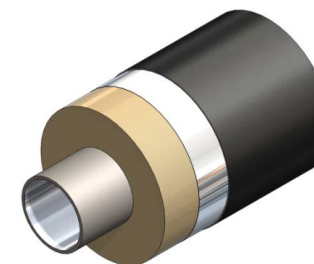


Figure 1 – The general setup of a district heat pipe

Samples were subjected to different temperatures on the inner (steel), and outer surfaces of the PUR, 180 °C, and 60 °C respectively, to accelerate the aging process of the polymer near to the metal interface. These temperatures were intended to be higher than those measured at real working conditions: 120 °C at the inner and 30 °C at the outer surface [1]. The internal and external temperatures were selected according to the estimated air intrusion depicting a lifetime of thirty years within the estimated testing time according to [2].

The shear strength was determined similarly to the standard DIN EN 253. A universal testing machine, FPZ 100, with a load cell of 10 kN at 23 °C and 50 % relative humidity, was used. The speed test was setup to 5 mm/min. The specimen was taken from assemblies of conventional production from which transversal

section had to be cut to be at least five times the thickness of the insulation [1]. In Figure 2, a sketch of the setup of the axial applied load. The speed of the testing machine was 5 mm/min, and the shear strength was calculated as follows in Equation 1.

$$\tau_{\tan} = \frac{2 \cdot l \cdot F_{\tan}}{\pi \cdot d^2 \cdot L} \quad (1)$$

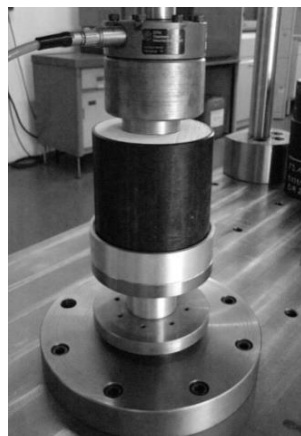


Figure 2 – Mechanical test setup for the determination of the shear strength

The TGA experiment was performed by a TGA Q5000 of TA Instruments, from room temperature to 800 °C, under air and nitrogen, at four different heating rates: 2, 5, 10 and 20 K/min. Small samples of PUR were cut near the steel pipe at a maximum of 2 to 5 mm from the metal wall. For determination of the degradation kinetics parameters, Ozawa-Flynn-Wall, Chang, and Friedman thermal methods were used, and subsequently, lifetime was estimated. In order to evaluate the aging behavior of the polymer close to the interface, it was necessary to understand the composition and structure of the PUR and the adhesion mechanisms at the metal interface. First, the PUR is a closed-cell rigid polyurethane foam, which consists of a polyol with an additional mixture of catalyst, stabilizer, and blowing agent; and an aromatic isocyanate component which contains the polymeric diphenylmethane diisocyanate MDI. The porous polymer is produced from the high amount of crosslinks which configure a three-dimensional network and high molecular weight material [3, 4, 5–7]. A SEM micrograph from the specimen used in this work is in Figure 3.

In-situ polymerization of the rigid foam facilitates the adhesion to the metal substrate using the strong interactions between the polar and functional groups

of the polymer and the metallic ions at the surface of the steel [8]. However, Dillingham and Moriarty [9] demonstrated in an extensive work, that adhesion of isocyanate-based polymers to steel is more complex due to the existence of covalent metal oxide-urethane linkages in the interface. The covalent bonds can explain the excellent strength and durability of isocyanate-based adhesives and coatings.

Additionally, to physical and chemical bonds, it has been widely demonstrated in the literature [10–12] that a high roughness on the metal substrate favors the adhesion because of the large superficial area. The measured average roughness Ra by confocal microscopy on samples was around 3.2 μm .

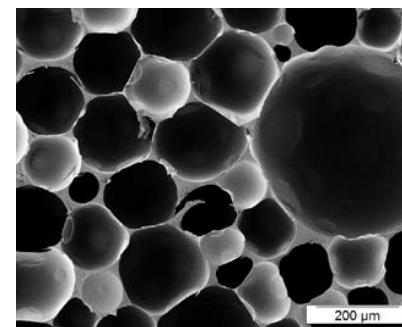


Figure 3 – Morphology of a fresh PUR specimen

Extensive investigations on the mechanical strength of artificially aged pipes, also related to this work [13], have shown in detail discrepancies in the lifetime predictions on the naturally old pipes. Figure 120 exhibits the axial shear strength ratio and the visual aspect of the artificial aging of assemblies subjected to an inside and outside temperatures of 180 °C and 60 °C after different exposure times. After 250 hours, the shear strength drops approximately to 50 % and remains constant up to around 2000 hours.

The decay of strength after 2000 hours is due likely to oxidative degradation that destroys PUR in direct contact with the steel pipe. In several cases, a molten-like residue was found on the steel surface. The specimen exposed to 3150 hours is entirely damaged at the interface, meaning that the debonding occurred between 2500 and 3150 hours of artificial aging. The dotted line shows a clear tendency of the decay of strength of the assembled pipes at the failure time after 2000 h of exposure. Performing the mechanical test after artificial aging at different temperatures allows determining apparent activation energy of 95 kJ/mol [14]. Based on these results, an estimated time of use of 30 years at about 110 °C was calculated for the pipes covered only by a HDPE film, whereas for pipes with a standard casing thickness of 3 mm at 135 °C of continuous operating temperature

is evaluated. Due to the necessity of artificial aging, the testing time following the EN253 is time-consuming (24000 testing), expensive and therefore not applicable for development. The temperature in both cases, accelerated and natural aging is highest in proximity to the steel pipe. Therefore, the boundary between steel and polyurethane suffers the highest thermal stress. A collapse of the structure starting at this boundary is most likely.

CONCLUSION

Lifetime estimations calculated from Chang analysis exhibited reasonable values for polyurethane-based polymers. Although there is not enough information in the literature about the long-term durability of TPU, the results obtained for the rigid PUR were approximated to previous experimental aging test, and they could be correlated in good agreement to the Standard EN 253. On the other hand, the corresponding kinetic parameters for the adhesive coatings in the hybrid composite, estimated by Chang and Friedman, were not reliable enough. That suggests that kinetics of degradation for solid decomposition of cured polymers cannot be estimated accurately due to their molecular complexity. Nevertheless, hygrothermally pre-aged polyurethanes and coatings exhibited a shorter lifecycle when they are subjected to different continuous operation temperatures. Lower lifetimes under thermal stresses of rigid and thermoplastic polyurethanes and adhesive promoters as well, are correlated to the lower activation energies detected by Chang, OFW, and Friedman methods.

REFERENCES

1 European Committee for Standardization, EN 253 European standard for district heat pipes, 2009.

2 Ingenieurgesellschaft für Energie-technik und Fernwärme Chemnitz mbH, IMA Materialforschung und Anwendungstechnik, Leibniz Institut für Polymerforschung, Zeitstandfestigkeit von Kunststoffmantelrohren, 2011. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.

3 **Simon, J. et al.**, Thermal Stability of Polyurethanes, *Chromatographia*. 25 (1988) 99–106. doi:10.1007/BF02259024.

4 **X. Yang, D. Tallman, S. Croll, G. Bierwagen**, Morphological changes in polyurethane coatings on exposure to water, *Polym. Degrad. Stab.* 77 (2002) 391–396. doi:10.1016/S0141-3910.

5 Hunstman, PUR Pipe Insulation Fact Sheet Hunstmann, (2015) 1–16. <http://www.huntsman.com/polyurethanes/> (accessed May 5, 2017).

6 Bayer Materials Science, PUR Mondur Technical Sheet Bayer, (2015) 1–2. [Electronic resource]. – www.polyurethanes.covestro.com/ (Accessed May 2, 2017).

7 Logstor, District Heating and Cooling, (2015). [Electronic resource]. – www.logstor.com (accessed May 2, 2017).

8 **J. Gaehde, J. Friedrich, R. Gehrke, J. Sachse**, Adhesion of Polyurethane to Surface-modified Steel, *J. Adhes.* 6 (2012) 569–586. doi:10.1163/156856192X00403.

9 **G. Dillingham, C. Moriarty**, The Adhesion of Isocyanate-based Polymers to Steel, *J. Adhes.* 79 (2003) 269–285. doi:10.1080/00218460390148149.

10 **J. D. Venables**, Review Adhesion and durability of metal-polymer bonds, *J. Mater. Sci.* 19 (1984) 2431–2453. doi:10.1007/BF00550796.

11 **K. Ramani, B. Moriarty**, Thermoplastic Bonding to Metals Via Injection Molding for Macro-Composite Manufacture, *Polym. Eng. Sci.* 3 (1998) 1–7. doi:10.1002/pen.10253.

12 **A. L. Gasparin, C. H. Wanke, R.C.R. Nunes, E. K. Tentardini, C. a. Figueroa, I.J.R. Baumvol, et al.**, An experimental method for the determination of metal-polymer adhesion, *Thin Solid Films*. 534 (2013) 356–362. doi:10.1016/j.tsf.2013.03.018.

13 **D. W. Oplinger**, Mechanical Fastening and Adhesive Bonding – Handbook of Composites, Springer, 1998.

14 **A. Leuteritz, K.-D. Döring, T. Lampke, I. Kuehnert**, Accelerated ageing of plastic jacket pipes for district heating, *Polym. Test.* 51 (2016) 142–147. doi:10.1016/j.polymertesting.2016.03.012.

Material received on 29.11.19.

А. Ш. Калмагамбетова¹, Т. А. Богоявленская²

Жылу құбырларына арналған полиуретанды көбік адгезиясы

^{1,2}Сәулет және құрылыс институты,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы.
Материал 29.11.19 баспаға түсті.

А. Ш. Калмагамбетова¹, Т. А. Богоявленская²

Эффект адгезии полиуретановой теплоизоляции для сетей горячего водоснабжения

^{1,2}Архитектурно-строительный институт,
Қарағандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100000, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Мақалада жер асты ыстық су желілері үшін құрылыс материалы ретінде қолданылатын алдын-ала оқшауланған құбыр жүйесін салу кезінде полиуретанды жылу оқшаулаудың полиэтиленнің сыртқы өткізбейтін сыртқы корпусына жабыстырылуы ұсынылған. Ыстық су желілері үшін құбырлардың қызмет ету мерзімін стандартты 30 жылдан 50 жылға дейін ұзарту үшін полиуретанды көбіктің адгезиясын зерттеу ұсынылады. «Полиэтилен – полиуретанды жылу оқшаулаудың сыртқы қабатын су өткізбейтін сыртқы корпус» арқылы тангенциалды ығысу үшін су өткізбейтін сыртқы корпусы қолдану арқылы жылу оқшаулаудың жабысқақ күшін анықтау ұсынылады.

В статье представлена адгезия полиуретановой теплоизоляции к водонепроницаемому наружному кожуху из полиэтилена при строительстве предизолированных трубных систем, используемых в качестве строительного материала для подземных сетей горячего водоснабжения. Чтобы продлить срок службы труб для сетей горячего водоснабжения со стандартных 30 лет до 50 и более лет, предлагается исследовать адгезию пенополиуретана. Предложено определить адгезионную прочность теплоизоляции с помощью водонепроницаемого наружного кожуха для сдвига в тангенциальном направлении по краю «Водостойкий наружный кожух из полиэтилена – полиуретановая теплоизоляция».

ГРНТИ 73.38.79; 73.37.31; 51.12.07

**Н. С. Малыбаев¹, Н. К. Карбаев², Д. С. Шонтаев³,
Б. Т. Оразалиев⁴, Е. Н. Сайдалин⁵,
А. Н. Қоңқыбаева⁶, Б. Б. Унайбаев⁷**

¹к.т.н., доцент, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100004, Республика Казахстан;

²к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Транспортная техника и технологии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Транспортная техника и технологии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., доцент, кафедра «Транспортная техника и технологии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁵магистр, ассистент, кафедра «Транспортная техника и технологии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁶магистр, ассистент, кафедра «Транспортная техника и технологии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁷к.т.н., докторант, кафедра «Строительные материалы и технология», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100004, Республика Казахстан

e-mail: ¹malibaev@yandex.ru; ²k_nurlan99@mail.ru; ³dshontaev@mail.ru;

⁴berik.oraliev@mail.ru; ⁵erlan_saidalin@mail.ru; ⁶arai_janaarka@mail.ru

ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ САМОХОДНОГО БЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ

Приведены колебания механической системы самоходного бетоносмесителя (СБС), вызывающие кинематическое возбуждение. Рассмотрена задача с двумя степенями свободы колебания СБС, а также оценка различных конструкций СБС по единичным и комплексным показателям эффективности с учетом условий эксплуатации.

Ключевые слова: колебание, наезд, технико-эксплуатационные показатели, шасси, бетоносмесители, центр тяжести.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем строительной отрасли являются задача доставки бетонной смеси от бетоносмесительного узла до строительного объекта без изменения качества смеси.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Движение самоходного бетоносмесителя (СБС) от бетоносмесительного узла (БСУ) до строительных объектов связано с преодолением и проходом по неровностям, а также вращением смесителя с бетонной смесью и вызывает кинематическое возбуждение гармонических линейных колебаний механической системы. Наезд колеса, подрессоренного СБС на неровность, то есть случайные препятствия, вызывают возбуждение колебаний шасси, имеющую форму синусоида, что равносильно перемещению конца пружины по гармоническому закону при неподвижной оси пружины (рис. 1).

Колебание СБС можно представить, как балку двумя степенями свободы (рис. 2а). При колебании в данной системе только одной, но описание ее движения требует двух независимых координат, то есть Y и O . Допустим, система выведена из состояния покоя, нажатием на один конец балки. В этом случае, одновременно будет происходить возбуждение и колебание вверх и вниз, а также покачивание вокруг оси O , перпендикулярной плоскости чертежа и проходящей через центр тяжести. Рассмотрим задачу при одинаковой жесткости пружин и расположении центра тяжести балки посередине между осями пружин [1].

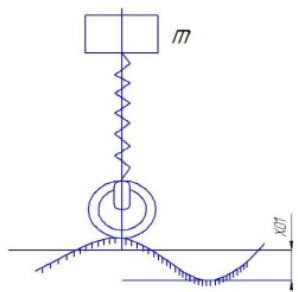


Рисунок 1 – Кинематическое возбуждение

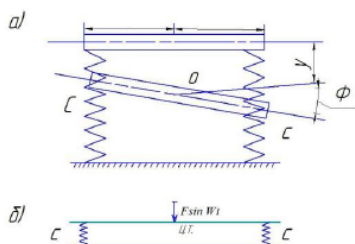


Рисунок 2 – Вынужденные колебания автобетоносмесителя как системы с двумя степенями

Если масса балки m , а ее момент инерции при повороте вокруг центра тяжести I , то получим следующие дифференциальные уравнения движения:

$$\begin{aligned} -C(y + l) - C(y - l) &= my'', \\ -C(y + l) - C(y - l) &= my'', \end{aligned} \tag{1}$$

Следует отметить, что знаки в левых частях определяются тем, что обе силы упругости при линейном перемещении направлены против отклонения y , а моменты сил упругости при повороте справа против положительного отклонения (пружина сжимается), а слева – в сторону отклонения (сжатая пружина распрямляется). [2]

Из системы уравнений (1), полагая $y=y_0 \sin \omega t$, получим:

$$\begin{aligned} -m\omega^2 y_0 + 2cy_0 &= 0; \\ -J\omega^2 y_0 + 2cl^2 y_0 &= 0. \end{aligned} \tag{2}$$

Каждое из уравнений (2) решается независимо друг от друга, в результате получим две собственные частоты:

$$W_{c1} = \sqrt{\frac{2c}{m}} \text{ и } W_{c2} = \sqrt{\frac{2cl^2}{J}} \tag{3}$$

Физический смысл независимости уравнений заключается в том, что вследствие полной симметрии системы относительно центра тяжести можно было бы возбудить чисто прямолинейные колебания, сместив при том центр тяжести вниз, так, чтобы обе пружины сжались на одинаковую величину, или только вращательные колебания (угловые повороты), если удерживать середину балки на начальном уровне и нажать на один из концов. [3]

Здесь следует отметить, что идеальная симметрия, т.е. полное равенство жесткости C (жесткостей рессор с правой и левой сторон), а также точное расположение центра тяжести посередине балки в действительности не полностью осуществимы, но тот или иной из двух видов колебаний будет преобладать при описанных способах начального возбуждения. Следовательно, если частоты W_{c1} и W_{c2} близки между собой, то колебания могут быть сначала, допустим, прямолинейными, затем смешанными прямолинейно-вращательными, далее чисто вращательными. [4]

Следует отметить, что запас потенциальной энергии пружин (рессор) при этом распределяется по-разному, между двумя видами колебаний в разные отрезки вращения колебательного процесса.

Рассмотрим следующую задачу: действие вращения смесителя на шасси СБС представим как систему с вертикальной периодической силой F . Так как направление данной силы проходит через центр тяжести, то колебания шасси СБС будут чисто прямолинейны без поворота массы (рис. 2, б).

В данном случае имеем вынужденные колебание шасси и получим следующие дифференциальные уравнения движения:

$$\begin{aligned} -C(y + l) - C(y - l) &= my'' + F \sin \omega t \\ -C(y + l) - C(y - l) &= my'' + F \sin \omega t \end{aligned} \quad (4)$$

Полученные уравнения являются неоднородными и независимыми друг от друга. Из теории дифференциальных уравнений известно, что общее решение неоднородных уравнений (4) равно сумме общего решения однородных уравнений (2) и частного решения удовлетворяющего уравнениям (4). Чтобы найти такие частные решения, зададимся следующими решениями; т.е. примем, что гармоническая сила с частотой ω создает гармоническое движение с той же частотой, и будем подбирать y_0 и φ_0 таким образом, чтобы принятое решение удовлетворило системе уравнений (4). [5]

Дифференцируя дважды $y = y_0 \sin \omega t$ и $\varphi = \varphi_0 \sin \omega t$ получим, $y'' = -y_0 \omega^2 \sin \omega t$ и $\varphi'' = -\varphi_0 \omega^2 \sin \omega t$. Далее подставляя для y и y'' , и φ , и φ'' в систему уравнений (4) получим:

Решаем систему уравнений (4) относительно y и φ_0 для нахождения ее удовлетворяющих.

Вначале вычистил из первого уравнения второе, а затем оба уравнения складывая, получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} y_0(c + c * l - m\omega^2) &= \varphi_0(cl + cl^2 - \omega^2 l) \\ y_0(3c + c * l - m\omega^2) &= \varphi_0(-cl - cl^2 + \omega^2 l) + 2F \end{aligned} \quad (5)$$

Решая окончательную систему уравнений (5) относительно y_0 и φ_0 , получим:

$$y_0 = \frac{2F}{4c - m\omega^2} \text{ и } \varphi_0 = \frac{F(2 + 4c - m\omega^2)}{(4c - m\omega^2)(cl + cl^2 - \omega^2 l)} \quad (6)$$

При значениях y_0 и φ_0 определенными зависимостями (6) принятое решение $y = y_0 \sin \omega t = \frac{2F}{4c - m\omega^2} \sin \omega t$ и $\varphi = \varphi_0 \sin \omega t = \frac{F(2 + 4c - m\omega^2)}{(4c - m\omega^2)(cl + cl^2 - \omega^2 l)} \sin \omega t$

Следовательно, общие решения системы уравнений (4) будет иметь следующий вид:

$$y = C_1 \sin \omega_2 t + C_2 \cos \omega_c t + \frac{2F}{4c - m\omega^2} \sin \omega t$$

$$\varphi = C_3 \sin \omega_2 t + C_4 \cos \omega_c t + \frac{F(2 + 4c - m\omega^2)}{(4c - m\omega^2)(cl + cl^2 - \omega^2 l)} \sin \omega t \quad (7)$$

ВЫВОДЫ

Сравнительная оценка различных конструкций СБС по единичным и комплексным показателям эффективности и технико-экономического уровня СБС в технологических схемах работы с учетом условий эксплуатации позволяет более точно раскрыть их технико-эксплуатационные возможности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Александров, В. А.** Прогнозирование научно-технического прогресса. М., 1979. – 305 с. : ил.
- 2 **Янч, Э. К.** Прогнозирование научно-технического прогресса. М., Прогресс, 1983. – 350 с. : ил.
- 3 **Тимофеева, М. М.** Опыт прогнозирования и развития отрасли техники на основе статистической обработки патентов. М., Атомиздат. / Н. М. Мандатов. 1999. – 260 с.
- 4 **Гмошинский, Н. Г.** Инженерное прогнозирование. М., Энергоиздат., 1982. – 207 с.
- 5 **Дерзкий, В. Г.** Прогнозирование технико-экономических параметров новой техники / В. Г. Дерзкий, Т. А. Негай, Ю. Ф. Шкворец, Т. Н. Щедрина. Под ред. В. П. Александрова. – Киев, 2010. – 175 с.
- 6 **Ширяев, С. А.** Транспортное и погрузочно – разгрузочные средства. – М. : Горячая линия – Телеком, 2010. – 848 с.
- 7 **Сырлыбаев, Р. С.** Техническая эксплуатация автомобилей; учебное пособие / Р. С. Сырлыбаев, А. Г. Акчурин. – Алматы : Каз АТК, 2009 – 84 с.
- 8 **Баубеков, Е. Е.** Техническая эксплуатация автомобилей: учебное пособие – Алматы : КазАТК, 2011 – 120 с.
- 9 **Володин, А. И.** Локомативные энергетические установки. – М. : Желдориздат, 2012 – 112 с.
- 10 **Ковылов, Ю. Л.** Теория рабочих процессов и моделирование процессов ДВС // Учебник. Самара, 2013 – 125 с.
- 11 **Дьяченко, В. Г.** Теория двигателей внутреннего сгорания. – Харьков : ХНАДУ, 2012 – 121 с.
- 12 **Горев, А. Э.** Грузоведение автомобильные перевозки – М. : Академия, 2011.

13 **Возницкий, И. В.** Судовые двигатели внутреннего сгорания. 1 и 2 тома – Москва : «Моркнига», 2014.

14 **Забиева, А. Б.** Автомобильные двигатели. УМП – Алматы : КазАТК, 2014 – 104 с.

15 **Нерубаев, В. И.** Метод обоснования эффективных и безопасных минимальных расстояний между шпуровыми зарядами ВВ при проведении горных выработок в крепких породах: Автореф., к.т.н. М. 2010 – 52 с.

16 **Бекенов, Т. Н.** Основы расчета опорно-сцепных параметров самоходных колесных машин при обеспечении их проходимости: дисс. Докт. Техн. Наук. – Алматы, 1998 – 30 с.

17 **Бочкарева, М. М.** Количественная оценка качества транспортных услуг / М. М. Бочкарева, В. А. Гудков, Н. В. Дулина // Автотранспортное предприятие. – 2007. – № 12. – С. 49–53.

18 **Великанов, Д. П.** Эффективность автомобиля. – М. : Транспорт, 1969. – 239 с.

19 **Акмаев, К. Х.** Ремонт автомобилей: Учебник для вузов – М. : Транспорт, 1992. – 295 с.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

*Н. С. Малыбаев¹, Н. К. Карбаев², Д. С. Шонтаев³, Б. Т. Оразалиев⁴,
Е. Н. Сайдалин⁵, А. Н. Қоңқыбаева⁶, Б. Б. Унайбаев⁷*

Өзін-өзі толтырған бетон араластырғышты зерттеудің сұрақтары

^{1,7}Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,

Қарағанды қ., 100004, Қазақстан Республикасы;

^{2,3,4,5,6}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

*N. S. Malybaev¹, N. K. Karbayev², D. S. Shontayev³, B. T. Orazaliev⁴,
E. N. Saidalin⁵, A. N. Kongkybayeva⁶, B. B. Unaibayev⁷*

Questions of research of vibrations of the self-propelled concrete mixer

^{1,7}Karaganda State Technical University,

Karaganda, 100004, Republic of Kazakhstan;

^{2,3,4,5,6}S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,

Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Кинематикалық қозуды тудыратын өздігінен жүретін бетон араластырғыш механикалық жүйесінің тербелістері берілген. Өздігінен жүретін бетон араластырғыштың екі дәрежелі еркіндіктің ауытқуы мәселесі, сондай-ақ өздігінен жүретін бетон араластырғыштың әртүрлі жобаларын бағалау, бірақ жұмыс жағдайларын ескере отырып, бірыңғай және кешенді жұмыс көрсеткіштері қарастырылған.

The oscillations of the mechanical system of a self-propelled concrete mixer, which cause kinematic excitation, are given. The problem with two degrees of freedom of oscillation of a self-propelled concrete mixer and also an assessment of various designs of the self-propelled concrete mixer, but single and comprehensive performance indicators taking into account operating conditions.

**С. А. Мендыбаев¹, Г. Б. Садуакасова²,
Н. Б. Байкенова³, А. Е. Анарбаев⁴**

¹к.т.н., профессор, кафедра РЭТ, Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан;

²ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан;

³ст. преподаватель, кафедра «Электротехники и автоматизации», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан;

⁴ст. преподаватель, кафедра «Электротехники и автоматизации», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан

e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ПАВЛОДАРА

В статье рассмотрена существующая система автоматизации центрального теплового пункта. Приведена схема гидравлической автоматизации горячего водоснабжения города и обобщенная структурная схема системы автоматизации теплового пункта.

Ключевые слова: теплоснабжения, горячее водоснабжение, регулятор, термосистемы, датчик.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема автоматизации систем централизованного теплоснабжения является важной и актуальной задачей, успешное решение которой обеспечивает не только значительное повышение эффективности теплоснабжения города, но и существенное повышение надежности всего технологического процесса.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения (ГВС) в настоящее время установлена гидравлическая автоматика, в состав которой входят:

– датчик температуры, установленный на выходе водопроводной воды из подогревателя второй ступени;

– регулирующий клапан, установленный на входе сетевой воды в подогреватель второй ступени.

Регулирование температуры осуществляется за счет изменения расхода сетевой воды на подогреватель второй ступени. Для наблюдения за работой схемы контролируют следующие параметры:

- давление;
- температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе;
- давление и температура воды, поступающую в систему ГВС;
- расход воды на горячее водоснабжение;
- давление рабочей воды;
- командное давление на гидропривод регулирующего клапана.

На рисунке 1 приведена существующая схема автоматизации, состоящая из датчика температуры TMP и регулирующего клапана $PK-1$. Рабочая вода P_p для работы гидравлической автоматики отбирается из трубопровода водопроводной воды через вентиль VI . При заданной температуре воды на горячее водоснабжение $t_{ГВС}$ сливное и напорные сопла термодатчика TPM перекрыты и рабочая вода не расходуется.

При снижении регулируемой температуры открывается нижнее сливное сопло термодатчика TPM . В результате давление p_x снижается, и регулирующий клапан открывается, увеличивая расход сетевой воды на подогреватели горячего водяного снабжения.

При увеличении регулируемой температуры открывается верхнее напорное сопло термодатчика, что приводит к увеличению давления p_x ,

Увеличение давления вызывает частичное открывание клапана. Частичное открывание клапана сокращает расход сетевой воды на подогреватели системы горячего водяного снабжения.

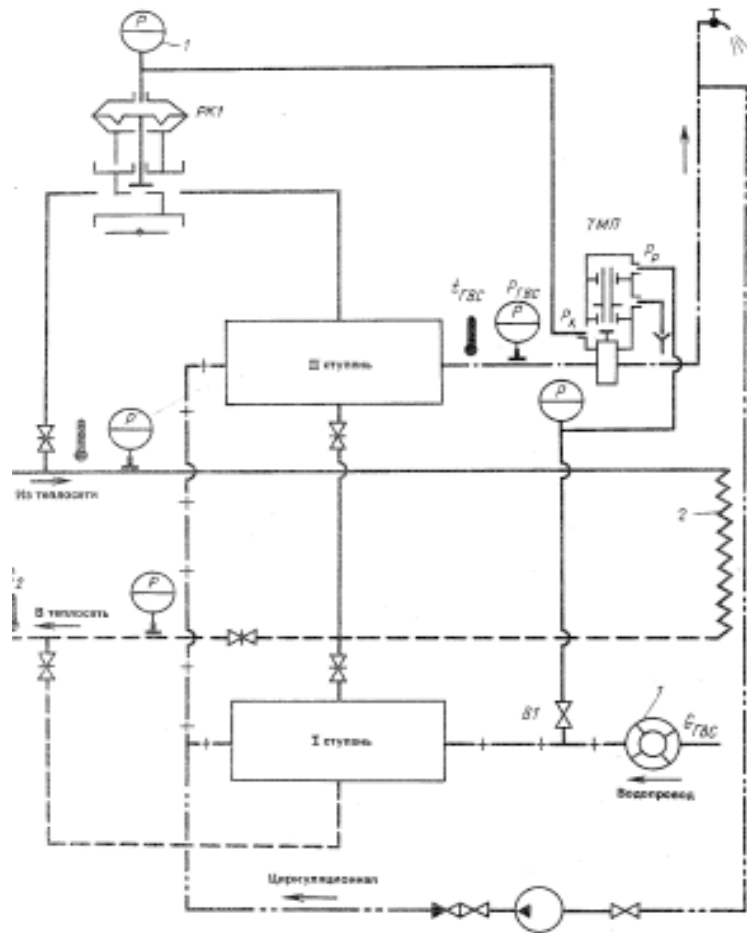


Рисунок 1 – Схема гидравлической автоматизации ГВС

Для регулирования температуры в системе отопления установлен регулятор типа *PT*. Регулятор температуры прямого действия типа *PT* применяется в закрытых системах теплоснабжения для регулирования температуры воды на горячее водоснабжение. Регулятор состоит из термосистемы, заполненной толуолом, и односедельного разгруженного клапана с сильфонным приводом. Термобаллон погружен в регулируемую среду.

При изменении температуры среды изменяется объем жидкости, заполняющий термосистему, положение сильфона привода, а следовательно, и жестко связанного с ним регулирующего клапана.

Настройка регулятора на требуемую температуру производится за счет изменения объема термосистемы путем изменения положения сильфона настройки. Так как регуляторы *PT* не являются плотнозапорными, а манометрическая термосистема чувствительна к перегреву, применять их следует в системах горячего водоснабжения, оборудованных циркуляционными линиями. Для установки термобаллонов регуляторов в трубопроводы наибольшего диаметра необходимо врезать специальные расширители.

Электронный регулирующее устройство для систем отопления типа *T48M* предназначено для автоматизации отпуска теплоты в системах отопления и горячего водоснабжения на центральном тепловом пункте (*ЦТП*). Помимо этого оно широко используется для работы в системах автоматического регулирования температуры и других санитарно – технических систем (вентиляции кондиционирования и т.п.), расположенными в жилых, общественных, промышленных зданиях и сооружениях.

Регулирующее устройство *T48M1* может изменять отпуск теплоты на отопление путем изменения разности температур воды в подающем и обратном трубопроводе, в зависимости от температуры наружного воздуха, т.е. служит для реализации отопительного графика.

График отпуска теплоты может осуществляться различными способами:

- заданием разности температур (ΔT) в подающем и отводящем трубопроводах;

- заданием коэффициента наклона графика (K_n) в требуемом рабочем диапазоне;

- заданием температуры наружного воздуха верхней срезки графика отпуска теплоты в диапазоне от 0 до -25°C , который может дополнительно сдвигаться в сторону отрицательных температур.

При введении в регулятор дополнительных устройств (ускорителей) он может выполнять функции защиты систем теплоснабжения и теплотребления в случае аварийных нарушений гидравлического режима работы тепловой сети.

Управление технологическими процессами практически во всех отраслях промышленности осуществляется на базе средств автоматизации, которые применяются в комплексе с электрическими, пневматическими, гидравлическими и комбинированными приборами и устройствами.

Для определения состава приборов, аппаратов и устройств (а так же связей между ними), действие которых обеспечивает решение задач

управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации составляет принципиальная схема автоматизации. Все управление на данном объекте будет осуществляться контроллером, т.о. информация от датчиков будет поступать через аналоговые и дискретные модули ввода на контроллер.

ВЫВОДЫ

Контроллер, обрабатывая ее, формирует выходные сигналы, которые передает через аналоговые модули вывода на клапана ГВС и отопления и дискретные модули вывода на силовой щит, где находятся пускатели, контакторы и т. д., которые уже непосредственно включают либо выключают исполнительные механизмы. Заданные значения тех или иных параметров поступают на контроллер через коммуникационный процессор от оператора или диспетчера.

Обобщенная структурная схема системы автоматизации центрального теплового пункта приведена на рисунке 2.

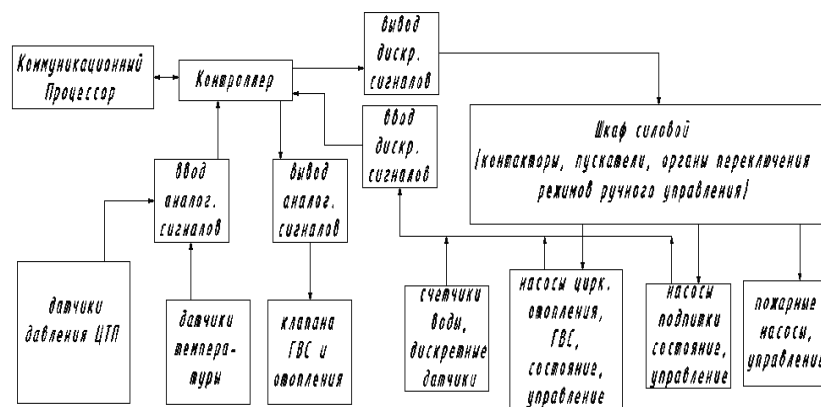


Рисунок 2 – Структурная схема системы автоматизации ЦТП

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Соскин, Э. А., Киреева, Э. А.** Автоматизация управления промышленным энергоснабжением – М. : Экзамен, 2004. – 352 с.
 2 **Голубков, Б. Н. и др.** Теплотехническое оборудование промышленных предприятий – М., 1989. – 544 с.
 3 **Григорьев, В. А., Зорин, В. М.** Промышленная теплоэнергетика и теплотехника – М., 1993. – 552 с.

4 **Зингер, Н. М. и др.** Повышение эффективности работы тепловых пунктов. – М. : 1990. – 188 с.

5 **Сафонов, А. П.** Автоматизация систем централизованного теплоснабжения – М. : 1994. – 178 с.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

С. А. Мендыбаев¹, Г. Б. Садуакасова², Н. Б. Байкенова³, А. Е. Анарбаев⁴

Павлодар қаласының орталықтандырылған жылумен жабдықтауды автоматтандыру жүйесі

^{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 29.11.19 баспаға түсті.

S. A. Mendybaev¹, G. B. Saduakasova², N. B. Baykenova³, A. E. Anarbaev⁴

Automation system of district heating of Pavlodar city

^{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 29.11.19.

Мақалада орталық жылу пунктін Автоматтандыру жүйесі қарастырылған. Қаланың ыстық сумен жабдықтаудың гидравликалық автоматтандыру схемасы және жылу пунктін автоматтандыру жүйесінің жалпыланған құрылымдық сұлбасы келтірілген.

The article considers the existing automation system of the Central heating station. The scheme of hydraulic automation of hot water supply of the city and the generalized block diagram of system of automation of thermal point is resulted.

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, ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹almagul_mergalimova@mail.ru; ²ars_uran@mail.ru;

³ongar_bulbul@mail.ru; ⁴talipov1980@mail.ru

РАСТОПКА КОТЛОАГРЕГАТОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ФАКЕЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЖАТОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

В статье предложен способ растопки котлоагрегатов и обеспечения устойчивого воспламенения пылеугольного факела с использованием сжатого природного газа. Это дает значительное снижение финансовых затрат, связанных с дороговизной мазута. Также снижаются расходы энергии на собственные нужды станции, повышается экономичность и эффективность растопки котлоагрегатов. Есть возможность вернуть часть энергии, затраченной на сжатие газа, а также снять холод, образующийся при расширении газа в детандере.

Ключевые слова: природный газ, компримированный природный газ, сжиженный природный газ, экономичность, детандер-генераторная установка, котельная установка, растопка.

ВВЕДЕНИЕ

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.

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.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

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 [1].

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.

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°C. Это связано с обеспечением нормальных условий работы как самого детандера, так и газовых трубопроводов. Газ перед детандером подогревается, как правило, до 80...120°C. 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. [2].

На рисунках 1 и 2 приведены схемы ТЭС с ДГА при подогреве газа отбором пара из турбины и использованием ТНУ.

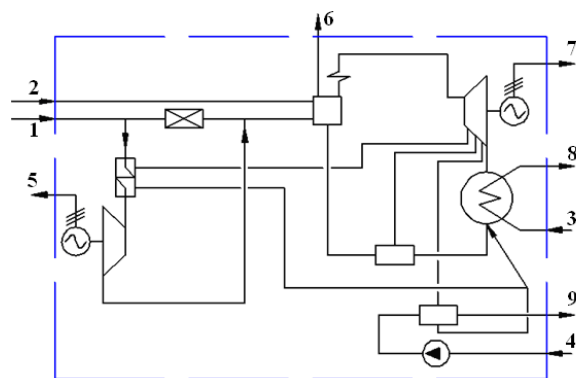


Рисунок 1 – Схема ТЭС с ДГА при подогреве газа отбором пара из турбины

- 1 – сжатый природный газ, 2 – воздух, 3, 8 – циркуляционная вода, 4, 9 – сетевая вода, 5 – электроэнергия от ДГА, 6 – уходящие газы, 7 – электроэнергия от ТЭС

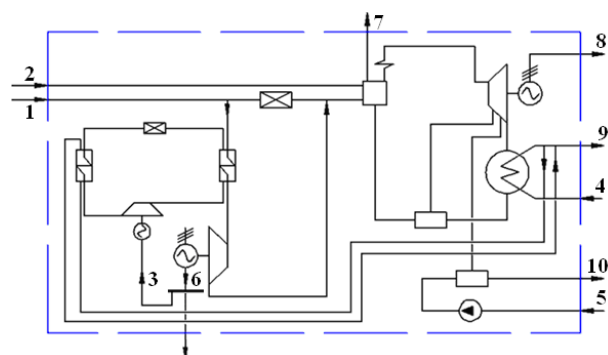


Рисунок 2 – Схема ТЭС с ДГА при подогреве газа с использованием ТНУ.

- 1 – природный газ, 2 – воздух, вход; 3 – электроэнергия на ТНУ; 4 – циркуляционная вода, вход; 5 – сетевая вода, вход; 6 – электроэнергия от ДГА, выход; 7 – уходящие газы, выход; 8 – электроэнергия от ТЭС, выход; 9 – циркуляционная вода, выход; 10 – сетевая вода, выход

Нами предложен способ растопки котлоагрегатов и обеспечения устойчивого воспламенения пылеугольного факела с использованием сжатого природного газа. Сжатие газа происходит на специализированных предприятиях, сжимают газ до давления 200–250 бар, что приводит к сокращению объема в 200–250 раз. Транспортировка и хранение компримированного газа на ТЭС осуществляется в емкостях – накопителях газа. Газ из этих емкостей подается в общий газопровод, на котором устанавливаются детандеры для возврата части энергии, затраченной на сжатие природного газа. Детандеры оборудованы кожухами с антифризом для снятия холода. После детандеров газ поступает в горелки котельных агрегатов, а антифриз в теплообменник, для передачи холода воздуху.

Есть также возможность в качестве резервного растопочного топлива использовать сжиженный газ (пропан -бутан). Но 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.

На рисунке 3 представлена схема ТЭС, с растопкой на сжатом газе и детандером.

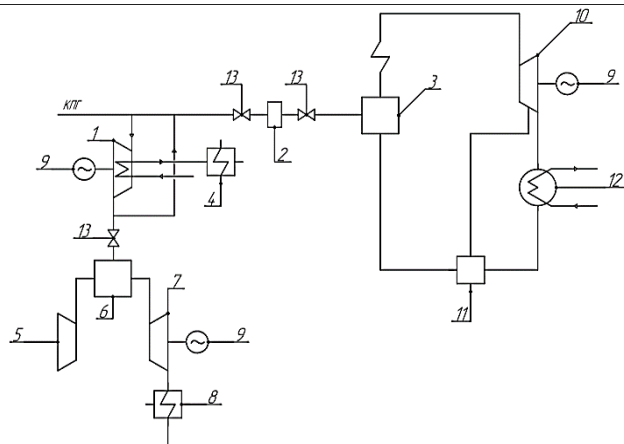


Рисунок 3 – Технологическая схема растопки сжатым природным газом с детандером

- 1 – детандер, 2 – ГРП, 3 – котел, 4 – теплообменник, 5,6,7 – ГТУ, 8 – котел-утилизатор, 9 – электрогенератор, 10 – паровая турбина, 11 – регенеративный подогреватель, 12 – конденсатор

Предлагаемый способ работает следующим образом. Доставленный на ТЭС в специальных емкостях сжатый природный газ, подается в общий газопровод, а оттуда в детандер 1, оборудованный кожухом с системой снятия холода антифризом. После детандера, через газорегуляторный пункт 2 газ поступает в горелочные устройства котлоагрегата 3, а антифриз в теплообменник 4, для передачи холода воздуху. Есть также возможность после детандера отправлять газ в ГТУ 5, 6, 7. Для этого на выходе из детандера газ должен быть более высокого давления, необходимого для ГТУ. После ГТУ продукты сгорания поступают в котел-утилизатор 8. Котел – утилизатор может быть как водогрейным так и паровым. Температура продуктов сгорания достаточна для того, чтобы довести пар до состояния, необходимого для использования в паровой турбине.

ВЫВОДЫ

Таким образом, компримированный природный газ эффективен для растопки котлоагрегатов и обеспечения устойчивого воспламенения пылеугольного факела. Он позволяет исключить использование мазута для растопки котла и при работе котла с пониженными нагрузками. Это дает значительное снижение финансовых затрат, связанных с дороговизной мазута. Также снижаются расходы энергии на собственные нужды станции,

повышается экономичность и эффективность растопки котлоагрегатов. Есть возможность вернуть часть энергии, затраченной на сжатие газа, а также снять холод, образующийся при расширении газа в детандере. И один из очень значимых результатов – это снижение выбросов оксидов серы и азота, пятиоксида ванадия, выделяемых при сжигании мазута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 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.
- 2 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.
- 3 Надиров, Н. К. Нефть и газ Казахстана. – Алматы : Гылым, 1995. – 400 с.
- 4 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.
- 5 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.
- 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 29.11.19.

А. К. Мергалимова¹, Р. А. Умирзаков², Б. Онгар³, О. М. Талипов⁴

Казан агрегаттарын жағу және сығылған табиғи газды пайдалана отырып, шаңкөмір алауының тұрақты тұтануын қамтамасыз ету

^{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., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

A. K. Mergalimova¹, R. A. Umirzakov², B. Ongar³, O. M. Talipov⁴

Kindling of boilers and ensuring stable ignition of pulverized coal flares using compressed natural gas

^{1,2}S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

³M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, 050000, Almaty, Republic of Kazakhstan;

⁴S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада қазан агрегаттарын жағу және сығылған табиғи газды пайдалана отырып, шаңкөмір алауының тұрақты тұтануын қамтамасыз ету әдісі ұсынылған. Бұл қымбат мазутқа байланысты қаржылық шығындардың айтарлықтай төмендеуін береді. Сондай-ақ, станцияның өзіндік мұқтажықтарына жұмсалатын энергия шығындары азаяды, қазандық агрегаттарын жағу тиімділігі мен үнемділігі артады. Газды қысқа жұмсалған энергияның бір бөлігін қайтаруға, сондай-ақ детандерде газды кеңейту кезінде пайда болатын суықты алып тастауға мүмкіндік бар.

The article proposes a method for kindling boilers and ensuring sustainable ignition of a coal-fired torch using compressed natural gas. This gives a significant reduction in financial costs associated with the high cost of fuel oil. Also, energy consumption for the station's own needs is reduced, efficiency of boiler kindling is increased. It is possible to return some of the energy spent on the compression of the gas, as well as to remove the cold formed by the expansion of the gas in the expander.

ГРНТИ 662. 613. 125

А. Г. Миков¹, Ж. Камбаров²

¹к.т.н., профессор, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз, 141208, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз, 141208, Республика Казахстан

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКИ ПО ВЫДЕЛЕНИЮ МИКРОСФЕРЫ ИЗ ВОДНО-ЗОЛЬНОГО ПОТОКА БЕЗ АРМАТУРЫ НА ТРУБЕ ГИДРОЗОЛОУДАЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В настоящей статье авторы предлагают теоретическое обоснование способа подключения действующей опытной установки по выделению микросферы к трубе гидрозолоудаления тепловых электростанций.

Ключевые слова: микросфера, опытная установка, тепловые электростанции, гидрозолоудаление.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В Астане, впервые в Казахстане, введена в действие опытная установка ТОО «ЕКО Sphere KZ» по извлечению микросферы из водно-зольного потока Астанинской ТЭЦ-2 АО «Астана-Энергия» [1]. На практике подключение к трубам золоудаления ТЭЦ какой-либо посторонней установки производится путем установки на трубе ГЗУ отсекающей арматуры. Однако, наличие такой арматуры крайне нежелательно для эксплуатации золопровода, т.к. может привести к аварии или другим нежелательным процессам. Сложность эксплуатации системы ГЗУ – опытная установка – золоохранилище заключается в том, что золоводянная пульпа должна непрерывно подаваться из багерной ТЭЦ на золоохранилище и при этом ее транспортировка должна быть безопасной. Предлагаемые расчеты проведены с целью показать возможность подключения опытной установки к трубе золошлакопровода ТЭЦ без отсекающей арматуры.

В камере переключения присоединение опытной установки происходит тремя трубами: двумя трубами внутренними диаметрами 100 мм и 400 мм в точках А и В для подачи пульпы на установку и одной трубой внутренним диаметром 500 мм в точке С для возврата пульпы из опытной установки

в золопровод. Подключение производится без установки отсекающей арматуры на трубе 500 мм ТЭЦ-2. Основная гипотеза данного предположения состоит в том, что в зоне Л между точками А и С образуется «пробка» (возможно это будет намытый золой участок).

Полное открытие задвижки на трубе D = 100 мм в точке А приведет к первоначальному заполнению всех систем опытной установки. При этом, из общего потока пульпы в 900 м³/час на установку сможет уйти поток в 185–230 м³/час. В определенный алгоритмом момент включаются параллельно 2 насоса ГРАТ 450/67/111 – 1,6 и в точке С начинается возврат пульпы из опытной установки в золопровод D = 500 мм ТЭЦ-2. В этот же период времени в точке В открываются задвижки и по трубе D = 400 мм пульпа поступает на установку.

Рассмотрим процессы, происходящие в трубах между точками В и С в камере переключения. Весь процесс можно разделить на стадии: заполнение по трубе D = 100 мм; начальный период заполнения по трубе 400 мм; период возврата по трубе 500 мм; образование пробки и установившееся течение.

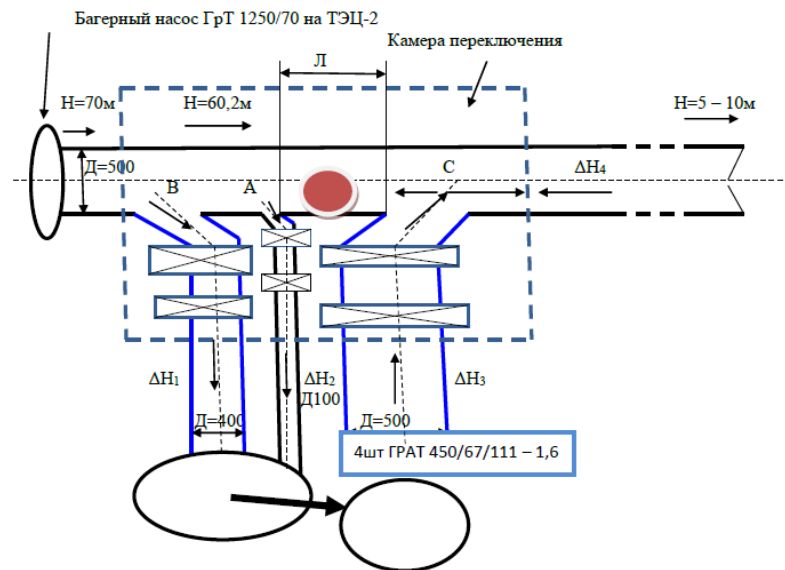


Рисунок 1 – Расчетная схема

Заполнение по трубе D = 100 мм.

Найдем потерю напора между камерой переключения и верхней точкой залива пульпы в приемный резервуар. Примем расстояние от камеры

переключения до приемного резервуара в 100 м, понижение точки стояния приемного резервуара по отношению к точке камеры переключения в 0,5 м, подъем пульпы во входной резервуар 4 м.

Для расчета используем известную формулу потери напора для воды, а вязкость учтем в конечном результате.

$$\Delta H = \delta \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + h \left[\frac{m}{m} * \frac{m^2}{c^2 * c^2} = m \right] \quad (1)$$

где, δ коэффициент гидравлического трения; L – длина трубопровода в м (L = 100 м); D – диаметр трубопровода в м (0,1 м + 0,16 м); v – средняя скорость потока пульпы в м/с (1,2739 м/с); g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²); h – добавочная высота.

Определяем коэффициент потерь. Для этого вначале определяем число Рейнольдса

$$R_e = \frac{v * D}{\mu} \left[\frac{m}{c} * \frac{m}{c} = 1 \right] \quad (2)$$

Проводим усредненные расчеты в точке присоединения. Для зимних условий принимаем температуру пульпы в среднем 30°C. Для этой температуры кинематическая вязкость равна 0,8*10⁻⁶ м²/с. В принципе, кинематическую вязкость можно определить для двухкомпонентной пульпы вода – зола по формуле

$$\mu = \mu_c (1 + 2,5 * \varphi) = 0,8 * 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

где, φ-объемная концентрация золы.

Объемная концентрация золы в пульпе колеблется от 0,08 до 0,12. Кроме того, значение вязкости зависит от температуры пульпы примерно в тех же границах. Скорость потока пульпы в точке А считаем примерно равной скорости потока пульпы в трубе ТЭЦ (ошибку определим и скорректируем позднее).

По формуле (2) находим число Рейнольдса

$$R_e = 159237$$

Определяем по специальной таблице коэффициент шероховатости

$$K_s = 0,15 * 10^{-3} \text{ м для сварных труб после одного года эксплуатации.}$$

Определяем область турбулентности по формуле сравнения. Для этого находим верхнюю границу турбулентности для нашего случая

$$560 * D / K_s = 373333$$

и низшую границу

$$10 * D / K_s = 6666,7. \text{ Определенное ранее число Рейнольдса находится}$$

между этими границами, а это значит, что в нашем случае имеет место вторая

область турбулентности. Для этой области δ – коэффициент гидравлического трения определяется по формуле Альтшуля

$$\delta = 0,11 \sqrt[4]{\left(\frac{K_2}{D} + \frac{68}{Re}\right)} = 0.023 \quad (3)$$

Принимаем гипотезу, суть которой заключается в следующем:

При отсутствии сопротивления потоку пульпы в точке разветвления общий поток $Q = v \cdot S$ делится на 2 потока $Q = v \cdot S = v_1 \cdot S_1 + v_2 \cdot S$. При первом приближении можно сказать, что скорости потока делятся пропорционально площадям труб $v = v_1 S_1 / S + v_2$.

Предположение 1.

Отношение скоростей равно квадратному корню из отношений потери напора. В первом приближении справедливость этого вытекает из формулы (1).

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\Delta H_1}{\Delta H}} \quad v_1 = v_2 * \sqrt{\frac{\Delta H_1}{\Delta H}} \quad v_2 = v_1 * \sqrt{\frac{\Delta H}{\Delta H_1}}$$

Подставляем это в уравнение неизменности потока в точке присоединения и после преобразования получаем

$$v = v_1 \left(\frac{S_1}{S} + \sqrt{\frac{\Delta H}{54}} \right) \quad (4)$$

Рассмотрим более подробно скорости течения пульпы в первом приближении. На участке от ТЭЦ до камеры переключения потеря напора составляет $70 - 60,2 = 9,8$ м. Примем $\delta = 0,02$; $h = 3,5$ м (глубина установки багерного насоса плюс высота места камеры переключения). Подставляем эти значения в формулу (1) и получаем

$$9,8 = 0,02 * 1200 * v^2 / (0,5 * 19,62) + 3,5$$

Из этого уравнения найдем скорость потока в камере переключения перед точкой присоединения $v = 1,6$ м/с. Подставим эту величину в уравнение (4), а также величину $S_1 / S = 0,04$ и после преобразований получим

$$v_1^2 * \Delta H / 54 = 2,56 - 0,128 * v_1 + 16 * 10^{-4} v_1^2 \quad (5)$$

В свою очередь $\Delta H = 0,02 * (20 v_1^2 / 1,962 + 80 v_1^2 / (0,16 * 19,62)) = 0,714 v_1^2$

После подстановки этого значения в (5) получаем уравнение 4 степени

$$v_1^4 - 197 + 9,85 v_1 + 0,008 v_1^2 = 0$$

Это уравнение решаем приближенными методами и получаем $v_1 = 3,57$ м/с при этой скорости ожидаемый поток $Q_1 = 257$ м³/час.

Потеря напора при этой скорости будет равна примерно 12 м.

Скорость $v_2 = 1,46$ м/с

Скорость v_2 может также измениться до $v_2 = 1,31$ м/с. При этой скорости нет заиливания.

Безусловно, эти расчеты дают идеализированную картину, но они дают общее представление и довольно хорошо совпадают с практическими результатами эксплуатации линии с присоединительным диаметром трубы в 100 мм и с переходом через 20 м в трубу диаметром 160 мм. Эти результаты получены на протяжении 2016–2017 годов.

Рассмотрим происходящие процессы, когда добавочно открываем задвижку в точке В, т.е. поток из трубы ТЭЦ $D=500$ мм пойдет по трубе $D=400$ мм. Скорость в точке В от напора насоса считаем равной $v = 1,6$ м/с (определена выше). Ожидаемый суммарный поток по двум трубам $D=400$ мм и $D=100$ мм без учета сопротивления будет равен $Q_{1+2} = 769$ м³/час. Следовательно, в трубу от камеры переключения до золоприемника может пройти поток $Q_4 = 131$ м³/час. При таком потоке скорость должна быть

$$v_4 = 0,185 \text{ м/с.}$$

Теперь проведем расчеты с учетом сопротивления в трубе $D=400$ мм. Область применения числа Рейнольдса определяем по той же методике.

$$Re_c = 1,6 * 0,4 / 0,8 * 10^{-6} = 800000$$

Верхняя граница турбулентности $560 * D / K_3 = 1493333$

Все расчеты будут во второй области турбулентности. Определяем коэффициент гидравлического сопротивления

$$\delta = 0,11 (1,5 * 10^{-4} / 0,4 + 68 / 80 * 10^{-4})^{0,25} = 0,011 * 1,4645 = 0,016$$

Теперь определяем ожидаемую потерю напора в трубе $D=400$ мм по формуле

$$\Delta H = \delta \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + h$$

$$\Delta H_1 = 0,016 * 100 * 2,56 / (0,4 * 19,62) + 3,5 = 0,52 + 3,5 = 4,02 \text{ м}$$

Суммарная потеря напора двух труб (сопротивление) будет равно примерно 16 м. Будем считать в первом приближении, что потоки по двум трубам $D=100$ мм и $D=400$ мм будут идентичны потоку по одной трубе, но с суммарной площадью $S_{1+2} = 0,13345$ м².

Далее применим выше изложенную методику.

Уравнение неизменности потока имеет вид $Q = v \cdot S = v_1 \cdot S_1 + v_2 \cdot S$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\Delta H_1}{\Delta H}}$$

Величины потери напора нам известны (считаем, что в обобщенной трубе они суммируются) $\frac{\Delta H_1}{\Delta H} = 3,375$

Далее получаем $v_1 = 1,85 v_2$. Подставляем в уравнение неизменности потока и получаем $v_2 = 0,71$ м/с $v_1 = 1,31$ м/с

Это очень интересный результат, говорящий о том, что после точки А может происходить заиливание (создание «пробки»), т.к. скорость $v_2 = 0,71$ м/с меньше минимально допустимой скорости $v_{кр} = 1,2$ м/с, при которой происходит заиливание.

Рассмотрим ситуацию, когда включаем насосы ГРАТ 450/67.

Эти насосы должны вернуть в золопровод ТЭЦ диаметром $D = 500$ мм полученный на опытную установку объем пульпы. Для этого они своим напором должны преодолеть сопротивление $\Delta H_4 = 54$ м и в конечном итоге перекачать 900 м³/час на золоотвал и иметь на входе в золоотвал напор $5-10$ м. Следовательно, напор этих насосов должен быть максимум 64 м. Напор такой величины потребуются не сразу, а только после образования «зольной пробки» в промежутке между точками А и С, т.е. на участке длиной Л. Первоначальный напор должен быть не менее 54 м для преодоления сопротивления ΔH_4 . Это утверждение основано на том, что при открытых задвижках в точках А и В не весь поток пойдет по трубам диаметром $D=100$ мм и $D=400$ мм. Именно этот результат был показан выше (после точки А существует поток со скоростью $v_2 = 0,71$ м/с.

Тем не менее, создаваемый багерным насосом ТЭЦ напор в точке А будет равен $60,2$ м и в первоначальный промежуток времени после начала работы насосов ГРАТ 450/67 (напор 54 м) не допустит перелив пульпы из точки С в точку А.

Суммируя движение пульпы в промежутке Л, можно ожидать образование «зольной пробки». В начальный период это может быть небольшое количество золы, но со временем «пробка» должна перекрыть трубу в промежутке Л.

Через определенный промежуток времени напор в точке С должен достигнуть 60 м и в промежутке Л будет равенство противоположно направленных напоров. Это равенство может создать и чисто водяную «пробку», в которой может быть и зола. Промежуток Л должен быть в пределах $1,5$ м.

После образования пробки весь напор 900 м³/час пойдет на опытную установку по трубам $D=100$ мм и $D=400$ мм, следовательно два насоса ГРАТ 450/67 должны перекачивать этот объем в золоохранилище. При этом важно создать равновесие напоров в точках А и С. Для этого в системе управления будут включены датчики давления и расходомеры.

Полученная «пробка» легко может быть удалена напором багерного насоса при отключении подачи на установку.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Уткин, О. В., Абдыкалыков, Д. Т., Миков, А. Г. «Удаление микросферы из гидрозольного потока тепловых электростанций» // Журнал «Экология и промышленность Казахстана». – № 4 (48). – 2015.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

А. Г. Миков¹, Ж. Камбаров²

Жылу электр станцияларының гидрокүлді жою құбырында арматурасыз су-күл ағынынан микросфераны бөлу жөніндегі тәжірибелік қондырғыны қосу тәсілін теориялық негіздеу

^{1,2}Академик Қ. Сәтбаев атындағы

Екібастұз инженерлік-техникалық институты,

Екібастұз қ., 141208, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

A. G. Mikov¹, J. Kambarov²

Theoretical substantiation of the connection method of the experimental installation for isolating the microsphere from water-ash flow without the fittings on the pipe of water ash removal of heat power plants

^{1,2}K. Satpayev Ekibastuz Engineering Technical Institute,

Ekibastuz, 141208, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Осы мақалада авторлар жылу электр станцияларының гидрокүлді жою құбырына микросфераны бөлу жөніндегі қолданыстағы тәжірибелік қондырғыны қосу тәсілінің теориялық негіздемесін ұсынады.

In the article the authors offer the theoretical ground of the connection method of operating pilot plant on the selection of microsphere to the pipe water ash removal of thermal power-stations.

Р. М. Несмеянова¹, С. Ю. Ковтарева², Т. А. Калиев³

¹к.х.н., ассоц. профессор (доцент), профессор, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистр, ст. преподаватель, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³магистр, ст. преподаватель, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹nesm_r@mail.ru; ²kovtar_sw@mail.ru; ³kalievt.a.76@gmail.com

РОЛЬ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ И ЕГО ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ КАЗАХСТАНСКОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Особое значение на современном этапе одной из основных отраслей экономики, нефтяной, имеет комплексное развитие нефтеперерабатывающего сектора и, в частности, вопросы получения экологически безопасных товарных бензинов, соответствующих современным международным требованиям.

Высокими октановыми числами обладают бензиновые фракции каталитического крекинга и риформинга, однако, ограничение по содержанию ароматических углеводородов уменьшает долю бензина риформинга в создании экологически чистого бензина. В связи с этим, важным в получении высокооктанового компонента бензина с низким содержанием ароматических углеводородов, бензола и олефинов становится процесс изомеризации бензина.

В статье представлен обзор о современном состоянии процесса на нефтеперерабатывающих заводах Республики Казахстан и тенденциях его развития.

Ключевые слова: изомеризация бензиновых фракций, нефтепереработка, производство бензинов, технический регламент, экологически чистые бензины, низкое содержание ароматических углеводородов.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильные бензины, характеризующиеся высокими октановыми числами, имеют большой спрос на современном рынке нефтепродуктов. Получение товарных бензинов на НПЗ состоит обычно из трёх этапов: 1) разделение сырой нефти на отдельные фракции, отличающиеся температурой кипения, т.е. первичная переработка нефти; 2) обработка / переработка фракций, полученных на первом этапе, т.е. вторичная переработка нефти; 3) дополнительная очистка полученных фракций, их компаундирование и обогащение присадками, увеличивающими октановое число топлива [1].

Достичь высоких значений октановых чисел можно либо за счёт усложнения технологии переработки нефти, либо за счёт введения в нефтепродукты специальных антидетонационных присадок и добавок.

Однако, технический регламент Таможенного союза [2] чётко прописывает требования к выпускаемым и обращающимся на единой таможенной территории ТС автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту.

Так, нормы по концентрациям железа, марганца, свинца в автомобильном бензине не позволяют использовать их металлорганические соединения в качестве антидетонационной присадки. Нормы по содержанию кислорода в бензине ограничивают применение оксигенатов, да и роль свою они сыграют лишь тогда, когда бензин состоит из высокооктановых компонентов, т.е. фракций каталитического крекинга, каталитического риформинга, изомеризата, алкилата и др., т.к., например, допустимые для МТБЭ 15 % об. могут повысить октановое число бензина на 2–4 единицы [3].

Наибольшими октановыми числами обладают ароматические углеводороды и парафиновые углеводороды разветвлённого строения, т.е. бензиновые фракции, полученные в процессах каталитического крекинга вакуумного газойля и каталитического риформинга фракций прямогонного бензина. Однако, ограничение по содержанию ароматических углеводородов – главного источника высокооктановых компонентов – уменьшает долю бензина риформинга в создании экологически чистого бензина. В связи с этим, процесс каталитического риформинга лучше всего сочетать с процессами изомеризации бензина, т.к. установка изомеризации позволяет получать высокооктановый компонент бензина с низким содержанием ароматических углеводородов, бензола и олефинов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На настоящее время на всех трёх заводах РК, находящихся под управлением АО «КазМунайГаз–Переработка и маркетинг» – Атырауский

НПЗ, Шымкентский НПЗ и Павлодарский НХЗ функционируют установки изомеризации.

Общая мощность «Атырауский НПЗ» (АНПЗ), «Павлодарский нефтехимический завод» (ПНХЗ) и Шымкентский «Петро Казахстан Ойл Продакт» (ПКОП) – 18 млн. т нефти в год [4].

В рамках Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 гг., утвержденной Указом Президента РК № 874 от 01.08.2014 г., и Республиканской карты индустриализации на 2015–2019 гг., утвержденной постановлением Правительства РК № 1418 от 31.12.2014 г. на всех трех нефтеперерабатывающих заводах РК реализованы инвестиционные проекты развития и модернизации.

Основной задачей модернизации НПЗ являлось достижение качества моторных топлив до требований экологических стандартов К4 и К5 в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза (что соответствует европейским экологическим стандартам Евро-4 и Евро-5), а также значительное сокращение выбросов вредных и загрязняющих веществ. Необходимо отметить, что до начала модернизации казахстанских НПЗ выпускаемые моторные топлива соответствовали экологическому классу К2 [5]. В результате реконструкции и модернизации мощности заводов по переработке нефти появилась возможность выпускать нефтехимические продукты (бензол и параксилон) и значительно увеличить выпуск светлых нефтепродуктов [6].

На Павлодарском НХЗ установка изомеризации производительностью 570 тыс. тонн в год является основой нового комплекса производства светлых нефтепродуктов, введенного в эксплуатацию в декабре 2017 года [7]. В июне 2018 года на Шымкентском НПЗ так же запущен крупный технологический объект – установка изомеризации легких бензиновых фракций с блоком предварительной гидроочистки сырья, проектная мощность которой составляет 600 тысяч тонн в год [8]. На этих заводах процесс основан на технологии низкотемпературной изомеризации «Репех» фирмы UOP.

Используемый в процессе катализатор, представляет собой платину, нанесенную на хлорированный оксид алюминия. Для защиты катализатора гидроочищенное сырьё дополнительно очищается от сернистых соединений в адсорберах и осушается на молекулярных ситах. В качестве промотора для восполнения потерь хлора в катализаторе в сырьевой поток подаётся перхлорэтилен. Поэтому балансировый газ, отделяемый с секции стабилизации, перед направлением в топливную сеть завода проходит скруббер щелочной очистки от хлороводорода, образующегося из перхлорэтилена.

Процесс изомеризации легкой нефти осуществляется в двух последовательно соединенных реакторах, которые обеспечивают полное

насыщение бензола. Кроме того, двухреакторная схема позволяет создать обратный температурный градиент за счёт охлаждения реакционной смеси перед поступлением во второй реактор, что обеспечивает большую конверсию углеводородов. В проекте применена схема процесса изомеризации с рециклом малоразветвлённых гексанов, позволяющая получать товарный изомеризат с октановым числом по исследовательскому методу не менее 87 пунктов.

На Атырауском НПЗ секция изомеризации легких бензиновых фракций «Parisom™» мощностью по сырью 260 тыс. тонн в год является частью комплекса глубокой переработки нефти [9]. Данная производительность позволяет обеспечить переработку всего объема легкой нефти, образующейся в процессе производства. Процесс изомеризации протекает в реакторе с неподвижным слоем катализатора. В данной технологии используется циркониево-сульфатный катализатор с добавлением благородного металла, для которого не требуется галоидный активатор. Катализатор обладает хорошей стабильностью и низкой коксуемостью.

Секция изомеризации легких бензиновых фракций «Parisom™» состоит из узла деизопентанизации, реакторного узла, узла стабилизации изомеризата и узла деизогексанизации.

Колонна деизопентанизации перед реакторным блоком предназначена для удаления изопентана из сырья, что способствует повышению конверсии за счёт увеличения соотношения н-С₅/изо-С₅.

Колонна деизогексанизации используется для выделения и рециркуляции низкооктановых метилпентанов и углеводородов нормального строения, как непрореагировавших, так и содержащихся в сырьё, что обеспечивает повышение октанового числа изомеризата до 90 пунктов ИОЧ.

В целом, установки изомеризации представляют собой технологическую систему, состоящую из взаимосвязанных технологическими потоками блоков:

- блок подготовки сырья (в основном состоит из гидроочистки сырья, стабилизации гидрогенизата в отпарной колонне, а также может включать адсорбционную очистку сырья на молекулярных ситах);
- блок четкой ректификации сырья изомеризации и/или полученного изомеризата;
- блок изомеризации (как правило, включает непосредственно реакторный блок и узел осушки циркулирующего газа);
- блок стабилизации полученного изомеризата.

Схемы процесса изомеризации в большинстве своём аналогичны. Различия определяются эксплуатационными характеристиками используемых катализаторов в зависимости от их типа. От температуры ведения процесса

изомеризации зависит основной показатель – октановое число получаемого изомеризата.

В мировой нефтепереработке используется три типа технологий изомеризации, отличающихся используемыми катализаторами и условиями процесса:

- на фторированных алюмоплатиновых катализаторах, при $t=360-440\text{ }^{\circ}\text{C}$ (высокотемпературные);
- на цеолитных катализаторах, при $t=250-300\text{ }^{\circ}\text{C}$ (среднетемпературные);
- на оксиде алюминия, промотированном хлором, при $t=120-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ и на сульфатированных оксидах металлов, при $t=120-210\text{ }^{\circ}\text{C}$ (низкотемпературные).

Выбор технологии изомеризации в последние годы ограничивался двумя типами процессов – «низкотемпературным» и «среднетемпературным». Их основные характеристики приведены в таблице 1 [10].

Таблица 1

Наименование показателя	Среднетемпературный	Низкотемпературный		
		Pt / Al ₂ O ₃ -Cl	Pt / ZrO ₂ -SO ₄	
Катализатор	Pt / цеолит	Pt / Al ₂ O ₃ -Cl	Pt / ZrO ₂ -SO ₄	
Температура, °C	250–300	120–180	120–210	
Давление, кгс/см ²	2,5–3,0	3,0–4,0	3,0±0,5	
Объемная скорость, ч-1	1,5–2,0	1,5	2,0-3,5	
Мольное отношение H ₂ : CН	1,0 : 1	0,3–0,5 : 1	2 : 1	
Октановое число, пункты (И.М.) «за проход» с рециклом C ₆ с рециклом C ₅ и C ₆	76–78	81–84	81–84	
	-	87–88	87–88	
	-	91–92	91–92	
Подача хлора	нет	есть	нет	
Регенерируемость	да	нет	да	
Устойчивость к примесям				
	H ₂ O, ppm	до 100	< 0,1	до 10
	азот, ppm	до 2	< 0,1	до 2
	сера, ppm	до 50	< 0,1	до 5

Как следует из этих данных, глубина изомеризации пентанов и гексанов на циркониевых катализаторах не уступает глубине изомеризации на хлорированных катализаторах, на цеолитных она существенно ниже.

Цеолитные катализаторы наименее активны и используются при более высоких температурах по сравнению с катализаторами других типов. На цеолитном катализаторе получается изомеризат с более низким октановым числом. Однако они обладают высокой устойчивостью к отравляющим примесям в сырье и способностью к полной регенерации в реакторе установки. Продолжительность межрегенерационного пробега – 2–3 года.

Катализаторы на основе хлорированной окиси алюминия наиболее активны, отличаются чрезвычайно высокой стабильностью и обеспечивают самый высокий выход и октановое число изомеризата. В ходе изомеризации катализаторы теряют хлор, в результате чего их активность снижается. Для поддержания эффективности катализатора предусматривается введение в сырьевую смесь хлорорганических соединений, вследствие чего возникает необходимость щелочной промывки от образующегося хлороводорода в специальных скрубберах. Существенным недостатком является то, что данный тип катализатора очень чувствителен к каталитическим ядам (к кислородсодержащим соединениям, включая воду, к азоту) и требует обязательной предварительной гидроочистки и осушки сырья. Ещё одной отрицательной чертой хлорированного алюмооксидного катализатора является то, что данные катализаторы не поддаются регенерации.

Катализаторы, содержащие сульфатированные оксиды металлов, в последние годы получили повышенный интерес, так как они сочетают в себе основные достоинства цеолитных и хлорированных катализаторов: активны и устойчивы к действию каталитических ядов, способны к регенерации.

Основными разработчиками катализаторов, содержащих сульфатированный оксид циркония, являются UOP (США) (технология Par-Isom на катализаторах LPI-100 и PI-242) и ОАО «НПП Нефтехим» (Россия) (технология Изомалк-2 на катализаторе СИ-2). Катализатор СИ-2 по активности превышает PI-242 и отличается высокой сероустойчивостью [11].

Преимущества циркониевого катализатора определяются его каталитическими свойствами:

- 1) низкая рабочая температура (120–140 °C) термодинамически благоприятна для высокой глубины изомеризации парафиновых углеводородов C₅–C₆;
- 2) высокая производительность, позволяющая эксплуатировать катализатор при высокой объемной скорости от 2 до 4 час⁻¹ и соответственно сокращать затраты на его приобретение;
- 3) катализатор не требует специальной, глубокой очистки сырья;
- 4) не требуется глубокая осушка сырья, поэтому в схеме отсутствует блок осушки сырья на молекулярных ситах;

5) не требуется подача каких-либо хлорсодержащих реагентов и соответственно отсутствует блок защелачивания.

6) сырье может содержать значительное количество бензола, который эффективно гидрируется на катализаторе.

Катализатор имеет низкую коксуемость и высокую стабильность. Это обеспечивает межрегенерационный период 2–3 года и общий срок службы 8–10 лет.

Вторым типом классификации технологий изомеризации является классификация по аппаратному оформлению [10]:

- 1) «за проход»;
- 2) с рециклом малоразветвлённых гексанов;
- 3) с рециклом *n*-пентана;
- 4) с деизопентанизацией сырья и рециклом гексанов;
- 5) с рециклом гексанов и *n*-пентана.

При минимальных инвестициях в реализацию процесса изомеризации может быть использована экономически эффективная схема без рециркуляции «за проход» (рисунок 1).

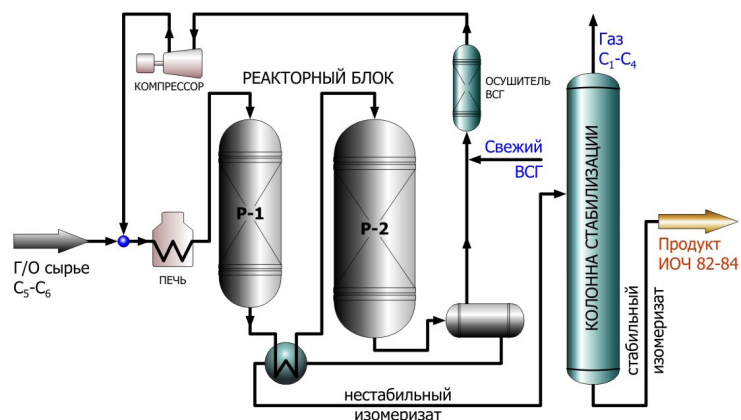


Рисунок 1 – Принципиальная схема процесса изомеризации «за проход»

Сырье установки однократно проходит через реактор, а затем изомеризат подвергается разделению в ректификационной колонне с получением стабильного изомеризата и оставшихся после стабилизации легких компонентов. Такая установка позволяет вырабатывать изокомпонент с октановым числом 82–84 пункта по исследовательскому методу.

При использовании этой схемы, в соответствии с правилами конверсии только часть углеводородов нормального строения перегруппировывается в

углеводороды разветвленного строения с более высоким октановым числом. Не подвергшиеся конверсии низкооктановые компоненты заметно снижают октановое число изомеризата, при этом его прирост составляет порядка 11–14 пунктов.

Увеличить степень конверсии и октановое число целевого продукта можно путём использования рециклов и повышением концентрации углеводородов нормального строения по отношению к углеводородам изостроения в сырье реактора [12]. Для этих целей используется возможность дополнять ту или иную схему различными колоннами.

Схема с рециклом малоразветвлённых гексанов – наиболее простой способ получения изомеризата с более высоким октановым числом. Дооборудованные колонной деизогексанизации (ДИГ) после реактора установки, позволяют увеличить октановое число изокомпонента на 5–6 пунктов и довести его до 87–89 пунктов. При этом непрореагировавшие низкооктановые компоненты (метилциклопентан и *n*-гексан) рециркулируются в реактор. Данная схема позволяет увеличить конверсию гексанов, но не повышает содержание изопентанов в продукте (рисунок 2).

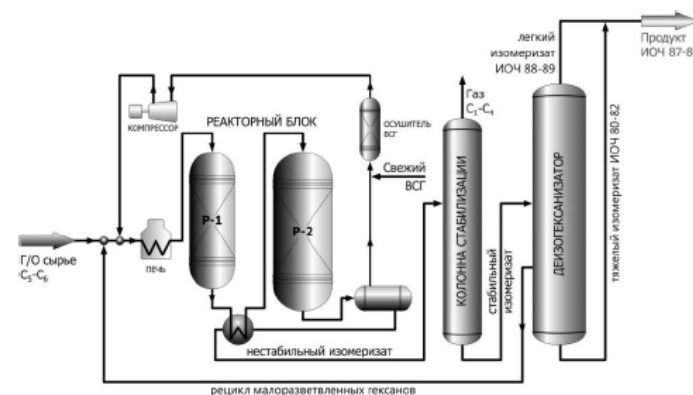


Рисунок 2 – Принципиальная схема процесса изомеризации с рециклом малоразветвлённых гексанов

Схема с рециклом *n*-пентана более сложна по сравнению с рециклом C_6 . Это обусловлено тем, что к реакторному блоку требуется дооборудование двух ректификационных колонн – депентанизации изомеризата и деизопентанизации сырья (рисунок 3). Октановое число получаемого при этом изомеризата несколько ниже – 85–86 пунктов и может быть выше только при условии увеличения пентанов в сырье.

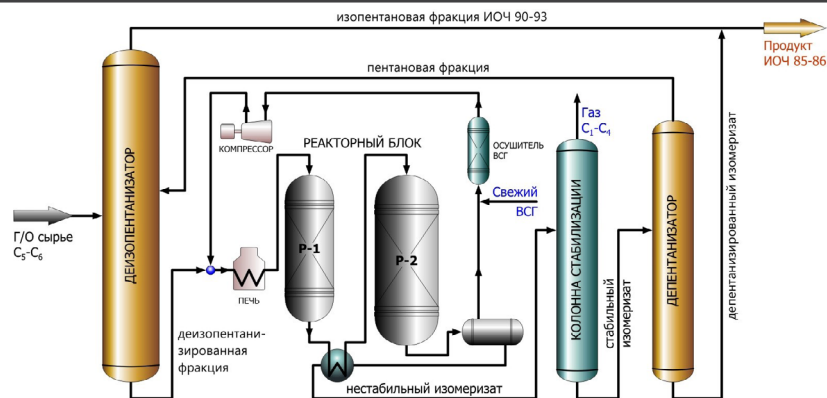


Рисунок 3 – Принципиальная схема процесса изомеризации с рециклом n-пентана

Следующая по сложности является схема с **деизоопентанизацией сырья и рециклом гексанов** (рисунок 4). Установка позволяет вырабатывать изокомпонент с октановым числом 90 пунктов.

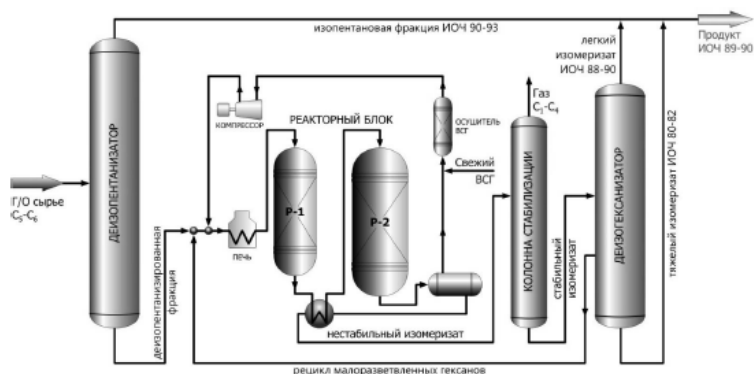


Рисунок 4 – Принципиальная схема процесса изомеризации с ДИП сырья и рециклом гексанов

Максимально возможное октановое число изокомпонента 91–92 пункта достигается по варианту с **рециклом и n-пентана и гексанов** (рисунок 5).

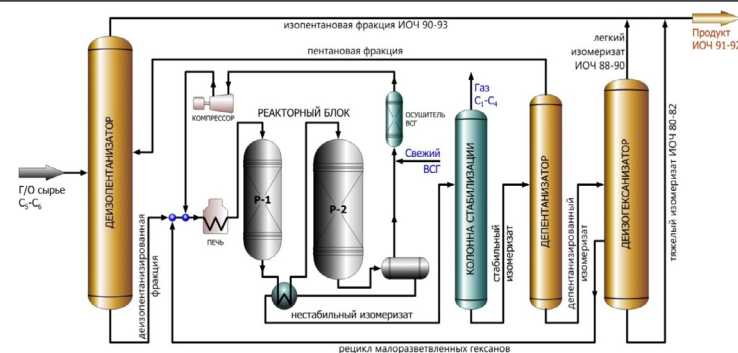


Рисунок 5 – Принципиальная схема процесса изомеризации с рециклом n-пентана и гексанов

Для полной конверсии всех парафинов нормального строения (не только n-C6, но и n-C5) в изомеры, необходима их полная рециркуляция, которую можно реализовать с помощью серии ректификационных колонн (с ДИП, ДИГ и ДП). Несмотря на самые высокие капитальные и эксплуатационные затраты эта схема в настоящее время получает все большую популярность.

ВЫВОДЫ

Предъявляемые требования к выпускаемым и обращающимся на единой таможенной территории ТС товарным нефтепродуктам, в частности, к автомобильному бензину и анализ развития процесса изомеризации подтверждает его высокую конкурентоспособность в сравнении с другими технологическими процессами получения высокооктановых компонентов автомобильных бензинов. За счёт включения установок изомеризации в технологическую цепочку Казахстанских НПЗ достигается увеличение и количества, и качества нефтепродуктов, что так важно для экологии РК.

Показано, что с позиции минимальных инвестиций предпочтительна схема процесса изомеризации «за проход», т.е. схема, не предусматривающая рециркуляцию непрореагировавших компонентов. Схемы «с колонной деизоопентанизации», «с колонной деизогексанизации», «с рециклом n-пентана», «с рециклом n-пентана и n-гексана» и др. отличаются различным уровнем сложности технологического процесса и количества оборудования, однако, они позволяют получить большие значения октановых чисел изомеризата, увеличить степень конверсии низкооктановых компонентов, часто уменьшить нагрузку на реактор. В целом, возможность подбора той или иной схемы переработки зависит от состава исходного сырья и имеющихся финансовых возможностей НПЗ.

Отмечено, что схемы установок изомеризации, включённых в технологическую цепочку НПЗ РК, снабжены рециклом низкооктановых малоразветвлённых гексанов и деизопентанизацией сырья, а в качестве катализаторов предпочтение отдано сульфатированным оксидам циркония и хлорированным оксидам алюминия.

В целом подобная модернизация НПЗ после перехода на выпуск бензинов К4 и К5 позволяет сократить долю серосодержащих соединений в них в 10–50 раз, долю бензола в 5 раз, увеличить октановое число как минимум до 92 пунктов. В дизельных топливах экологических классов К4 и К5 доля полициклических ароматических углеводородов составляет не более 8 % (масс.), что в К2 даже не нормировалось, цетановое число повышается до 51, температура вспышки до 55 °С.

Необходимо отметить, что включение установки изомеризации в схему завода – лишь часть проекта, одновременно модернизируются существующие и вводятся новые технологические установки. Кроме того, продолжается трансформация структуры управления НПЗ, продолжается внедрение энергосберегающих технологий, увеличивается межремонтный период, что в целом ведёт к развитию предприятий и повышению качества выпускаемых моторных топлив.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Производство бензина. [Электронный ресурс]. – <https://promplace.ru/articles/proizvodstvo-benzina-25>.

2 ТР ТС 013/2011 Технический регламент таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту».

3 **Данилов, А. М.** Роль присадок в производстве современных топлив. Neftegaz.RU. ISSN 2410-3837.

4 **Жалкенова, С. Т., Мусина, Ж.** Производство качественного топлива – путь к сохранению окружающей среды // Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 2012, – № 2. – С. 161–162.

5 **Амантурлин, Г. Ж.** Особенности модернизации нефтеперерабатывающей отрасли Республики Казахстан. // Нефть и газ, 2015, – № 4 (88). – С. 31–39.

6 Проекты развития и модернизации НПЗ. [Электронный ресурс]. – <http://www.kmg.kz/rus/deyatelnost/project/prm/>.

7 Комплекс производства светлых нефтепродуктов. [Электронный ресурс]. – https://www.pnhz.kz/production/technical_description/kpsn/.

8 Первый этап Проекта модернизации Шымкентского НПЗ завершён! // Мұнайшы. Корпоративное издание компании «ПетроКазakhstan». – 2017. – май. – С. 36. [Электронный ресурс]. – http://www.petrokazakhstan.kz/images/magazine/1501037073_pdf_file.pdf

9 **Сандибаев, Т., Сегизбаев, А.** Гидроиспытания колонн установки изомеризации легких бензиновых фракций // Новатор. – 2017. – 26 мая. – № 19. [Электронный ресурс]. – <https://azskmg.kz/upload/iblock/2d2/19.pdf>.

10 **Шакун, А. Н., Мириманян, А. А., Фёдорова, М. Л., Парсентьев, Н. Н., Макеев, С. А., Мкртычев, А. А.** Промышленный опыт перевода установки изомеризации пентан-гексановой фракции ОАО «Линос» на катализатор СИ-2 // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2006. – № 3. – С. 12–16.

11 **Ясакова, Е. А., Ситдикова, А. В., Ахметов, А. Ф.** Тенденции развития процесса изомеризации в России и за рубежом // Нефтегазовое дело. – 2010. – № 1.

12 **Кузьмина, Р. И., Фролов, М. П.** Изомеризация – процесс получения экологически чистых бензинов / Методическое пособие. – Издательство Саратовского университета, 2008. – 88 с.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Р. М. Несмеянова¹, С. Ю. Ковтарева², Т. А. Калиев³

Қазақстан мұнай өндірісін өзгерістіру жөніндегі өздік және оның проценттің рөлі

^{1,2,3}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы. Материал 29.11.19 баспаға түсті.

R. M. Nesmeyanova¹, S. Y. Kovtareva², T. A. Kaliyev³

Role of the izomerization process and its prospects for Kazakhstan oil refining

^{1,2,3}S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan. Material received on 29.11.19.

Қазіргі кезеңде экономиканың негізгі секторларының бірі – мұнай индустриясы мұнай өңдеу саласын жан-жақты дамыту, атап айтқанда, қазіргі заманғы халықаралық талаптарға сәйкес келетін экологиялық таза сатылатын бензинді алу мәселелері айрықша маңызды.

Каталитикалық крекингтің және риформингтің бензин фракциялары жоғары октанды санға ие, алайда хош иісті көмірсутектердің құрамындағы шектеулер экологиялық таза бензинді құрудағы бензиннің қайта құрылымдау үлесін азайтады. Осыған байланысты бензиннің изомеризация процесі хош иісті көмірсутектер, бензол және олефиндер мөлшері аз бензиннің жоғары октанды компонентін алуда маңызды болады.

Мақалада Қазақстан Республикасының мұнай өңдеу зауыттарындағы процестің ағымдағы жай-күйі мен оның даму беталысы берілген.

Of particular importance at the present stage of one of the main sectors of the economy, the oil industry, is the integrated development of the oil refining sector and, in particular, the issues of obtaining environmentally friendly marketable gasolines that meet modern international requirements.

Gasoline fractions of catalytic cracking and reforming have high octane numbers, however, restrictions on the content of aromatic hydrocarbons reduces the proportion of reforming gasoline in the creation of environmentally friendly gasoline. In this regard, the process of gasoline isomerization becomes important in obtaining the high-octane component of gasoline with a low content of aromatic hydrocarbons, benzene and olefins.

The article provides an overview of the current state of the process at oil refineries of the Republic of Kazakhstan and its development trends.

ГРНТИ 44.31.35

**А. С. Никифоров¹, Е. В. Приходько², А. К. Кинжибекова³,
А. Е. Карманов⁴, Ш. М. Шупеева⁵**

¹д.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴PhD, ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹aleke4599@mail.ru; ²john1380@mail.ru; ³akmaral70@mail.ru;

⁴man270685@mail.ru; ⁵sholpan_shupeeva@mail.ru

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ АГРЕГАТАМИ

Тепловой КПД многих объектов металлургических предприятий составляет примерно 25–30 % и редко достигает 50–60 %. Наиболее энергоемкими являются процессы в черной металлургии. Потребление энергоресурсов в этих процессах составляет до 70 % всего потребления энергии в высокотемпературных технологиях.

В работе проводится анализ тепловых потерь высокотемпературными агрегатами. Для определения количества тепла, теряемого печами в окружающую среду, было проведено тепловизионное обследование агрегатов.

Выявлены зоны с высокими температурами поверхности агрегатов, что приводит к значительным тепловым потерям. Ориентировочно эта величина составляет 5–6 % от расходной части теплового баланса печей.

Ключевые слова: тепловые потери, печь, энергоэффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Важность и необходимость повышения энергоэффективности работы технологического оборудования в настоящий момент является общемировой задачей. Для повышения эффективности ее необходима реализация целого комплекса мероприятий.

В качестве объектов исследования была выбрана тепловая работа печей спекания и кальцинации.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Немаловажным фактором, влияющим на к.п.д. печи, является количество теплоты, передаваемой в единицу времени от горячей поверхности в окружающую среду. При этом тепловые потоки с поверхности распределены по всей поверхности печи неравномерно. Для более детального изучения тепловых потоков через футеровку разобьем всю поверхность ограждающей конструкции на зоны. Для каждой из этих зон рассчитаем тепловые потери с поверхности агрегата по формуле

$$Q = \alpha_n \cdot F \cdot (t_n - t_{oc}) \tag{1}$$

где F – площадь поверхности теплообмена, м².

Как известно, поток теплоты через теплоограждающие конструкции складывается из конвективной и радиационной составляющих. Поэтому плотность теплового потока через поверхность печи определяется помимо ее наружной температуры t_n и температуры окружающей среды t_{oc} также коэффициентом теплового излучения, размерами поверхности теплообмена и ее ориентацией в пространстве.

Согласно методике [1] для стационарного теплового состояния коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности в окружающую среду α_n в диапазоне $t_n = 25 \div 260$ °С будем определять по формуле

$$\alpha_n = \alpha_0 + \alpha_1 (t_n - 10) - \alpha_2 (t_n - 10)^2 + \alpha_3 (t_n - 10)^3, \tag{2}$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – постоянные величины, которые для различно ориентированных в пространстве поверхностей имеют значения, приведенные в [1].

Для определения количества тепла, теряемого печами в окружающую среду, необходимо знать температуры поверхности ВТА. С этой целью было проведено тепловизионное обследование агрегатов.

Визуализация тепловых полей и измерение температуры при тепловизионном обследовании наружных ограждающих конструкций печей выполнялось с применением тепловизора Testo 730-2. Температура окружающей среды в момент исследования составляла 10°С.

Результаты измерений по печи № 1 представлены на рисунках и на термографических изображениях (Рисунок 1).

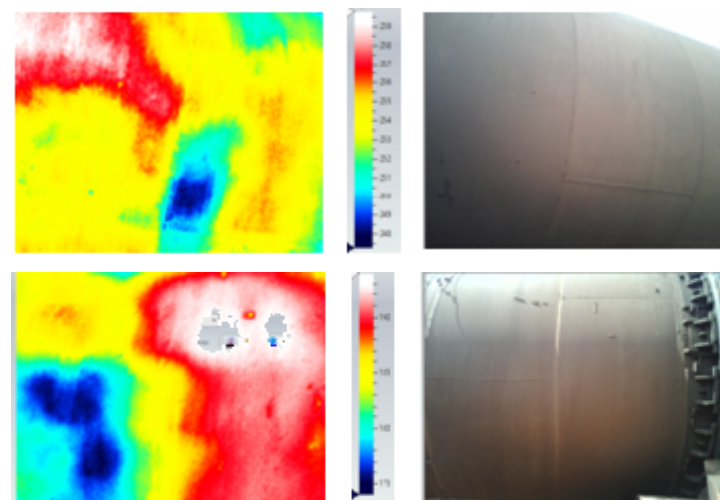


Рисунок 1 – Результаты тепловизионного обследования

На термограммах выявлены зоны с высокими температурами поверхности агрегатов, что приводит к значительным тепловым потерям.

Значения температур поверхности агрегатов, определенные в результате вышеописанного тепловизионного обследования, представлены в Таблице 1.

Таблица 3.1 – Результаты тепловизионного обследования

№ печи	Средняя температура поверхности печи по зонам, °С			
	1 зона (длина 30 метров)	2 зона (длина 33 метра)	3 зона (длина 25 метров)	4 зона (длина 12 метров)
1	170	190	160	85
2	240	180	135	80
3	225	215	180	70
4	-	-	-	-
5	220	170	140	75
6	-	-	-	-
7	230	180	150	80
8	260	185	160	80

Результаты расчетов тепловых потоков приведены в Таблице 2.

Таблица 2 – Тепловые потоки с поверхности печей кальцинации

Область	Длина × диаметр, м	Ср. температура поверхности печи t_p , °C	Коэф-т теплоотдачи α_p , Вт/(м ² ·°C)	Плотность теплового потока q , Вт/м ²	Площадь поверхности, м ²	Тепловой поток Q, кВт
Печь №1						
1 зона	30×5	170 (новый огнеупор)	19,9	3182,2	471,0	1498,8
2 зона	24,5×5	190	21,2	3819,6	384,7	1469,4
конус	3,5	190	21,2	3819,6	52,2	199,4
3 зона	30×4,5	160	19,3	2893,3	423,9	1226,5
4 зона	12×4,5	85	15,3	1145,8	169,6	194,3
Всего по печи						4588,4
Печь №2						
1 зона	30×5	240	25,7	5908,9	471,0	2783,1
2 зона	24,5×5	180	20,5	3490,1	384,7	1342,6
конус	3,5	180	20,5	3490,1	52,2	182,2
3 зона	30×4,5	135	17,9	2239,4	423,9	949,3
4 зона	12×4,5	80	15,0	1049,5	169,6	178,0
Всего по печи						5435,2
Печь №3						
1 зона	30×5	225	24,1	5189,9	471,0	2444,4
2 зона	24,5×5	215	23,2	4758,7	384,7	1830,7
конус	3,5	215	23,2	4758,7	52,2	248,4
3 зона	30×4,5	180	20,5	3490,1	423,9	1479,4
4 зона	12×4,5	70	14,4	863,8	169,6	146,5
Всего по печи						6149,4
Печь №5						
1 зона	30×5	220	23,7	4969,9	471,0	2340,8
2 зона	24,5×5	170	19,9	3182,2	384,7	1224,2
конус	3,5	170	19,9	3182,2	52,2	166,1
3 зона	30×4,5	140	18,2	2363,3	423,9	1001,8
4 зона	12×4,5	75	14,7	955,4	169,6	162,0
Всего по печи						4894,9
Печь №7						
1 зона	30×5	230	24,6	5419,4	471,0	2552,5
2 зона	33×5	180	20,5	3490,1	518,1	1808,2
3 зона	25×5	150	18,7	2621,0	392,5	1028,8
4 зона	12×5	80	15,1	1049,5	188,4	197,7
Всего по печи						5587,2
Печь №8						
1 зона	30×5	260	28,1	7026,6	471,0	3309,5
2 зона	33×5	185	20,9	3651,9	518,1	1892,1
3 зона	25×5	160	19,3	2893,3	392,5	1135,6
4 зона	12×5	80	15,1	1049,5	188,4	197,7
Всего по печи						6534,9

Среднее значение теплового потока с поверхности агрегатов составило величину 5531,667 кВт. Это ориентировочно составляет 6 % от расходной части теплового баланса печи кальцинации.

Аналогичное обследование проведено по печам спекания. Проанализируем тепловой баланс печи спекания по результатам термоаудита. Тепловой баланс отражен в таблице 3.

Таблица 3 – Тепловой баланс печи спекания

Наименование статей расхода	кДж	%	Наименование статей прихода	кДж	%
На испарение воды и перегрев водяных паров до температуры отходящих газов	2572,27 · 103	50,2	физического с шихтой	35,24 · 103	0,73
с углекислотой от разложения карбонатов в процессе спекания	108,53 · 103	2,1	физического с топливом	8,92 · 103	0,18
на эндотермические реакции	394,73 · 103	7,7	физического с оборотной пылью	70,2 · 103	1,45
с выходящим из печи спеком	1170 · 103	22,9	физического с подогретым воздухом	494,78 · 103	10,22
тепло с оборотной пылью	100,74 · 103	1,96	за счет сгорания топлива	3314,04	68,5
тепло с безвозвратной пылью	2,69 · 103	0,05	за счет экзотермических реакций	913,83 · 103	18,9
тепло с отходящими газами от сжигания топлива при температуре отходящих газов	506,93	9,9			
потери в окружающую среду	265,52 · 103	5,2			
Итого	5121,41 · 103	100	Итого	4837,01 · 103	100

ВЫВОДЫ

Таким образом, исходя из проведенного обследования и приведенного баланса, на долю потерь в окружающую среду приходится более пяти процентов, т.е. реальные потери оказались значительно меньше, чем принимаемые априори. Это можно объяснить тем, что за определяющий параметр принимается теплота сгорания топлива. Для теплотехнологических установок это не совсем объективный показатель, так как в приходной части имеется существенная доля (почти двадцать процентов) поступающая за счет экзотермических реакций технологических материалов [2]. Таким образом такой важный показатель как удельный расход топлива также будет меняться.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Троянкин, Ю. В., Куликова, О. В.** Методика расчета теплопотерь от наружных поверхностей ограждений тепловых установок // Промышленная энергетика. – 2000. – № 10. – С. 50–51.

2 **Никифоров, А. С., Приходько, Е. В., Кинжибекова, А. К., Карманов, А. Е.** Энергетическая эффективность эксплуатации печей спекания // Материалы VI Международного Балтийского морского форума. – Калининград, 2018. – С. 313–316.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

*A. S. Nikiforov¹, E. V. Prikhod'ko², A. K. Kinzhibekova³, A. E. Karmanov⁴,
S. M. Shupeeva⁵*

Жоғары температуралы агрегаттардың қоршаған ортаға жылулық шығындарды талдау

^{1,2,3,4,5}Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

*A. S. Nikiforov¹, E. V. Prikhod'ko², A. K. Kinzhibekova³, A. E. Karmanov⁴,
S. M. Shupeeva⁵*

Analysis of thermal losses into the environment by high-temperature units

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

S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Металлургиялық кәсіпорындар көптеген объектілерінің жылулық ПӘК ішімен 25–30 % құрайды және өте сирек 50–60 % дейін жетеді. Қара металлургиядағы процесстер едәуір энергосыйымды болып табылады. Бұл процесстердегі энергоресурстарды тұтыну жоғары температуралық технологиялардағы энергияны барлық тұтынудың 70 % дейін құрайды.

Жұмыста жоғары температуралы агрегаттардың жылулық жоғалтуларына анализ жүргізілген. Пештермен қоршаған ортаға жоғалатын жылулық мөлшерін анықтау үшін агрегаттардың жылуға ден қоюшы зерттеулер жүргізілді.

Елеулі жылулық жоғалтуларға әкелетін, агрегаттар беттерінің жоғары температуралары бар зоналар анықталды. Шамамен бұл шама пештердің жылулық балансы шығындық бөлімінің 5–6 % құрайды.

The thermal efficiency of metallurgical facilities is about 25–30 %, it rarely reaches 50–60 %. The most energy intensive processes are in the steel industry. Energy consumption in these processes is up to 70 % of all energy consumption of high-temperature technologies.

Thermal losses are analyzed by high-temperature units. Thermo vision survey of the units was conducted to determine the amount of heat lost by the furnaces to the environment.

Areas resulting in significant heat losses with high surface temperatures of the units have been identified. Heat losses' value is approximately 5–6 % of expenditure part of the furnaces' heat balance.

Г. О. Оразова¹, А. П. Кислов², В. В. Кибартас³

¹магистр, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., доцент, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹orazova_gauhar@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ЖЕЛЕЗДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

В статье рассматриваются вопросы по улучшению качества передвижения поездов, с помощью управления диспетчерским персоналом. Основной функцией системы диспетчерского управления является оптимальная организация движения поездов. Она реализуется через решение ряда задач, связанных с текущим планированием пропуска поездов по участку, контролем и оперативным регулированием графика движения. Для эффективного решения данных задач система диспетчерского управления должна все время идти «вперед поезда», постоянно прогнозируя поездные ситуации, складывающиеся на станциях и перегонах. При этом средства прогнозирования поездных ситуаций, интегрированные в систему управления, должны не только «предвидеть» основные эксплуатационные события, связанные с прибытием и отправлением поездов на станции, обгонами, скрещиваниями, задержками при движении, но и представлять информацию о временах свершения этих событий в пункты диспетчерского управления. Развитие железнодорожного транспорта идет по пути создания новых поколений интегрированных систем управления на основе использования современных информационных и компьютерных технологий.

Ключевые слова: интегрированные системы диспетчерского управления, автоматизированных рабочих мест, диспетчерского управления.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развитие железнодорожного транспорта идет по пути создания новых поколений интегрированных систем управления на основе использования современных информационных и компьютерных технологий. К такого рода системам, в частности, относятся интегрированные системы диспетчерского управления, предназначенные для решения комплекса задач, связанных с контролем и управлением технологическими объектами и процессами на станциях и перегонах [3].

Дальнейшее повышение уровня автоматизации и эффективности работы систем типа интегрированные системы диспетчерского управления может быть достигнуто за счет создания специализированных программно – аппаратных комплексов, автоматизированных рабочих мест – расширяющих функциональные возможности данных систем и способных обеспечивать эффективную интеллектуально – экспертную поддержку при решении слабо формализованных задач, связанных с оценкой и прогнозированием поездной обстановки в нечетко определенных условиях, возникновением нештатных технологических ситуаций, корректировкой и оптимизацией графиков движения поездов с учетом быстро изменяющейся поездной обстановки.

Решение названных и других слабо формализованных задач, возлагаемое на специализированные автоматизированных рабочих мест требует разработки новых классов математических моделей, способных оперировать приблизительной, нечетко определенной информацией о технологическом процессе, обобщать и учитывать при выработке решений эвристические знания и опыт работы диспетчерского персонала. В этом плане особо перспективным представляется использование интеллектуальных моделей, основанных на знаниях специалистов-экспертов, разрабатываемых в рамках современных теорий искусственного интеллекта и принятия решений.

Однако, в области железнодорожного транспорта, технологии искусственного интеллекта пока еще не нашли широкого применения и требуют своего развития с учетом конкретных особенностей и характера решаемых задач. Поэтому, представляется актуальным разработка новых классов интеллектуальных математических моделей для автоматизированных рабочих мест интегрированные системы диспетчерского управления на основе моделирования процессов выявления, представления и манипулирования обобщенными знаниями диспетчерского персонала, с целью использования их в подсистемах экспертной поддержки принятия решений.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из путей повышения уровня автоматизации и интеллектуализации диспетчерского управления является создание автоматизированных рабочих мест для диспетчерского персонала, обеспечивающих экспертную поддержку принятия решений поездному диспетчеру в трудно прогнозируемой поездной обстановке и информационно-сложных технологических ситуациях. Рассмотрим основные требования к создаваемому автоматизированному рабочему месту диспетчерского персонала и общая архитектура интегрированной системы диспетчерского управления, в рамках которой предполагается функционирование интеллектуальных прогнозирующих моделей. Анализируется работа поездного диспетчера, на основе чего выявляется класс задач, требующих первоочередной автоматизации. Дается обзор известных подходов и методов в области моделирования сложных динамических процессов и оптимизации графиков движения, на основе которого выбираются наиболее перспективные методы решения поставленных в диссертации задач.

В основе организации перевозочных процессов на железнодорожном транспорте лежит график движения поездов, который отражает план эксплуатационной работы железной дороги. Реализация плана эксплуатационной работы возлагается на поездного диспетчера, который, руководствуясь действующим графиком движения, фактическим движением находящихся на участке поездов, планом формирования поездов, а также рядом нормативных правил и положений, осуществляет оперативное управление перевозками. Основные правила, которыми руководствуется диспетчер в своей работе, сформулированы в правилах техники эксплуатации [5] и имеют эвристический характер, предписывая действия, которые диспетчерского персонала и дежурные по станциям должны выполнять в различных технологических ситуациях.

Поездной диспетчер, осуществляя руководство движением поездов на участке, осуществляет мониторинг поездной обстановки и прогнозирует по графику исполненного движения план прибытия и отправления поездов по основным станциям участка на ближайшие 4–6 ч. Однако, часто выполнить точный оперативный прогноз развития поездной обстановки вручную, учитывая многочисленные ограничения и аспекты организации движения ж.д. транспорта, невозможно, особенно в условиях ограниченности времени на анализ ситуации и принятие решения. Поэтому, современные интегрированные системы диспетчерского управления должны располагать автоматизированными средствами оперативного прогнозирования, которые позволяли бы диспетчеру адекватно оценивать текущую ситуацию и принимать обоснованные решения.

Математическое обеспечение автоматизированных рабочих места диспетчерского персонала составляет разрабатываемый в настоящей диссертации новый класс интеллектуальных моделей, на основе которых осуществляется прогнозирование технологического процесса и обеспечиваются «подсказки» диспетчеру о развитии поездной обстановки на несколько часов вперед.

Разработка математического обеспечения автоматизированных рабочих места диспетчерского персонала и его интеграция в структуру автоматизированной системы диспетчерского управления должны осуществляться с учетом специфики архитектуры системы диспетчерского управления, условий ее функционирования и эксплуатации, а также с учетом эксплуатационно-технологических требований, предъявляемых к системе. В настоящем подразделе приводятся основные требования к создаваемому автоматизированному рабочему месту у диспетчерского персонала и общая архитектура интегрированной системы диспетчерского управления, в рамках которой предполагается функционирование интеллектуальных прогнозирующих моделей.

Основные задачи, решаемые на верхнем уровне интегрированные системы диспетчерского управления, включают в себя:

- непрерывный контроль поездной ситуации на участке в автоматическом режиме;
- автоматическое ведение, документирование и анализ графика исполненного движения, создание приложений и расчет основных показателей графика исполненного движения;
- расчет и отображение нормативного, прогнозного и исполненного графиков движения поездов;
- трансляция, индикация и корректировка номеров поездов;
- прием, анализ и отображение данных об объектах ТС;
- предоставление оперативной и нормативно-справочной информации;
- ведение базы данных по поездам и обеспечение простого доступа к ним;

Одной из основных задач подсистемы моделирования, прогнозирования и экспертной поддержки принятия решений является моделирование развития технологического процесса в условиях неопределенности с целью прогнозирования возникновения нештатных технологических ситуаций и принятия упреждающих решений. Эти задачи решаются с использованием специальных поддерживающих моделей, входящих в автоматизированных рабочих мест диспетчерского персонала.

Разработка автоматизированных рабочих мест диспетчерского персонала и входящих в его состав обеспечивающих математических моделей должна

осуществляться с обязательным учетом особенностей технологического процесса и условий его протекания. Основные факторы, характеризующие особенности и специфику объектов исследования диспетчерского управления его технологического процесса, приведены на рисунке 1



Рисунок 1 – Факторы, характеризующие условия функционирования объектов

Наиболее существенными обязательными факторами, учитываемыми при разработке подсистемы интеллектуального моделирования, прогнозирования и поддержки принятия решений, являются: территориальная рассредоточенность объектов, иерархичность управления, требования реального времени и требование учета человеческого фактора.

Таким образом, на основе анализа особенностей объектов диспетчерского управления, с учетом специфики структуры системы диспетчерского управления и условий ее функционирования выявлена необходимость интеграции в общую структуру системы автоматизированных средств оперативного прогнозирования поездной обстановки в нечетко-определенных условиях, реализованных в рамках специального математического обеспечения автоматизированных рабочих мест а диспетчерского персонала.

ВЫВОДЫ

На основе анализа особенностей объектов диспетчерского управления с учетом специфики структуры системы диспетчерского управления и условий

ее функционирования выявлена необходимость интеграции в систему диспетчерского управления автоматизированных средств оперативного мониторинга, контроля и прогнозирования поездной обстановки, в виде комплекса интеллектуальных моделей для автоматизированных рабочих мест а диспетчерского персонала, обеспечивающих экспертную поддержку принятия решений. Деятельность поездного диспетчера в значительной мере является слабо формализуемой в части решения задач, связанных с оценкой и прогнозированием поездной обстановки в нечетко-определенных условиях, возникновением нештатных ситуаций, корректировкой и оптимизацией графиков движения с учетом изменяющейся поездной обстановки. Решение этих задач требует разработки специального класса интеллектуальных моделей, способных оперировать нечетко-определенной и приблизительной информацией о технологическом процессе, обобщать и учитывать при выработке решений эвристические знания и опыт работы экспертов-технологов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Иванченко, В. Н., Ковалев, С. М., Шабельников, А. Н.** Новые информационные технологии: интегрированная информационно–управляющая система автоматизации процессов расформирования поездов. Учебник / В. Н. Иванченко, С. М. Ковалев, А. Н. Шабельников – Ростов на Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2002. – 276 с.
- 2 **Башлыков, А. А., Вагин, В. Н., Еремеев, А. П.** Экспертные системы поддержки интеллектуальной деятельности операторов АЭС // Вестник МЭИ. – 1995. – С. 27–36.
- 3 **Сапожников, В. В. и др.** Концентрация и централизация оперативного управления движением поездов. – М. : Транспорт, 2002. – 102 с.
- 4 **Емельянов, В. В. и др.** Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. – М. : АНВИК, 1998. – 120 с.
- 5 **Попов, Э. В. и др.** Статические и динамические экспертные системы. – М. : Финансы и статистика. 2016. – 180 с.
- 6 **Batyrshin, I. Z., Sheremetov, L. B.** Perception based associations in time series data bases. In: NAFIPS 2006, Canada № 2. – P. 120–125.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Г. О. Оразова¹, А. П. Кислов², В. В. Кибартас³**Темір жол көлігінің қозғалысын басқарудың автоматтандырылған интеллектуалды жүйесі**^{1,2,3}Энергетикалық факультеті,С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

G. O. Orazova¹, A. P. Kislov², V. V. Kibartas³**Automated intelligent traffic control system for road transport**^{1,2,3}Faculty of Energy Engineering,S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008. Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада диспетчерлік персоналды басқару арқылы поездардың қозғалу сапасын жақсарту мәселелері қарастырылады. Диспетчерлік басқару жүйесінің негізгі функциясы поездар қозғалысын оңтайлы ұйымдастыру болып табылады. Ол участік бойынша поездарды өткізуді ағымдағы жоспарлауға, қозғалыс кестесін бақылауға және жедел реттеуге байланысты бірқатар міндеттерді шешу арқылы іске асырылады. Осы міндеттерді тиімді шешу үшін диспетчерлік басқару жүйесі станциялар мен аралықтарда қалыптасқан поездық жағдайларды үнемі болжай отырып, барлық уақытта «алда поездар» жүруі тиіс. Бұл ретте басқару жүйесіне интеграцияланған поездық жағдайларды болжау құралдары поездардың станцияға келуі мен жөнелтілуіне, басып озуга, айқастыруға, қозғалыс кезіндегі кідірістерге байланысты негізгі пайдалану оқиғаларын «алдын ала» ғана емес, сондай-ақ диспетчерлік басқару пункттеріне осы оқиғаларды салыстырып тексеру уақыты туралы ақпарат беруге тиіс. Темір жол көлігін дамыту қазіргі заманғы ақпараттық және компьютерлік технологияларды пайдалану негізінде басқарудың интеграцияланған жүйелерінің жаңа ұрпақтарын құру жолымен жүруде.

The article deals with the issues of improving the quality of the movement of trains, with the help of dispatching personnel management. The main function of the Supervisory control system is the optimal

organization of train traffic. It is implemented through the solution of a number of tasks related to the current planning of the passage of trains on the site, control and operational regulation of the schedule. To effectively solve these problems, the Supervisory control system must always go «ahead of the train», constantly predicting train situations at stations and stages. Thus the means of forecasting of train situations integrated into control system shall not only «foresee» the main operational events connected with arrival and departure of trains at stations, overtaking, crossings, delays at the movement, but also provide information on times of accomplishment of these events to points of dispatching management. The development of railway transport is on the way to create new generations of integrated control systems based on the use of modern information and computer technologies.

**Н. Н. Оспанова¹, А. С. Аканова², Г. М. Абильдинова³,
Н. К. Токжигитова⁴, И. А. Фалихайдар⁵, Д. С. Найманова⁶**

¹к.п.н., доцент, профессор, кафедра «Информационные технологии», Факультет физики, математики и информационных технологий, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²ст. преподаватель, кафедра «Вычислительная техника и программное обеспечение», магистр информатики, Факультет компьютерных систем и профессионального обучения, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³к.п.н., и.о. доцента, кафедра «Информатика», Факультет информационных технологий, Евразийский Национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁴доктор PhD, начальник отдела академического мониторинга, Отдел академического мониторинга, Атырауский государственный университет имени Х. Досмухамедова, г. Атырау, 060000, Республика Казахстан;

⁵магистрант, Факультет физики, математики и информационных технологий, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁶к.п.н., доцент, профессор, кафедра «Информационные технологии», Факультет физики, математики и информационных технологий, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹nazira_n@mail.ru; ²akerkegansaj@mail.ru; ³gulmira_2181@mail.ru;

⁴nurgul287@mail.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ ДОСТУПА ПО ТЕХНОЛОГИИ GPON

Задачи подведения сетей телекоммуникаций к жилым комплексам и строящимся зданиям в разных городах является задачей и важной, и актуальной. При современной степени информатизации общества нельзя представить жилой дом без сети Интернет, без телевидения.

В данной статье рассматривается решения задачи подведения сети телекоммуникаций к жилому комплексу по технологии GPON. Данная технология отработана, необходимое коммуникационное оборудование имеется в наличии.

В предлагаемой статье приведена характеристика наиболее распространенных сетей GPON. Также при сравнении сетей PON с традиционными сетями представлен ряд преимуществ и недостатков.

В ходе изучения и исследования данной проблемы показывает, что применение технологий GPON позволяет расширить дальность действия инфокоммуникационных систем от 20 километров до 60 километров.

Ключевые слова: инфокоммуникационные системы, оптические сети доступа, технология GPON, традиционные сети, гигабитные пассивные оптические сети

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе аналоговые технологии передачи данных находят замену цифровым, медные кабели в большой степени заменены на оптоволокно. Довести информацию до потребителя в хорошем качестве, с высоким быстродействием – это наиболее важная задача средств телекоммуникаций. При поставке потребителю телекоммуникационных услуг необходимо учитывать: широкий спектр абонентских потребностей, потенциал для сетевого обслуживания, а также бюджетность технологий. Технологией, которая соответствует всем этим требованиям, является технология GPON, то есть пассивные оптические сети.

GPON – это технология подключения интернета, цифрового телевидения и IP-телефонии через один кабель. Её главное отличие от других технологий подключения услуг связи – высокая скорость передачи данных. Пропускная способность Gigabit PON составляет до 1 Гбит/с, а значит, загрузка фильма в HD-качестве займет не более пяти минут.

GPON – это аббревиатура от Gigabit-capable Passive Optical Networks, гигабитная пассивная оптическая сеть. «Пассивная» означает, что на участке распределительной сети от АТС до абонента нет коммутаторов и переключателей, которые ломаются, потребляют электроэнергию, нуждаются в настройке или управлении. Это делает сеть дешевле в обслуживании и надёжнее в эксплуатации.

Гигабитные пассивные оптические сети, или подводящие оптоволокно до дома, предусматривают абсолютное отсутствие активного оборудования между станцией и абонентским узлом. Скорость передачи одного порт составляет порядка 2,56 Гбит/с, можно подключить максимальное число пользователей для одного порта равное 128. Большой сегмент охвата, простота обслуживания и простота внедрения делают эту технологию доступной и привлекательной.

Оптические технологии обеспечивают широкополосный доступ, который необходим для предоставления всем абонентам существующих и перспективных услуг связи. Поэтому проектирование систем связи на оптоволокне является актуальной задачей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Инфокоммуникационные системы находят все более широкое применение в различных сферах восприятия, обработки и хранения информации. В настоящее время становится актуальным вопрос о расширении области действия современных инфокоммуникационных систем.

Современная инфокоммуникационная система – это автоматизированная система управления крупными, территориально рассредоточенными объектами, построенная с помощью интегрированных информационных технологий [1].

По своей активности оптические сети условно делятся на два класса – активные и пассивные. В активной сети существует какое-нибудь активное оборудование между узлом доступа и оконечным пользовательским оборудованием, яркий тому пример – различные регенераторы или коммутаторы. Активное оборудование в пассивной сети отсутствует, то есть тут сеть состоит исключительно из пассивных компонентов, которые не требуют дополнительного питания и обслуживания, например, сплиттеры.

Часто вместо полного названия «пассивная оптическая сеть» применяется сокращение Passive Optical Network (PON). Общая структура сети пассивной оптической сети показана на рисунке 1.

Суть архитектуры PON заключается в использовании только одного модуля приемопередатчика в OLT, который необходим для передачи информации большому количеству абонентских устройств ONU, а также для получения информации, передаваемой от них. Общее количество абонентских устройств, которые подключены к одному модулю приемопередатчика OLT, ограничено только максимальной скоростью оборудования приемопередатчика и мощностным бюджетом.

Optical Line Terminal (OLT) – есть функционирующее в центральном офисе на узле доступа оборудование активного класса называемое ОПТ – оптическим линейным терминалом.

Optical Network Unit (ONU) – это оптическое сетевое устройство, которое тоже является активными оборудованием, но уже на абонентском узле.

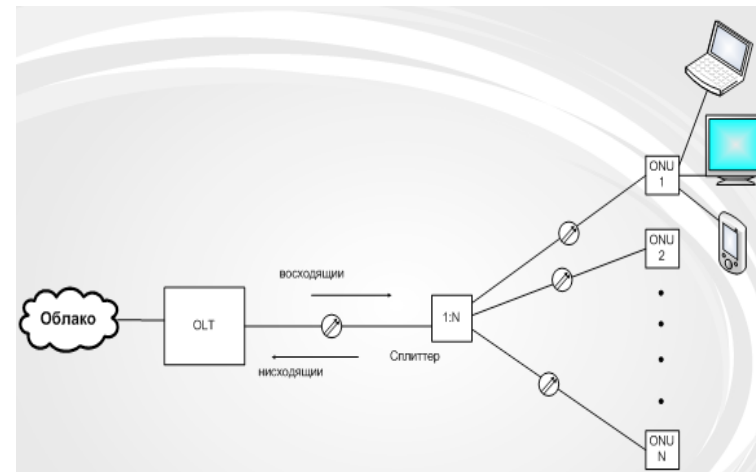


Рисунок 1 – Структура пассивной оптической сети

Все более быстрое усовершенствование технологий xPON привело к появлению целого ряда протоколов взаимодействия между линейным оптическим терминалом с одной стороны и конечными оптическими сетевыми узлами с другой. Интерес разработчиков оборудования к повышению пропускной способности сетей доступа привел к выпуску качественно новых технологий.

Есть несколько типов сети PON, самыми распространенными из них являются [2]:

- APON (ATMPON – пассивная оптическая сеть, применяющая технологию ATM),
- BPON (BroadbandPON – широкополосная пассивная оптическая сеть),
- EPON (EthernetPON – пассивная оптическая сеть, применяющая технологию Ethernet),
- GPON (Gigabit-capablePON – пассивная оптическая сеть, предоставляющая гигабитные скорости передачи данных).

В таблица 1 приведен сравнительный анализ технологий APON, EPON, GPON:

Таблица 1

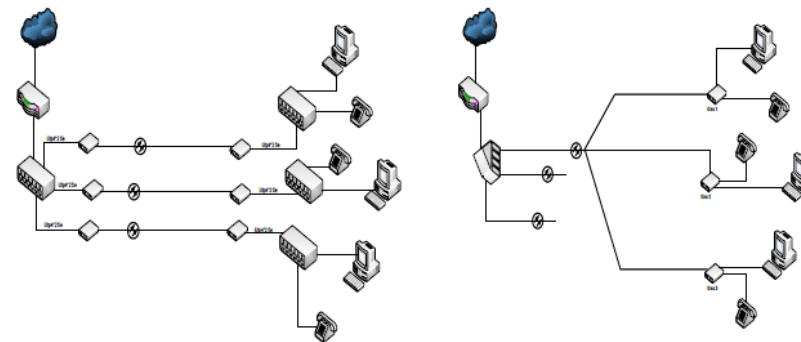
Характеристики	APON (BPON)	EPON	GPON
Институты стандартизации	ITU-T SG15 / FSAN	IEEE / EFMA	ITU-T SG15 / FSAN
Дата приема стандарта	ноябрь 1998	июнь 2004	сентябрь 2003

Стандарт	ITU-T G.981.x	IEEE 802.3ah	-T G.984.x
Скорость передачи, прямой/ обратный поток, Мбит/с	155/155 622/155 622/622	1000/1000	1244/155,622,1244 2488/622,1244, 2488
Базовый протокол	ATM	Ethernet	SDH
Линейный код	NRZ	8B/10B	NRZ
Максимальный радиус сети, км	20	20 (>301)	20
Максимальное число абонентских узлов на одно волокно	32	16	64 (1282)
Приложения	Любые	IP, данные	Любые
Коррекция ошибок FEC	предусмотрена	Нет	необходима
Длины волн прямого/ обратного потоков, нм	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310 (1310/1310)	1550/1310 (1480/1310)
Резервирование	есть	Нет	есть

Каждая технология имеет свои отличительные особенности. Таблица 1 показывает, что Ethernet, ATM и GEM являются основными транспортными протоколами. На этапе проектирования сетей доступа оператор обслуживания (или разработчик) должен выбрать наиболее подходящий из них, чтобы обеспечить максимально возможную пропускную способность при минимально возможных затратах на сети доступа, предназначенные для реализации. Аналогичным протоколом, созданным для сетей доступа технологии xPON намного раньше, был APON – улучшенный B-PON, разработанный на основе протоколов ATM. Хотя максимально возможный радиус покрытия сети в соответствии со свойствами этой технологии не превышает 20 км, а максимальный уровень абонентских узлов для каждого волокна равен 32, скорость передачи данных технологии APON / BPON значительно ниже по сравнению с другими технологиями xPON [3].

При сравнении сетей PON с традиционными сетями можно выделить ряд преимуществ и недостатков. Основные преимущества:

- неимение промежуточных активных устройств;
- большая пропускная способность;
- эффективное использование магистральной кабельной инфраструктуры;
- большая технологичность обслуживания из-за малого количества портов со стороны узла связи;
- масштабируемость;
- недостатки сетей PON;
- практически отсутствует резервирование;
- необходимость наличия квалифицированных сотрудников для осуществления подключений;
- сравнение схемы организации сети.



а) традиционная схема оптоволоконной сети передачи данных
 б) схема волоконно-оптической сети передачи данных с использованием PON технологии
 Рисунок 2 – Сравнение схемы организации сети

Как видно из рисунка 2 при традиционной схеме на станционной стороне нам потребуется N-е количество ОМС, а на абонентской стороне коммутаторы Ethernet, которые потребляют до 10 Вт каждая [3].

Распишем каждый пункт выше указанных преимуществ и недостатков. Неимение промежуточных активных устройств может привести к:

- снижению растрат на обслуживание;
- централизованному управлению сетью;
- экономии электроэнергии;
- сокращению времени на восстановление связи непосредственно после протечения аварии.

Широкая пропускная способность – это

- более 100 мб/сек на 1 клиента;
- гибкое управление полосой каждого из клиентов;
- отсутствие «узких мест»;
- минимальное количество портов со стороны узла предусматривает;
- минимизацию площадей (обычно достаточно 1–3 стоек);
- экономию электроэнергии;
- быстрое переключение клиентов.

Под масштабируемостью подразумевает минимальные затраты на подключение новых клиентов

Возможность интегрировать на базе PON:

- видеонаблюдение
- пожарную сигнализацию
- контролирование доступа

Экономическая польза: Не нужно конструировать отдельную сеть для Удобрства для пожарно-охранной сигнализации

- для системы видеонаблюдения
- Совершенствование участка для размещения оборудования
- Снижение расходов на развитие кабельной структуры
- Снижение издержек на сервис сети
- Цена построения сети PON до 20 % ниже «медных» решений

В таблице 2 представлена сравнительная информация сети передачи информации:

Таблица 2

PON	Традиционная
Легкость обслуживания сети	Обслуживание осложнено присутствием переходных устройств
Сокращена цена организации сети	Высокая цена организации сети
Возможно подключение нынешних сервисов (например IPTV)	Отсутствует вероятность подсоединения нынешних сервисов
Экономия кабеля за счет разветвителей (1 волокно – 64 абонентских устройства)	Большое потребление кабеля (1 волокно – 1 абонентское устройство)
Расширение и усовершенствование сети требует незначительных дополнительных вложений (возможно добавление 1 либо 2 разветвителей)	Расширение и усовершенствование сети требует значительных дополнительных вложений (существенное повышение переходных действующих приборов, повышение емкости кабеля)

Структура оптической бездейственной сети в GPON системе заключается из трех основных отрезков (участков):

- стационарный участок содержит в себе интенсивное OLT оборудование и оптический кросс с высокой плотностью, которые комплексно формируются на узловом сайте (CO);
- линейный участок (в обобщенном плане), включает комплекс ВОК, муфт, шкафов, распределительных коробок, коннекторов, сплиттеров, а также соединителей, размещающихся посреди стационарного и абонентского участков (участок посреди ODF и ОРК);
- абонентский участок, подразумевающая персональную пользовательскую разводку одноволоконным ВОК (представленным в виде исключения для офисной прокладки 2-х волоконным или 4-х волоконным) от составляющих распределительных общих устройств до оптической розетки и интенсивного ONT оборудования в доме.

PON обладает более сложной комплексной и разветвлённой конфигурацией с множественными ответвлениями через разветвительные, (отводные) муфты на сетевые сегменты в противовес прокладке традиционных схем соединительных линий между.

ВОК – волоконно-оптический кабель состоит из большого числа промежуточных или оконечных оптических распределительных устройств типа оптического кросса большой ёмкости, ОРШ – оптический распределительный шкаф, ОРК – оптическая распределительная коробка, ОР – сплиттера.

Оптические кабели размещаются в кабельной канализации, и они защищены покровом из брони и снаружи покрытые шлангом из полиэтилена.

В канале кабельной канализации прокладка оптических кабелей, которые не бронированы, должна быть исполнена в специальных защитных полиэтиленовых трубах, изготовленных из полиэтиленового материала с низким давлением.

Для внутри домового распределительного и потребительских участков для размещения ВОК в жилых строениях необходимо использовать кабель в негорючей оболочке.

На различных сетях наиболее важными видами строительных и монтажных работ при возведении линейных сооружений являются [4]:

- организация кабельных вводов в постройки прокладка кабелей в коллекторах, тоннелях, канализации, прокладка кабелей под землёй в грунтовом слое, а именно в частных домах, с дальнейшим проведением кабелей по стенам с установкой оконечных устройств;
- прокладка по необходимости вспомогательных линейных вводов в здания телефонных станций с размещением арматурных конструкций и металлоконструкций в места вводов кабелей, включая развёртку оптических стационарных муфт, которые обеспечивают переход от линейных кабелей к стационарным;
- исполнение работ по монтажу кабелей в устройствах смотрового типа в канализации, в котлованах, на кабельных линиях в воздушному пространстве и на стенах зданий;
- сварка волокон (монтаж разветвительных и соединительных муфт), включение (зарядка) ВОК в шкафы, оптические кроссы, и оптические распределительные сплиттерные -ящики или -коробки;
- проведение электрооптических измерений в процессе сборки кабелей, и также на законченных по монтажу линиях PON сети;

При исследовании конструктивных особенностей проектировании GPON рассмотрено два варианта при решении задач проектирования сетей телекоммуникации по технологии GPON в жилой комплекс. Первый

предполагал создание новой станции GPON, со всеми комплектующими в самом здании жилого комплекса. Второй вариант предполагал построение GPON сетей основываясь на базе уже существующей АТС. Наиболее подходящим является второй вариант, исходя из следующих соображений. Во-первых, новая станция охватывала как минимум 15000 абонентских узлов, а в самом жилом комплексе их количество только около 300. Можно было бы поставить только одну плату на новом АТС, но это было бы экономически невыгодно. Во-вторых, построение новой станции обойдется дороже и в ближайшее время не окупится. GPON это новые технологии в сфере телекоммуникации, но за эти годы все может измениться и построение GPON не станет таким актуальным. В-третьих, при построении новой станции надо вести работы по согласованию с владельцами жилого комплекса и жителями, а также арендовать помещение достаточной площади, чтобы оно соответствовало всем нормам.

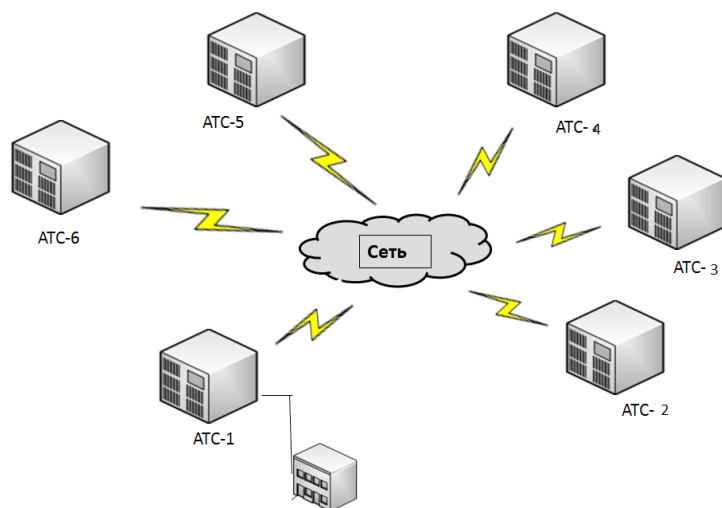


Рисунок 3 – Расположение АТС

Если рассмотреть городскую сеть (рисунок 3), то можно отметить, что ближайшая станция GPON находится в радиусе 4,2 километра от объекта и уровень сигнала будет достаточным для абонентов жилого комплекса.

Ниже рассмотрим основные параметры и характеристики Alcatel-Lucent ISAM 7302, так как оборудование станции относится компании Alcatel-Lucent модели ISAM 7302, то и станционная плата будет соответствующей. Рассмотрим саму плату ISAM 7302.

Alcatel-Lucent 7330 FTTx – универсальный мультиплексор широкополосного доступа высокой плотности. Его основное предназначение организация доступа одновременно к таким услугам как высокоскоростной интернет, телефония, широковещательное телевидение.

Поддержка GPON технологии:

Скорость передачи данных на один GPON порт составляет 2,5 Гбит/с во направлении входа на длине волны=1490 нм и 1,25 Гбит/с в направлении выхода на длине волны=1310 нм;

Возможно подключение на один PON интерфейс до 128 абонентов при применении оптических модулей C+ класса и оптическом бюджете составляющем 32 дБ;

В общем случае при значении коэффициента деления 1:128 одна полка обеспечивает услугами телекоммуникации вплоть до 16 384 абонентов. Поддерживаются платы 10GPON.

Чтобы протестировать PON необходимо было обеспечить точки подключения для соответствующих измерительных приборов. Такие точки оборудованы разъемными соединениями.

При выборе оборудования нужно основываться на технических характеристиках оборудования и ценовых предложениях различных производителей, приоритет отдан отечественной компании.

ВЫВОДЫ

В сети GPON на пути начиная от сетевого узла и завершая магистральной муфтой со сплиттерами либо завершая ОРШ – Оптическим Распределительным Шкафом исполняется магистральное распределение волокон.

Объединение в сортировочной GPON сети от магистральной муфты со сплиттерами либо ОРШ и включая до конечных устройств юзеров (ONU, ONT – абонентские терминалы) реализуется с помощью оптических разветвителей (сплиттеров), размещающихся в ОРШ, магистральных муфтах а также в оптических распределительных коробках (ОРКСп).

Расположение линейного участка PON сети

Линейный участок PON сети содержит в себе:

– магистральный участок – ВОК, протягиваемый в каналах проводной канализации непосредственно от кросса ODF на АТС в сторону удалённой местности с большим скоплением жилых построений (район, квартал) и заканчивающийся магистральной муфтой со сплиттерами либо ОРШ;

– распределительный участок – ВОК, располагаемый от ОРШ/ магистральной муфты под землёй (в грунте) либо в телефонной канализации, (на территории размещения сооружений с отсутствием нужной телефонной

канализации разрешается подвеска ВОК в диэлектрическом исполнении на имеющихся опорах), а кроме того внутри построений по вертикальным стоякам до оптической распределительной коробки со спайс-кассетами или ОКЯСп;

– абонентский участок / абонентская разводка – отрезок сети находящийся среди этажной ОРКСп / ОКЯСп вплоть до помещения пользователя, в том числе – саму оптическую розетку пользователя.

Во всех линиях передачи (к абоненту и от абонента) и для отдельной длины волны применяется технология дробления каналов. В нисходящем направлении все кадры, передаваемые оборудованием OLT, получает каждый ONU в сети. Приборы типа ONU распознает фреймы, адресованные пользователям, которым он служит, и перенаправляет их на соответствующее оконечный прибор (локальная сеть).

Сегодня с уверенностью можно сказать, что технология GPON не только идет в ногу со временем, но и во многом опережает его. Новый стандарт скоростей позволит постоянно пополнять пакет предоставляемых услуг. Видеонаблюдение, телеметрия, охранная сигнализация и другие услуги с помощью технологии GPON становятся доступны для абонентов. Ресурсы технологии позволяют говорить о перспективах разработки и внедрения множества других услуг и сервисов для улучшения качества жизни [5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Когаловский, М. Р.** Перспективные технологии информационных систем. – М. : ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. – 288 с.

2 «Правила обслуживания и ремонта линий кабельных, воздушных и смешанных местных сетей телекоммуникаций АО «Казахтелеком».

3 **Башилов, Г.** Статья «Пассивные оптические сети : возможности и перспективы» // Журнал «СЮ» № 12 от 14.01.2004.

4 **Скляр, О. К.** « Волоконно-оптические сети и системы связи : Учебное пособие. 2-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2010.

5 **Тохметов, А. Т., Тусупов, А. Д., Танченко, Л. А.** Масштабирование инфокоммуникационных систем при помощи технологии GPON // Вестник ПГУ. Серия энергетическая. № 1. 2019.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

*Н. Н. Оспанова¹, А. С. Аканова², Г. М. Абильдинова³, Н. Қ. Тоқжігітова⁴,
И. А. Галихайдар⁵, Д. С. Найманова⁶*

GPON технологиясы бойынша қатынау желісін жобалау

^{1,5,6}Физика-математика және ақпараттық технологиялар факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

²Компьютерлік жүйелер және кәсіптік білім беру факультеті,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы;

³Ақпараттық технологиялар факультеті,

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы;

⁴Х. Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті,
Атырау қ., 060000, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

*N. N. Ospanova¹, A. S. Akanova², G. M. Abildinova³, N. K. Tokzhigitova⁴,
I. A. Galihaydar⁵, D. S. Naimanova⁶*

GPON access network design

^{1,5,6}Faculty of Physics, Mathematics and Informatoin Technology,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

²Faculty of Computer Systems and Vocational Training,
S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan;

³Faculty of Information Technology,

L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan;

⁴H. Dosmukhamedov Atyrau State University,
Atyrau, 060000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Әртүрлі қалаларда салынып жатқан гимараттарға және тұрғын үй кешендеріне телекоммуникация желілерін жүргізу міндеті әрі маңыздығ әрі өзекті болып табылады. Қоғамды ақпараттандырудың замануи жағдайында тұрғын үйлерді интернетсіз, теледидарсыз елестету мүмкін емес.

Бұл мақалада тұрғын үй кешендеріне телекоммуникация желілерін жүргізуді GPON технологиясы арқылы шешуге болатындығы қарастырылған. Бұл технология жүзеге асырылған, қажетті коммуникациялық жабдықтар бар.

Ұсынылып отырған мақалада мейлінше кеңінен таралған GPON желілерінің мінездемелері келтірілген. Сонымен бірге PON желісін дәстүрлі желілермен салыстыру барысындағы анықталған артықшылықтары мен кемшіліктері келтірілген.

Аталған мәселені оқып, зерттеу барысында GPON технологиясын қолдану инфокоммуникациялық жүйелердің әрекет ету қашықтығын 20 шақырымнан 60 шақырымға дейін кеңейтуге мүмкіндік беретінін көрсетті.

The task of bringing telecommunication networks to residential complexes and buildings under construction in different cities is both important and relevant. With the current degree of informatization of society, it is impossible to imagine a residential building without the Internet, without television broadcasting.

This article discusses solutions to the problem of bringing a telecommunications network to a residential complex using GPON technology. This technology has been tested, the necessary communication equipment is available.

This article describes the most common GPON networks. Also, when comparing PON networks with traditional networks, a number of advantages and disadvantages are presented.

In the course of studying and researching this problem, it shows that the use of GPON technologies allows expanding the range of information and communication systems from 20 kilometers to 60 kilometers.

ГРНТИ 44.31.35

Е. В. Приходько¹, Е. В. Оришевская², С. С. Беркетов³

¹к.т.н., профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистр, ст. преподаватель, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ¹john1380@mail.ru; ²eva_pgu@mail.ru

АНАЛИЗ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

В статье рассматриваются типы инфильтрационных потерь теплоты и их причины. Для проведения анализа инфильтрационных потерь административных зданий было проведено тепловизионное обследование ряда промышленных зданий административного назначения северной промзоны г. Павлодар. В качестве исходных данных используются термограммы, полученные на тепловизоре Testo 730. Анализ инфильтрационных потерь административных зданий проводится по термограммам с использованием программного обеспечения IRSoft. Инфильтрационные потери по типам были разделены на три основные группы: окна, двери и стены. При рассмотрении вопроса инфильтрации окон выделены следующие проблемы: неплотности форточек; теплопотери через старые, деревянные окна; открытые окна (форточки), разбитые стёкла.

При инфильтрации через стены рассмотрены потери через трещины стены и потери через неплотности дверных проёмов. Дополнительно рассмотрены теплопотери через технологические отверстия.

Ключевые слова: инфильтрация, тепловые потери.

ВВЕДЕНИЕ

Здания и сооружения жилищного, культурного, административного и промышленного назначения являются крупными потребителями тепловой энергии. В фонде жилых и нежилых зданий может быть сэкономлено в год за счет энергосберегающих мероприятий около 50 % потребляемой энергии.

Теплопотери через ограждающие конструкции зданий в Казахстане составляют до 80 % всех общих потерь теплоты, в развитых странах Западной Европы до 44 %, т.е. в 2 раза меньше. Потери энергии через ограждающие конструкции распределяются следующим образом: стены до 49 %; окна до 35 %; подвальные и чердачные перекрытия до 18 %; входные двери до 15 % [1].

Тепловой режим здания определяется не только наружным климатом, но и ограждающими конструкциями, внутренней средой и реакцией человека. Например, расчетная температура помещения в зависимости от назначения здания может быть от 16 до 26 °С.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Инфильтрация – это перемещение воздуха через ограждающие конструкции из окружающей среды в помещения за счет ветрового и теплового напоров, формируемых разностью температур и перепадом давления воздуха снаружи и внутри помещений. Она происходит через небольшие щели в дверных и оконных рамах. Воздух поступает в помещение также из неотапливаемых частей здания – чердаков, подвалов и так далее. Он проникает через отверстия в стенах, полах и потолках, таких как трещины в местах сопряжения двух стен или стены и потолка.

Для проведения анализа инфильтрационных потерь административных зданий было проведено тепловизионное обследование ряда промышленных зданий административного назначения северной пром.зоны г. Павлодар [3].

Для рассмотрения типов инфильтрационных потерь и их причин разделим имеющиеся элементы зданий на три основные группы: окна, двери и стены. Проведём анализ инфильтрационных потерь по каждой группе, обозначим причины их возникновения.

Для анализа термограмм использовалось программное обеспечение IRSoft, которое предназначено для анализа, обработки и архивирования изображений, записанных с использованием тепловизора testo.

Из всего количества энергии, расходуемой на отопление, значительная часть составляют теплопотери через окна. Анализом типовых проектов, теплотехническими расчетами и расчетами отопления и вентиляции установлено, что световые проёмы занимают 26 % площади наружных ограждений, а теплопотери через них составляют от 30 до 60 % от общих теплопотерь, из которых около половины приходится на теплопотери вследствие теплопередачи [4].

Вначале приведём термограмму окон, состояние которых с тепловой точки зрения можно оценить как «хорошее» (рисунок 1).

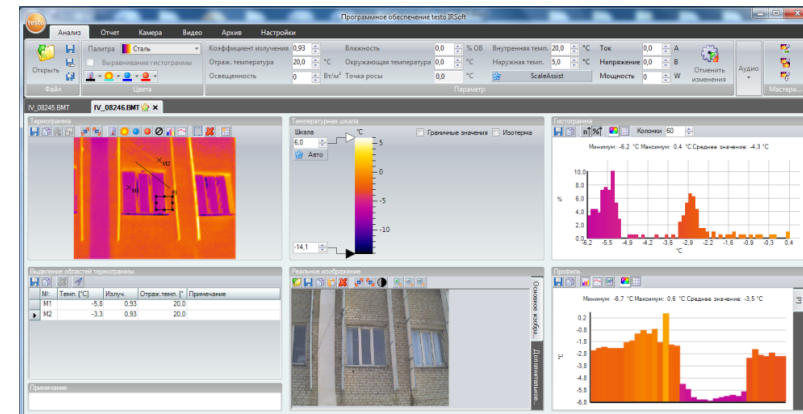


Рисунок 1 – Термограмма оконных проёмов, удовлетворяющих требованиям энергосбережения

На термограмме видно равномерное распределение температур по всему оконному проёму (разность температур составляет не более 2 °С). Стык оконной рамы и проёма не имеет тепловых потерь (в этой зоне нет более ярких частей на термограмме). Оконное стекло не имеет трещин и дыр, распределение температуры по его поверхности – равномерное.

При рассмотрении вопроса инфильтрации окон выделим следующие проблемы: неплотности форточек, теплопотери через старые, деревянные окна, открытые окна (форточки), разбитые стёкла, потери через утеплённые окна.

Проблема неплотности форточек имеет место не только на старых деревянных окнах, но и на современных пластиковых. Возникает она вследствие разрушения уплотнительной резинки. Резиновое уплотнение эксплуатируется в достаточно жёстких температурных условиях, связанных с перепадами температур, влажностью, механическим воздействием при открывании и др. В связи с чем, резиновые части стеклопакетов требуют периодического технического обслуживания один раз в год. В бытовых условиях (жилых домах) этим вопросам уделяют незначительное внимание, на производстве (как показало обследование) – не обращают внимания вовсе.

На рисунке 2 приведена термограмма оконного проёма. На термограмме видно неравномерное распределение температур по всему оконному проёму (разность температур составляет более 10 °С). На термограмме видно неравномерное распределение температур по всему оконному проёму (разность температур составляет более 6 °С). Стык оконной рамы и форточки имеет видимые тепловые потери (более яркие зоны на термограмме).

Гистограмма и профиль распределения температуры – неравномерные. Оконное стекло не имеет трещин и дыр, распределение температуры по его поверхности – равномерное.

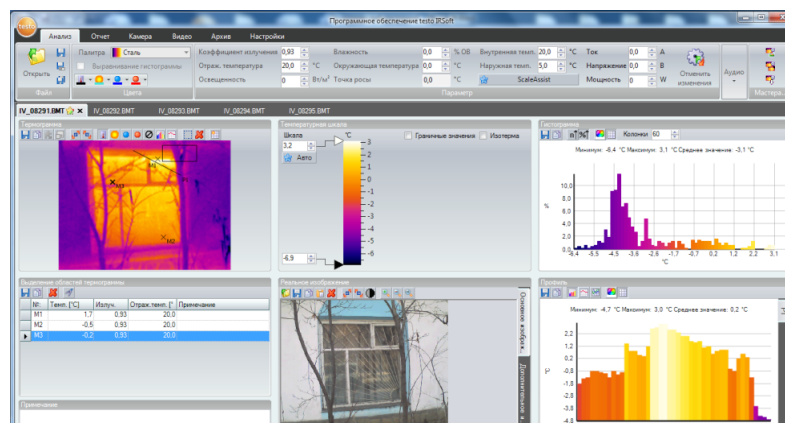


Рисунок 2 – Термограмма оконного проёма

Для теплопотерь через старые, деревянные окна характерно равномерное распределение тепловых потерь по всему периметру соединений, то есть на любых стыках. Неплотности вызваны деформацией материала окна – дерева, вследствие его высыхания, механических воздействий и т.д. На термограмме в этом случае видно неравномерное распределение температур по всему оконному проёму. Стык оконной рамы и проёма имеет видимые тепловые потери (более яркие зоны на термограмме). Гистограмма и профиль распределения температуры – неравномерные. Оконное стекло не имеет трещин и дыр, распределение температуры по его поверхности – равномерное [3].

Проблема открытых окон имеет повсеместный характер. Основная причина – несоответствие температуры в помещениях температуре, комфортной для работы человека. Причин этого может быть множество. Для производственных помещений со значительным значением теплоотдачи от установленного оборудования – это либо неправильно разработанный проект для промышленного здания, либо работа оборудования в нерасчётных режимах. Причём здесь речь идёт как о энергоиспользующем, так и о вентиляционном и кондиционирующем оборудовании.

На термограмме (рисунок 3) видно неравномерное распределение температур по оконному проёму вследствие открытой форточкой (разность температур составляет более 19 °С). Гистограмма и профиль распределения

температуры – неравномерные. Оконные стёкла не имеют трещин и дыр, распределение температуры по их поверхности – равномерное.

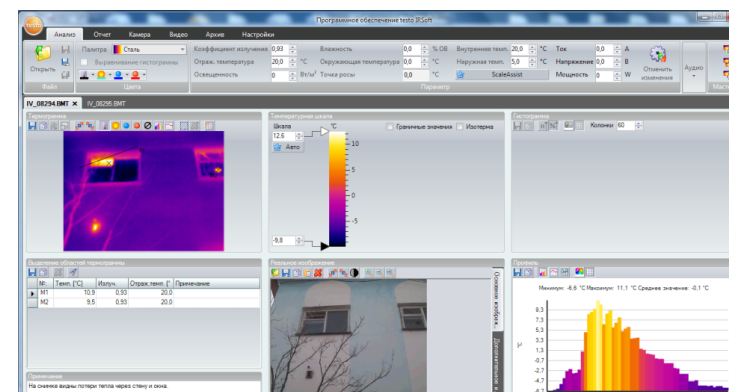


Рисунок 3 – Термограмма оконных проёмов с открытой форточкой

При проведении обследования было обнаружено «утепление» оконных проёмов за счёт уменьшения оконной рамы и части оконного проёма кирпичной кладкой. Способ, несомненно, действенный, так как термограммы показывают, что температура поверхности новой кладки не отличается от температуры стены, то есть потери в этом месте минимальны. Но при этом, ухудшаются условия освещённости помещений, в связи с чем, возможно снижение освещения в этих помещениях ниже санитарных норм.

В местах же, где оконная рама оставлена, наблюдаются потери теплоты, типичные для вышеуказанных. На термограмме видно неравномерное распределение температур по оконным проёмам вследствие неплотностей стыков оконной рамы и проёма (разность температур составляет более 8 °С).

При рассмотрении вопроса инфильтрации через двери выделим следующие проблемы: потери через неплотно закрытые двери, потери через неплотности двери и потери через полотно двери.

Проблема потерь теплоты через неплотно закрытые двери имеет место практически на всех дверях. Многие современные предприятия либо не имеют на дверях в производственные помещения доводчиков, либо применяемые устройства неэффективны и дверь не доходит до своего конечного положения. Ситуация усугубляется в зимний период, когда возникает конденсация водяных паров на металлических дверях и наносится снег на нижнюю планку дверного проёма. Таким образом, даже на плотных дверных проёмах возникают присосы холодного воздуха. Типичные потери теплоты для дверей административных помещений показаны на рисунке 4.

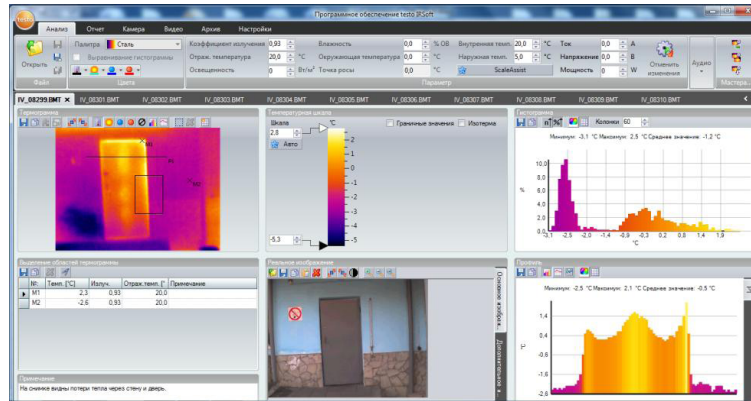


Рисунок 4 – Термограмма двери

На термограмме видно неравномерное распределение температур по дверному проёму вследствие неплотности прилегания двери (разность температур составляет более 8 °С – данные по профилю температур). Чётко видно потери теплоты в верхней части двери. Гистограмма и профиль распределения температуры – неравномерные.

Потери через неплотности двери отличаются от предыдущего вида тем, что здесь ведётся учёт потерь через неплотности полностью закрытой двери. То есть, имеющиеся дверные доводчики переводят дверь в положение «закрыто», но дефекты двери позволяют поступать холодному воздуху в помещение. Типичная для этого случая термограмма (вид двери снаружи) приведена на рисунке 5.

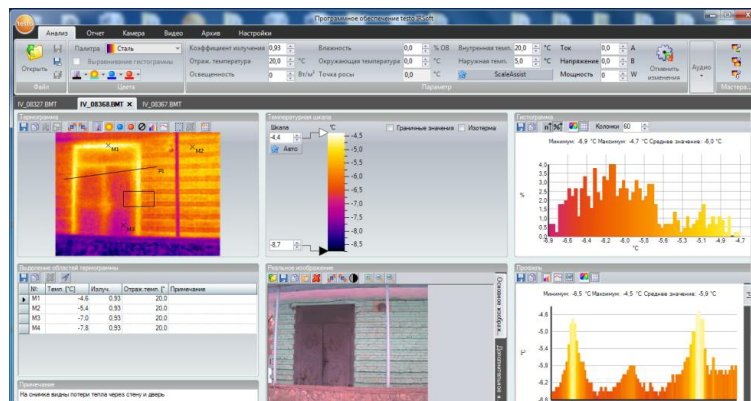


Рисунок 5 – Термограмма двери с теплотерями через неплотности

На термограмме видно неравномерное распределение температур по дверному проёму вследствие имеющихся неплотностей (разность температур составляет более 12 °С – данные по профилю температур). Чётко видно потери теплоты по периметру двери. Гистограмма и профиль распределения температуры – неравномерные.

Потери теплоты через полотно двери связаны с потерями теплопередачей и определяются высоким коэффициентом теплопроводности материала двери. Данные потери имеют значительную актуальность для производственных помещений, где дверь, зачастую, представляет собой лист металла без утепления.

Тепловые потери инфильтрацией через неплотности в стене показаны на рисунке 6. Дефекты вызваны механическим воздействием при креплении на поверхности кабель-канала.

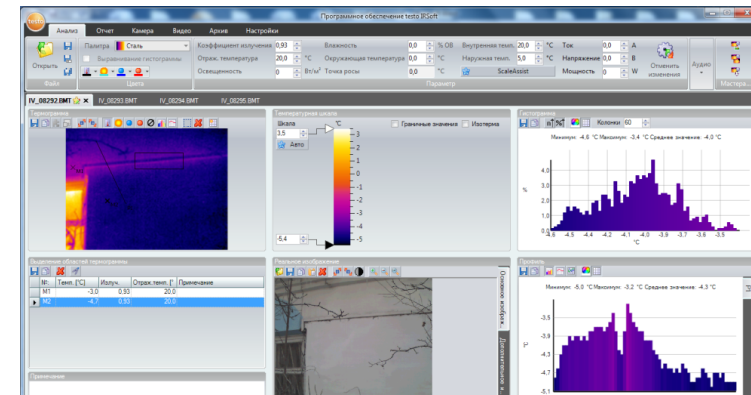


Рисунок 6 – Термограмма стены

На термограмме видно неравномерное распределение температур по поверхности стены вследствие наличия трещины (разность температур составляет более 6 °С – данные по профилю температур). Чётко видно потери вдоль проложенного кабель-канала. Гистограмма и профиль распределения температуры – неравномерные.

Потери через неплотности дверных проёмов связаны с некачественным монтажом дверных коробок. Современные технологии установки дверных коробок предполагают в качестве крепления коробки и заполнения пустого пространства использование монтажной пены, на поверхность которой наносится защитная штукатурка, предотвращающая разрушение пены от воздействия ультрафиолетового излучения Солнца. При неправильном монтаже пена не покрывается штукатуркой и разрушается,

образуя неплотности. На термограмме (рисунок 7) видно неравномерное распределение температур по поверхности стены, прилегающей к двери (разность температур составляет более 10 °С – данные по профилю температуры). Чётко видно потери через неплотности. Гистограмма и профиль распределения температуры – неравномерные.

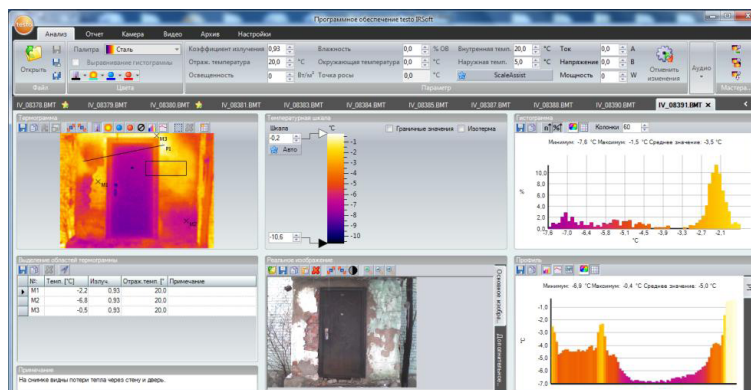


Рисунок 7 – Термограмма двери и прилегающей стены

Неплотности стен наблюдаются также при «недоделках», связанных со строительными работами, например, отверстиями в стене. Термограмма показывает разность температур более 18 °С и чётко видно потери через неплотности [3].

Ряд технологий, применяемых на предприятиях, предполагает удаление вредных газообразных веществ через технологические отверстия. Как правило, перекрытие этих отверстий в момент выключения оборудования отсутствует, и в это время наблюдаются значительные потери инфильтрацией. Стоит обратить внимание на то, что зачастую имеющиеся технологические отверстия не предусмотрены конструкцией здания. Анализ технологического отверстия показал неравномерное распределение температур по участку стены с технологическим отверстием с разностью температур более 15 °С. На гистограмме чётко видно потери через отверстие [3].

ВЫВОДЫ

Для рассмотрения типов инфильтрационных потерь и их причин имеющиеся элементы зданий разделили на три основные группы: окна, двери и стены. Был проведён анализ инфильтрационных потерь по каждой группе, обозначены причины и методы их устранения.

При рассмотрении вопроса инфильтрации окон выделены следующие проблемы: неплотности форточек; теплопотери через старые, деревянные окна; открытые окна (форточки), разбитые стёкла.

При инфильтрации через стены имеют место быть потери через трещины стены и потери через неплотности дверных проёмов. Дополнительно рассмотрены теплопотери через технологические отверстия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Найчук, А.** Об энергоэффективности наружного стенового ограждения каркасных зданий // *Архитектура и строительство* [Эл.ресурс].
- 2 **Колесников, А. И.** Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях. – М. : ИНФА – М, 2008. – 122 с.
- 3 **Байжигитова, Р. Б.** Анализ инфильтрационных потерь промышленных зданий различного типа. Магистерский проект на соискание степени магистра техники и технологии по специальности 6Мо71700 «Теплоэнергетика». – ПГУ имени С. Торайгырова, Павлодар, 2019. – 63 с.
- 4 **Бондарев, В. А.** Оценка основных факторов энергосбережения // *Современные наукоемкие технологии.* – 2014. № 5 – с. 228–229.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Е. В. Приходько¹, Е. В. Оришевская², С. С. Беркетов³

Әкімшілік ғимараттардың инфильтрациялық шығындарын талдау
^{1,2,3}Энергетикалық факультеті,
 С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
 Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
 Материал 29.11.19 баспаға түсті.

E. V. Prihod'ko¹, Y. V. Orishevskaya², S. S. Berketov³

Analysis of infiltration losses in administrative buildings
^{1,2,3}Faculty of Energy Engineering,
 S. Toraihyrov Pavlodar State University,
 Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
 Material received on 29.11.19.

Мақалада жылудың инфильтрациялық ысыраптарының түрлері және олардың себептері қарастырылады. Әкімшілік ғимараттардың инфильтрациялық шығындарына талдау жүргізу үшін Павлодар қаласының солтүстік өнеркәсіп аймағының әкімшілік мақсаттағы

бірқатар өнеркәсіптік ғимараттарына тепловизиялық тексеру жүргізілді. Бастапқы деректер ретінде Testo 730 тепловизорына алынған термограммалар қолданылады. Әкімшілік ғимараттардың инфльтрациялық шығындарын талдау IRSoft бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалану арқылы термограммалар бойынша жүргізіледі. Инфльтрациялық шығындар түрлері бойынша үш негізгі топқа бөлінді: терезелер, есіктер және қабырғалар. Терезелерді инфльтрациялау мәселесін қарастыру кезінде мынадай проблемалар анықталды: әйнектердің тығыз еместігі; ескі, ағаш терезелер арқылы жылу шығыны; ашық терезелер (желкөздер), сыңан әйнектер.

Қабырғалар арқылы инфилтрлеу кезінде қабырғаның жарықтары мен есік ойықтарының тығыз еместігі арқылы жоғалтулар қарастырылды. Технологиялық тесіктер арқылы жылу шығыны қосымша қарастырылған.

The article deals with the types of infiltration heat losses and their causes. To analyze the infiltration losses of administrative buildings, a thermal survey of a number of industrial buildings for administrative purposes of the Northern industrial zone of Pavlodar was conducted. Thermograms obtained on the Testo 730 thermal imager are used as initial data. Analysis of infiltration losses of administrative buildings is carried out by thermograms using IRSoft software. Infiltration losses by type were divided into three main groups: windows, doors and walls. When considering the issue of infiltration of windows, the following problems are highlighted: leakage of vents; heat loss through old, wooden windows; open windows (vents), broken glass.

When infiltration through walls considered losses through the cracked walls and losses through cracks in the doorways. Considered further heat loss through the technological holes.

ГРНТИ 86.01

**Е. В. Саввин¹, Д. Б. Муканова², С. Т. Шорманов³,
С. Т. Куанышбаев⁴, А. Б. Ибраева⁵**

¹специалист в.у.к. 2 категории, лаборант, Лаборатория исследования профессиональных рисков, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²ст. науч. сотр., Лаборатория исследования профессиональных рисков, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³ст. науч. сотр., Лаборатория аттестации производственных объектов и разработки профессиональных стандартов, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁴ст. науч. сотр., Лаборатория аттестации производственных объектов и разработки профессиональных стандартов, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁵специалист ср. ур. кв. 2 категории, Лаборатория аттестации производственных объектов и разработки профессиональных стандартов, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан

e-mail: ¹savin.e@rniiot.kz; ²mukanova.d@rniiot.kz; ³shormanov@rniiot.kz;

⁴k.serzhan@rniiot.kz; ⁵ibraeva.a@rniiot.kz

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА

В данной работе проведён значительный анализ исследования истории становления нормативно-законодательных актов в области охраны труда, как в дальнем, так и ближнем зарубежье. В ходе исследования было установлено, что ранее использованные законы и

международные стандарты потеряли свою актуальность, а OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series) и ISO (International Organization for Standardization) адаптированы только для крупных предприятий, имеющих выход на международный уровень. Следовательно, исходя из вышеизложенного, созрела необходимость в целях улучшения и совершенствования охраны труда в Республике Казахстан разработать и внедрить стандарты системы управления охраной труда (СУОТ) для средних и малых предприятий.

Ключевые слова: система управления охраной труда, генезис труда, МОТ, трудящиеся, работодатели, защита прав, охрана труда.

ВВЕДЕНИЕ

Система управления охраной труда (СУОТ) в своем виде, какой мы её знаем, претерпела ряд существенных изменений за свою историю. Большое значение в системе охраны труда имеют экономические и производственные факторы, способствующие изменениям во внедрении, под средством которых требуется единое взаимодействие и совершенствование всех трудовых процессов, впоследствии их целесообразное применение в условиях нашей жизни.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Система управления охраной труда – это единый комплекс взаимодействующих элементов, регламентированная законодательством совокупность методов и средств управления, направленных на организацию обеспечения политики и целей в области охраны труда у конкретного работодателя и процедуры по достижению этих целей [1].

Возникновение понятия охраны труда по форме и своего образования можно разделить на несколько характерных факторов, выражая тот или иной тип организации труда, отношение к нему трудящихся и работодателей:

1) Технические и организационные, непосредственно воздействующие на формирование материально-вещественных элементов условий труда: возможности оборудования, инструментов, приспособлений. Организационные факторы зависят от психологических границ, определяющиеся возможностями человеческого организма.

2) Социальные и экономические, действие которых обуславливает положение трудящихся в обществе: частный или наёмный труд, степень интеллектуализации и квалификационной сложности трудовых функций.

3) Естественно-природные, воздействие географических, климатических и биологических особенностей, где протекает трудовой процесс.

4) Хозяйственные и бытовые, отвечающие за санитарную, организацию питания работников и их бытового обслуживания [2].

В условиях постоянных изменений труда и его совершенствования происходит и постепенное совершенствование профессионального опыта работника. Вместе с объемом выполнения работы и её уровнем сложности возрастает и требования к эмоциональной устойчивости работника, ответственность в труде и напряженность в коллективе.

Всё больше значение в системе труда имеет учёт всех производственных факторов по организации трудового процесса, видоизменение и совершенствование его в единое целое. Соответствие этих факторов является предпосылкой нормальной работоспособности человека.

Одной из первых серьёзных попыток изменить трудовое законодательство и усовершенствовать систему управления охраной труда была предпринята в России. Первоначально российское трудовое законодательство в XIX веке держалось на нескольких законодательных документах: Положение 1835 года «Об отношениях между хозяевами фабричных заведений и рабочими людьми» [3]; Положение 1845 года «О воспрещении фабрикантами назначать трудовые работы малолетних работникам младше 12 лет» [4]; Закон 1885 года «О школьном обучении малолетних, работающих на фабриках, заводах, мануфактурах» [5] и обязывал открывать при производствах школы для повышения образовательного уровня. Главным скачком изменений системы охраны труда в России послужила отмена крепостного права, которая помогла полному установлению капитализма в стране.

В Европе в свою очередь также происходили процессы изменения в области охраны труда. С конца XVIII века – первой половины XIX века в Европе неоднократно поднимались вопросы разработки социальных программ и политики по рабочим вопросам. К примеру, Готская программа. Требования о запрете детского труда и труда женщин в воскресное время, наносящего вред здоровью и нравственности, надзор за рабочими жилищами, и опора на действующий закон «Об ответственности предпринимателей за несчастные случаи с рабочими» [6].

В 20-ых годах XX века социально-экономическое устройство мира сменилось на социалистический строй и развитие охраны труда охарактеризовалось событиями Февральской Революции 1917 года. В России были сформулированы первые пункты Программы о санитарном законодательстве по улучшению гигиенических условий труда и защите жизни и здоровья рабочих, о санитарной инспекции и инспекции труда [7]. В этот период был образован Государственный Комитет Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы. Программа КПСС выдвинула одной из главных задач оздоровление и облегчение труда [8]. Начались преобразования системы труда по социальным вопросам занятости, охраны труда, сокращения рабочего дня, ограничения эксплуатации труда подростков, повышения оплаты за труд.

Новый виток развития в области охраны труда начался со второй половины XX века, в 50-х – начале 60-х гг. После Великой Отечественной войны, понимая важность охраны труда и защиты прав трудящихся, активно разрабатывались и внедрялись нормы и правила для работодателей. Верховным Советом СССР 15 июля 1970 г. были приняты и введены в действие с 1 января 1971 г. «Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о труде» [9]. Начиная с 1957 г., в СССР были приняты решения, направленные на улучшение условий труда, устранение причин производственного травматизма, предупреждение профессиональных заболеваний. В 1961 г. была принята научно-обоснованная программа оздоровления условий труда [10]. На всех предприятиях были внедрены современные средства техники безопасности и обеспечены санитарно-гигиенические условия, устраняющие производственный травматизм и профессиональные заболевания». В 1970-е гг. в СССР было принято значительное число документов по охране труда, а именно: положение о правах профсоюзного комитета предприятия [11]; Типовые правила внутреннего распорядка [12]; Положение о порядке рассмотрения трудовых споров [13]; Положения о правовой и технической инспекциях труда и др. [14]. В это время в СССР была создана система особых льгот работающим, совмещающим работу с обучением. Согласно законодательству того времени, если работник хотел поступить в высшее учебное заведение, то ему на период сдачи вступительных экзаменов предоставлялся дополнительный отпуск.

Авторами в эти годы были проведены крупные исследования по решению проблем в области экономики и охраны труда. Из них можно отметить работы А. Е. Григорьева, Б. В. Власова, Г. Э. Слезингера, Б. З. Мильнера, Л. Е. Гурина, А. П. Павленко, Н. А. Софийского и др. Работы авторов И. Я. Обломской, Д. П. Кайдалова, И. И. Чангли, В. А. Ядова были посвящены в свою очередь исследованиям в области характера и содержания труда. Авторы как Г. А. Пруденский, М. Я. Сонин, А. П. Осипов, Л. А. Муксинова занимались исследованиями режимов труда и отдыха, использованием рабочего и нерабочего времени, подготовки кадров. Проблемам в области гигиены и условий труда, и физиологии посвятили свои труды В. В. Розенблат, В. А. Ачеркан, Е. И. Андреева-Галанина, В. Г. Макушин. По вопросам изучения эффективности и производительности труда широко осветились научные работы Е. Г. Аносенкова, В. С. Немченко, Л. М. Данилова, Н. И. Роговского, И. С. Маслова. Долгое время охрана труда понималась только как средство достижения такой цели, как создание здоровых и безопасных для жизни человека условий труда. Этой точки зрения придерживался и ряд современных ученых: Н. Г. Занько, О. Н. Русак, Э. А. Арустамов. Некоторые из учёных как М. М. Любимов, В. Д. Роик,

Н. К. Кульбовская подразумевали под охраной труда систему сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности [15].

Новым «всплеском» исследований в области трудовых проблем, а также проблем охраны труда и управления охраной труда связаны с современным этапом экономического развития, переходом к управлению экономикой на рыночных принципах. Изменение социально-экономических отношений в стране и мире, распад СССР потребовали новых подходов к изучению труда. С начала 90-х гг. Министерство труда, Институт труда, Всероссийский центр уровня жизни, Всероссийский центр охраны труда и др. работали над решением проблем в области труда [16].

Охране труда уделяли внимание и за рубежом. В США действует Национальный институт безопасности и гигиены труда, в Великобритании – Управление по безопасности и охране труда, во Франции – Ассоциация инженеров по охране труда, в Германии – Федеральное министерство охраны труда и социальной защиты, научно-исследовательским институтом которого является федеральное управление охраны труда и производственной медицины. [17] Также можно выделить Институт охраны труда, Институт охраны труда и здоровья, Институт профилактики и производственной медицины. Вопросами охраны труда занимаются Международная Организация Труда и Европейское экономическое сообщество. К их числу относят конвенции и рекомендации по защите от влияния загрязненного воздуха, шума, вибрации, профессиональных заболеваний, обязательного медицинского осмотра [18, 19]. В Японии действует структура Министерства труда и социального обеспечения. [20] В Беларуси действует Министерство труда и социальной защиты, опираясь на профилактику по уменьшению производственного травматизма и профессиональных заболеваний, улучшения условий и охраны труда в организациях. Разрабатывается и внедряется система управления охраной труда, обеспечивающая идентификацию опасностей, оценку профессиональных рисков и анализ эффективности в соответствии с принятым Положением от 23 октября 2000 г. [21].

В «Докладе Робенса» 1972 года в Великобритании был объявлен переход с отраслевого регулирования охраны труда к единой нормативной базе, которая должна охватывать все отрасли работников. Этот переход завершился в 1974 году принятием закона об охране труда [22]. Значение участия социальных партнеров на международном уровне в реализации охраны труда были подчеркнуты в Конвенции МОТ 1981 года № 155, внимание которого обращалось на модели корпоративного развития, которые более приспособлены для быстрой адаптации к изменениям и основаны на непрерывной оценке экономических показателей [23]. Данный подход получил одобрение как эффективный способ обеспечения согласованной

реализации охраны труда. Последующие годы показали растущую сложность и ускоренные перемены в мире труда, требовавшие новых подходов в разработке системы охраны труда, в виду с дальнейшей потребностью сокращения травматизма, растущих выплат работникам, увеличение рисков здоровья и т.д. [24].

Новым успешным витком изучения охраны труда можно назвать пример Российской Федерации, начавшийся в августе 1993 года с принятия первого закона об охране труда постсоветского периода – «Основы законодательства Российской Федерации об охране труда» [25]. Охрана труда обозначалась как «система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включая правовые, социально-экономические, организационно-технические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия». Далее принятый Федеральный закон от 17 июля 1999 года № 181-ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации» существенно повысил защищенность работника в процессе труда. Были устранены изъяны Закона августа 1993 года, а Государственная инспекция по труду была наделена правом контролировать мероприятия [26].

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 года, начавший действовать с 1 февраля 2002 года расширил и конкретизировал основные права работников [27]. Так, в законе закреплено «право отказа работника от выполнения работы при возникновении опасности для его жизни и здоровья, вследствие нарушений требований охраны труда». С 2009 года в ФЗ N-206 были внесены изменения «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации», в целях обязательного применения всеми работодателями стандартов безопасности труда [28].

Современная организационная структура управления охраной труда в Европейском союзе представляет собой вертикаль. Большие полномочия по вопросам регулирования промышленной безопасности отданы на низовые уровни – Земельные министерства и районные администрации. Надзорная деятельность осуществляется инспекциями земель. К вопросам надзорной деятельности за опасными производственными установками привлекается Союз технических инспекторов и профессиональные товарищества [29].

В Великобритании организационная структура по охране труда включает в себя: Министерство по охране окружающей среды и комиссию по охране здоровья и безопасности [30, 31]. В США основной организационной структурой по охране труда является Министерство труда, далее Ведомство по безопасности и охране здоровья (по отраслям) [32].

Из выше сказанного можно сделать вывод, что использование системы управления охраной труда имеет свой потенциал и ответственность. К

основным преимуществам системы управления относятся: возможность интеграции охраны труда в корпоративные системы управления, что без труда позволяет привести цели охраны труда в соответствие с экономическими задачами предприятия; адаптация системы в зависимости от размера и специфики предприятия; равное внимание к безопасности труда и состоянию здоровья; оценка трудовых затрат и квалификации работников.

Для внедрения системы управления охраны труда на предприятия Казахстана первоначально следует произвести выработку политики по охране труда. Разработать план: организационной структуры, целей и задач, программу по охране труда. Далее следует внедрение системы: распределение ресурсов, обязанностей и полномочий; разработка документации; подготовка руководителей и специалистов по вопросам управления охраной труда, понимание сути и смысла системы управления охраной труда, управление операциями и подготовка к аварийным ситуациям.

Внедрение проекта СУОТ происходит на основе разработки имеющегося опыта с учетом действующих нормативных документов и реалий производства. Внедрение лучше проводить в два этапа: с апробации системы, с корректировкой разработанной документации и внедрения СУОТ в действие. После разработки и внедрения СУОТ следует производить непрерывное совершенствование, как системы, так и производства, и сотрудников Предприятия.

Сейчас в целом охрана труда находится под управлением частной составляющей, нежели государственной регулирующей силы. Основным фактором охраны труда должна быть собственная заинтересованность работодателей в разработке системы охраной труда и обеспечение условиями по отношению к работникам. Данный фактор должен служить на сбережение человеческих ресурсов и получение экономической выгоды.

Характерной особенностью нынешнего типа труда можно считать несогласованность единого содержания стандартов охраны труда, несмотря на большую заинтересованность в разрешении данной проблемы. Однако круг опасностей и вредностей при трудовой деятельности не уменьшается. Разработка новых технологий приносящих излучения и выбросы новых видов загрязнений в атмосферу, усугубляет нежелание работодателей вкладывать средства в охрану труда. Помочь сможет только привлечение дополнительного экономического интереса для частных собственников.

Становление современного этапа системы управления охраной труда прошло путь от изменений технологического процесса и экономики до разработки конвенций и рекомендаций, далее до принятия их, имеющие свои основополагающие подходы в разработке системы управления охраны труда на любых предприятиях с любой сложностью производства.

Подход на основе СУОТ получил признание после широкого распространения и успеха стандартов ISO в отношении качества (серия ISO 9000) [33], а затем и окружающей среды (серия ISO 14000). Эта модель опирается на теории систем, разработанные, главным образом, в области естественных и социальных наук, но также имеет много общего с механизмами корпоративного управления [34].

После публикации Руководства (2001) МОТ активно оказывала техническую помощь странам, заинтересованным в разработке собственных руководств СУОТ [35].

В 2007 году в одиннадцати странах СНГ был принят новый межгосударственный стандарт – ГОСТ 12.0.230»2007: «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования» – который опирается на Руководство МОТ СУОТ 2001 и использовался как государственными органами, так и профессиональными организациями, тем самым показывая отражение наиболее эффективного способа управления ОТ [36].

Первым шагом внедрения системы охраны труда для Республики Казахстан стал переход ратификации Конвенции Международной организации труда (МОТ) № 187, в соответствии с положениями которой должны быть обеспечены условия для внедрения системы управления труда [37].

Основополагающими документами, регламентирующими законодательство о труде, и внедрение новой системы в Казахстане можно отметить Конституцию РК, [38] «Трудовой кодекс Республики Казахстан». [39] Также Указы Президента РК, имеющие силу конституционного закона и силу закона, постановления Парламента РК, постановления и распоряжения Правительства РК, издаваемые на основе и во исполнение указанных законов, нормативно-правовые акты уполномоченных на это Правительством государственных органов [40]. В соответствии со ст. 24 и 29 главного законодательного документа (Конституции РК) граждане нашего государства имеют право: на свободу труда, свободный выбор рода деятельности и профессии; на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены; на вознаграждение за труд без какой-либо дискриминации, а также на социальную защиту от безработицы; на отдых и охрану здоровья; при работе по трудовому договору на установленные законом продолжительность рабочего времени, выходные и праздничные дни, оплачиваемый ежегодный отпуск; на получение бесплатно гарантированного объема медицинской помощи, установленного законом [41].

Согласно Посланию президента Республики Казахстан. Лидера нации, Н. А. Назарбаева народу Казахстана, стратегии «Казахстан-2050» сказано, что характерной особенностью новой системы охраны труда должен стать

дифференцированный подход в зависимости от вида деятельности, размера предприятия, заработной платы и объема труда [42].

На данный момент в Республике Казахстан проводятся исследования на предприятиях и отраслях производства в области изучения системы охраны труда, для выявления универсального подхода по внедрению и дальнейшему применению новой системы охраны труда.

После становления независимости Республики Казахстан, страна вступила в Содружество независимых государств, разработав свою собственную первоначальную систему управления охраной труда.

До 1993 года Республика Казахстан использовала Кодекс законов о труде Казахской ССР от 21 июля 1972 года. Утратил силу – Законом РК от 10 декабря 1999 г. N 494. Статья 20 и пункт 1 статью 33 – Законом от 26 июня 1992 г.; глава XI – постановлением Верховного Совета Республики Казахстан от 22 января 1993 г. (Ведомости Верховного Совета Республики Казахстан, 1993 г., N 3, ст. 41). В соответствии с Конституцией СССР и Конституцией Казахской ССР гражданам обеспечивается равноправие в области труда независимо от национальности и расы [43].

В 1993 году был принят первый Закон Республики Казахстан от 22 января 1993 г. N 1914-XII «Об охране труда», отсюда и берет своё начало история становления охраны труда в Казахстане. Настоящий Закон был направлен на обеспечение права работников на охрану труда, устанавливал основные принципы национальной политики в этой области в целях предупреждения несчастных случаев и подтверждения здоровья на производстве, сведения к минимуму опасных и вредных производственных факторов и распространялся на все виды хозяйственной деятельности и предприятий независимо от форм собственности [44]. Позднее Указом ПРК от 5 октября 1995 г. N 2488 были внесены изменения Закон 1993 года; далее, Законом РК от 29 ноября 1999 г. N 488-1 [45].

Развитие рыночной экономики в Республики Казахстан определило новые приоритеты развития производства в стране: повышение конкурентоспособности производимой продукции; осуществление перехода от добывающей промышленности к перерабатывающей; удовлетворение растущих потребностей населения; создание системы обеспечения безопасности потребляемой продукции. В связи с этим возникла необходимость использования нового подхода к решению вышеуказанных задач. Решение проблем обеспечения конкурентоспособности отечественной продукции, безопасности отечественной продукции, расширения экспорта казахстанской продукции на зарубежные рынки сфокусировалось на достижении высокого уровня качества продукции, внедрении современных систем менеджмента [46].

Большую роль в понимании проблем современного менеджмента играют стандарты систем менеджмента нового поколения. Начиная с 2001 года в Республике Казахстан начала активизироваться деятельность предприятий и организаций по разработке и внедрению современных систем менеджмента. Были приняты распоряжения Премьер-министра РК от 6 февраля 2004 года № 28-р и от 27 июня 2006 года № 175-р, по ускоренному переходу казахстанских предприятий на международные стандарты, выполняя которые в республике создана необходимая инфраструктура, нормативная и методическая база для внедрения международных стандартов в области менеджмента [47]. В качестве государственных стандартов Республики Казахстан были приняты международные стандарты системы менеджмента: ISO серии 9000 [48], экологические стандарты ISO серии 14000 [49], стандарты безопасности и гигиены труда OHSAS 18001 [50], стандарты социальной ответственности SA 8000 [51], стандарты систем менеджмента безопасности пищевой продукции ISO серии 22000 [52], аудиту СМК и экологическому менеджменту – ISO 19011 [53], новая система экологического менеджмента – ISO 14005 [54] и другие [55].

В дальнейшем принимается и вводится Трудовой кодекс Республики Казахстан от 15 мая 2007 года N 251-III (с изменениями и дополнениями по состоянию на 21 июля 2015 г.), [56] в последствии утратившим силу с 1 января 2016 года в соответствии с Трудовым кодексом Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года N 414-V [57].

В последующие годы в силу своей неадаптированности к условиям и неподъемности предприятиями в цене, система OHSAS стала неэффективной. Поэтому, Республиканским научно-исследовательским институтом охраны труда Министерства труда и социальной защиты населения был разработана система управления охраной труда (СУОТ) на основе управления производственными рисками (УПР) адаптированный на предприятиях Республики Казахстан, что подтверждает актуальность данного исследования [58, 59, 60, 61, 62].

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно сделать вывод о том, что охрана труда – сложный и комплексный инструмент обеспечения, имеющий некий баланс между получаемой от деятельности выгоды и профессиональными рисками, связанными с деятельностью труда. Поэтому, пытаясь создать с каждым разом более существенную систему управления и установить чёткую взаимосвязь между параллельно действующими системами, идет стремление свести риски к нулю, увеличивая выгоду от рода занятия, а также сохранить здоровье работника. Возможность практической реализации на производстве

научных инноваций в области обеспечения безопасного труда посредством активного сотрудничества исследователей, экспертов – практиков со стороны предприятий и представителей государственных органов является залогом построения эффективной инновационной СУОТ на основе УПР.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Что такое система управления охраной труда. URL: <https://websot.jimdo.com>
- 2 Факторы труда. URL: <https://center-yf.ru/data/economy/factory-truda.php>
- 3 **Нисселович, Л. Н.** История заводско-фабричного законодательства Российской империи. Ч. 1. Законодательство до императора Александра I. СПб., 1883. Ч. 2. Законодательство императора Александра I. СПб., 1884.
- 4 Единый стандарт. Центр сертификации и лицензирования. Охрана труда в Российской Империи.
- 5 **Толмачев, Е. П.** Александр III и его время. Рабочее законодательство, с. 253.
- 6 Готская программа (22–27 мая 1875 г.).
- 7 **Карауш, С. А., Герасимова, О. О.** История охраны труда в России. Томск, 2005.
- 8 Собрание Узаконений и Распоряжений Рабочего и Крестьянского Правительства РСФСР. 1918; № 87– 88. Ст. 905 / Приложение из учебного пособия И.Я. Киселева «Трудовое право России» (Москва, 2001).
- 9 Об утверждении основ законодательства Союза СССР и Союзных республик о труде.
- 10 XXII съезд коммунистической партии Советского Союза, 17–31 октября 1961 года, стенографический отчёт.
- 11 Указ Президиума ВС СССР от 27.09.1971 N 2151-VIII (ред. от 04.02.1988) «Об утверждении Положения о правах профсоюзного комитета предприятия, учреждения, организации».
- 12 Об утверждении Типовых правил внутреннего трудового распорядка для рабочих и служащих предприятий, учреждений, организаций. Постановление от 29 сентября 1972 N 258.
- 13 Указом Президиума Верховного Совета СССР от 20 мая 1974 года «Об утверждении Положения о порядке рассмотрения трудовых споров» Президиум Верховного Совета РСФСР, статья 202, 210 и 220.
- 14 Постановление Президиума ВЦСПС от 22.11.1976 «О правовой инспекции труда».
- 15 Экономика труда: Учебник / Под ред. проф. П. Э. Шлендера и проф. Ю.П.Кокина. – М. : Юристъ, 2002. – 592 с.

16 Федеральный закон № 5600-1 от 6 августа 1993 года «Основы законодательства РФ об охране труда» (в ред. Федерального закона от 18.07.95 № 109-ФЗ) (утратил силу) // Ведомости СНГ и ВС РФ. – 1993. – № 35. – С. 1413.

17 Государственное управление научно-инновационным развитием: новое в мировой политике, В. И. Кувшилин.

18 Конвенция № 148 «О защите трудящихся от профессионального риска, вызываемого загрязнением воздуха, шумом и вибрацией на рабочих местах» (ратифицирован Законом Республики Казахстан от 26.06.96 г. N 10-І).

19 РЕКОМЕНДАЦИЯ 156. Рекомендация о защите работников от профессионального риска, вызываемого загрязнением воздуха, шумом и вибрацией на рабочих местах.

20 Министерство здравоохранения, благосостояния и труда Японии (mhlw.go.jp).

21 Постановление Министерства труда Республики Беларусь от 23 октября 2000 г. № 136 «Об утверждении Положения о планировании и разработке мероприятий по охране труда».

22 Доклад по охране здоровья и безопасности труда Великобритании 1972 года.

23 Конвенция N 155 Международной организации труда «О безопасности и гигиене труда и производственной среде» от 22 июня 1981 г.

24 **Шестаков, Ю. Г.** Новые подходы к совершенствованию системы охраны труда.

25 «Основы законодательства Российской Федерации об охране труда» (утв. ВС РФ 06.08.1993 N 5600-1).

26 Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17.07.1999 N 181-ФЗ (последняя редакция).

27 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 30.12.2015).

28 Федеральный закон «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации» от 24.07.2009 N 206-ФЗ (последняя редакция).

29 **Сулеев, Д. К., Утепов, Е. Б., Тяжин, Ж. Т., Кенеев, Т. К.** ОХРАНА ТРУДА. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА.

30 Структура охраны труда в Великобритании. URL: www.hse.gov.uk.

31 Федеральное агентство по образованию. Московский институт комплексной безопасности. Филиал в г. Югорск, 2011.

32 Министерство труда США (United States Department of Labor). URL: www.dol.gov.

33 МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ ISO 9000 СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Четвертое издание, 15.09.2015.

34 ISO 14000 МЕНЕДЖМЕНТ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: 2015.

35 Руководство по системам управления охраной труда (МОТ-СУОТ 2001).

36 ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования ILO-OSH2001.

37 Конвенция Международной организации труда № 187 об основах, содействующих безопасности и гигиене труда. (Женева, 15 июня 2006 года).

38 Конституция Республики Казахстан от 30 августа 1995 года.

39 Трудовой кодекс Республики Казахстан. Кодекс Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414-V ЗРК.

40 О внесении дополнений в Указы Президента Республики Казахстан, имеющие силу Конституционных законов, «О Парламенте Республики Казахстан и статусе его депутатов» и «О судах и статусе судей в Республике Казахстан» по вопросам упорядочения предоставления льгот отдельным категориям граждан.

41 Статья 24 и статья 29 основного законодательного документа – Конституции Республики Казахстан.

42 strategy2050.kz

43 Кодекс законов о труде Казахской ССР. Утвержден законом Казахской ССР от 21 июля 1972 года. Утратил силу – Законом РК от 10 декабря 1999 г. N 494.

44 Закон Республики Казахстан от 22 января 1993 г. N 1914-XII «Об охране труда» (внесены изменения Указом ПРК от 5 октября 1995 г. N 2488; Законом РК от 29 ноября 1999 г. N 488-1).

45 Закон Республики Казахстан «Об охране труда» от 29 ноября 1999 г. N 488-1.

46 Концепция развития систем менеджмента в Республике Казахстан до 2015 года, Астана 2008.

47 Нормативная база от 02.02.2017.

48 ISO серии 9000 – Менеджмент качества.

49 ISO серии 14000 – Менеджмент окружающей среды.

50 OHSAS 18001 – Система профессиональной безопасности и охраны труда.

51 SA 8000 – Стандарты социальной ответственности.

52 ISO серии 22000 – Стандарты систем менеджмента безопасности пищевой продукции.

53 ISO 19011 – аудит СМК и экологический менеджмент.

54 ISO 14005 – Новая система экологического менеджмента.

55 Сайт компании ТОО «Национальный центр аккредитации».

56 Трудовой Кодекс Республики Казахстан от 15 мая 2007 года N 251.

57 Трудовой кодекс Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года N 414-V.

58 «Руководство по разработке интегрированной системы управления охраны труда на основе управления профессиональными рисками, дифференцированная в зависимости от размера предприятия (малое и микропредприятия)» (произведение науки) (Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права № 3097 от 17 октября 2018 г.).

59 «Руководство к внедрению системы управления охраны труда в Республике Казахстан» (произведение науки) (Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права № 3098 от 17 октября 2018 г.).

60 «Методика внедрения интегрированной системы управления охраной труда на основе управления профессиональными рисками» (произведение науки) (Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом № 4706 от 29 июля 2019 г.).

61 «Типовое положение об интегрированной системе управления охраной труда на основе управления профессиональными рисками» (произведение науки) (Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом № 4704 от 29 июля 2019 г.).

62 Учебная программа по курсу «Внедрение интегрированной системы управления охраной труда на основе управления профессиональными рисками на предприятии» (произведение науки) (Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом № 4703 от 29 июля 2019 г.).

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

*Е. В. Саввин¹, Д. Б. Муканова², С. Т. Шорманов³, С. Т. Куанышбаев⁴,
А. Б. Ибраева⁵*

Еңбекті қорғауды басқару жүйесін енгізу тарихы

^{1,2,3,4,5}«Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбек қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты» РМҚК, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.
Материал 29.11.19 баспаға түсті.

*Ye. V. Savvin¹, D. B. Mukanova², S. T. Shormanov³, S. T. Kuanyshebaev⁴,
A. B. Ibrayeva⁵*

The relevance of studying of the history of introduction of occupational health and safety management systems

^{1,2,3,4,5}«Republican science research institute on labor protection of MLSPP of RK» RSE,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 29.11.19.

Бұл жұмыста алыс және жақын шетелдерде еңбекті қорғау саласындағы нормативтік-құқықтық актілердің қалыптасу тарихын зерттеуге маңызды талдау жасалды. Зерттеу нәтижесінде бұрын қолданылған заңдар мен халықаралық стандарттар өзектілігін жоғалтты, және OHSAS (еңбекті қорғауды және қауіпсіздік техникасын бағалау сериясы) және СЖХҰ (Стандарттау жөніндегі халықаралық ұйым) халықаралық деңгейге қол жеткізе алатын ірі кәсіпорындар үшін бейімделген. Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, Қазақстан Республикасында еңбекті қорғауды жетілдіру және жетілдіру мақсатында орта және шағын кәсіпорындар үшін еңбекті қорғауды басқару жүйесінің (ЕҢБЖ) стандарттарын әзірлеу және енгізу бойынша қажеттілік туындады.

This paper provides a significant analysis of the study of the history of the regulatory acts formation in the field of labor protection, in the both far and near abroad. The study has revealed that the previously used laws and international standards have lost their relevance, and OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series) and ISO (International Organization for Standardization) are adjusted only for large enterprises with access to the international level. Consequently, based on the foregoing, there exist a need to improve the labor protection in the Republic of Kazakhstan to develop and implement the standards for the OSH management system for medium and small-scale enterprises.

**К. Т. Саканов¹, Н. Ж. Акимханов²,
Г. А. Жукенова³, Р. А. Шагиева⁴**

¹к.т.н., зав. кафедрой, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., ассоц. профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³PhD, ассоц. профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., ассоц. профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹kuan_altei@mail.ru; ²akimkhanovn@mail.ru; ³gulnara-home@mail.ru;

⁴shagieva2008@mail.ru

СОСТОЯНИЕ ПРИДОРЖНОГО СЕРВИСА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ПАВЛОДАР-СЕМЕЙ

Статья посвящена анализу состояния придорожного сервиса на автомобильной дороге Павлодар-Семей. Рассмотрены результаты проведенного натурного исследования состояния объектов, оказывающих услуги сервиса на рассматриваемом участке дороги. Выполнен анализ результатов и приведены выводы.

Ключевые слова: придорожный сервис, мотель, кемпинг, остановка, эстакада, пункт питания, биотуалет, пункты сервиса, категория дороги, статистические данные.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный транспорт в Казахстане за последнее десятилетие по экономической значимости вышел на третье место после железнодорожного и трубопроводного транспорта. Преимуществом для автомобильного транспорта выступает почти в 6 раз более высокая плотность автодорог (более 30 км на 1000 кв. км территории) по сравнению с железными дорогами. В связи с ростом автомобилизации, увеличением объемов автоперевозок и подвижности населения появилась серьезная проблема обеспечения

безопасной и комфортной жизнедеятельности водителей и пассажиров в пути. Кроме того, нормальная работа дорожно-транспортного комплекса не может быть обеспечена без развитой придорожной инфраструктуры и сервиса, которые в свою очередь должны соответствовать современным стандартам по обеспечению качества. Учитывая географическое расположение Павлодарской области на пути следования грузов и пассажиров в Российскую Федерацию, а также прохождение автотранспорта в Акмолинскую, Восточно-Казахстанскую, Карагандинскую и Северо-Казахстанскую области дальнейшее развитие придорожного сервиса является одной из составляющих роста показателя транспортных услуг.

Актуальностью исследования является то обстоятельство, что состояние придорожного обслуживания в ряде регионов имеет целый ряд недостатков и не соответствует современным требованиям, предъявляемым к предприятиям автомобильно-дорожного сервиса. Недостаточный уровень качества придорожного обслуживания водителей и пассажиров зачастую становится причиной повышения аварийности и снижения эффективности перевозочного процесса. В этом и заключается актуальность рассмотренного исследования.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Под объектами дорожного сервиса понимаются здания и сооружения, расположенные на придорожной полосе и предназначенные для обслуживания участников дорожного движения в пути следования (мотели, кемпинги, станции технического обслуживания, автозаправочные станции, пункты питания, торговли, связи, медицинской помощи, мойки автомобильного транспорта и иные аналогичные сооружения). Услуги, предоставляемые объектами дорожного сервиса, должны способствовать поддержанию высокой работоспособности водителей, снижению утомляемости их и пассажиров посредством удовлетворения на всем протяжении автомобильной дороги возникающих у них потребностей.

В развитии рыночной инфраструктуры, расширении внутренней и внешней торговли важную роль играет автомобильный транспорт. По состоянию на 1 января 2018 г. автомобильный парк республики насчитывает 440,6 тыс. грузовых автомобилей, 90,4 тыс. автобусов, 3851,6 тыс. легковых автомобилей.

На 1 апреля 2019г. в Республике Казахстан количество зарегистрированных легковых автомобилей составило 3693,3 тыс. единиц. За январь-март 2019 г. было зарегистрировано 220,8 тыс. единиц легковых автомобилей что больше на 10,2 % к соответствующему периоду прошлого года [2].

В связи с этим на дорогах должен быть предусмотрен соответствующий современным условиям функционирования транспортного процесса

комплекс работ по обслуживанию проезжающих, организации и обеспечению безопасности движения. Водителям и пассажирам автомобилей, преодолевающим большие расстояния, требуется питание и периодический отдых. Необходима заправка автомобилей, а также их ремонт, осмотр и обслуживание. Для автобусных пассажирских линий нужны оборудованные площадки для посадки и высадки пассажиров с крытыми помещениями – павильонами для ожидания во время непогоды.

К сооружениям обслуживания водителей и пассажиров, без которых немислима современная автомобильная дорога, относятся: автозаправочные станции; станции технического обслуживания, мыечные пункты у въездов в крупные населенные пункты, эстакады для осмотра транспортных средств и мелкого ремонта силами своих водителей; придорожные кафе и буфеты, буфеты – автоматы и столовые самообслуживания, рестораны; придорожные гостиницы, мотели, кемпинги, профилактории для водителей; сооружения дорожно-эксплуатационной службы – комплексы зданий и сооружений управления дорог, комплексы зданий и сооружений основного и низового звеньев дорожной службы, жилые дома для рабочих и служащих, производственные базы, пункты обслуживания и охраны мостов, переправ, тоннелей и галерей, устройства технологической связи.

Перечень обязательных услуг, оказываемых объектами дорожного сервиса пользователями соответствующей категории: автозаправочной станции; мотеля/кемпинга; благоустроенного (теплого) туалета; розничной торговли; общественного питания; станции технического обслуживания; пункта мойки автомобильного транспорта; охраняемых стоянок; банкоматов, платежных терминалов; предоставления мест для пикника; медицинской помощи; пункта обогрева; туристического бюро; детской площадки; комнаты матери и ребенка; комнаты матери и ребенка; торгово-развлекательные.

Понятие дорожный сервис включает и оказание технических услуг (АЗС, СТО, авто-мойки, передвижная техническая помощь, автомобильные стоянки и т.д.). Также следует учитывать, что на эффективность работы автотранспорта как косвенно, так и непосредственно оказывают влияние множество факторов и условий, одним из которых и является степень благоустройства дорог.

К объектам придорожного обслуживания относятся: автобусные остановки; остановочные площадки; площадка отдыха (тип 1 и 2). При этом относятся:

- к тип 1: Площадка для стоянки автомобилей с эстакадой; благоустроенное место отдыха водителей и пассажиров; туалет;
- к тип 2: площадка для стоянки автомобилей; туалет; пункты первой медицинской помощи; гостиницы (мотели, кемпинги); пункты связи; пункты

питания (рестораны, столовые, кафе, закусочные и т.д.); пункты питания (рестораны, столовые, кафе, закусочные и т.д.); предприятия торговли; автозаправочные станции; станции (пункты) технического обслуживания автомобилей; пункты механизированной мойки автомобилей.

Зарубежный опыт. В Республике Казахстан для решения задач, связанных с проектированием объектов придорожного обслуживания, необходимо комплексно исследовать вопросы их архитектурно-планировочного формирования на примере других стран. Придорожный сервис за рубежом, в отличие от Казахстана, развивался и развивается уже много десятков лет и является участником национальных экономик. Основными его показателями являются хорошо налаженная сеть придорожных объектов, низкая удаленность объектов сервиса друг от друга, качественный сервис [5].

В этом аспекте большой интерес представляет опыт организации сервиса и строительства объектов на транспортных магистралях стран, имеющих давние традиции придорожного обслуживания. Этот опыт показывает, что придорожный сервис способствует развитию как экономики страны в целом, так и туризма, в частности.

В Соединённых Штатах Америки, где практически все дороги – платные, придорожная инфраструктура отличается многофункциональностью, представлена разными предприятиями сервиса. Как правило, участки вдоль дорог сдаются в аренду частным лицам, которые организуют комплексы: автопутешественник имеет доступ к полному пакету необходимых услуг – заправку и ремонтные услуги, магазины, кафе, мотели и другие объекты сервиса [6].

В странах Европы придорожный сервис также развивается на основе комплексов. Самый высокий уровень развития придорожного сервиса наблюдается в Западной Европе, а именно в Бельгии, Германии, Голландии. Безупречно оборудованы АЗС и парковки. Широкий ассортимент мотелей, пунктов розничной торговли, кафе, ресторанов на любой бюджет. Все заправки оснащены санитарными блоками, а также пунктами питания, что немало важно для автотуристов и дальнобойщиков. Вдоль трасс размещены указатели с основной информацией, в том числе о въездах в придорожные зоны. В Италии пункты отдыха, которые располагаются через 30-50 км, имеют идентичную планировку и состав сооружений, благоустроенную территорию со стандартным набором услуг.

В Германии и Польше заправки и площадки для автотранспорта располагаются через каждые 40 км. На международных трассах созданы условия для безопасного отдыха дальнобойщиков: немало охраняемых стоянок с мойками для автомашин, душом для водителей. Стоянки хорошо оборудованы, включают магазинчики, кафе, детские площадки

Отличительной чертой европейских дорог от стран СНГ является наличие туалетов не только на стоянках, но и биотуалетов – вдоль трасс. Туалеты содержатся в чистоте, снабжены гигиеническими средствами, в большинстве случаев предусмотрена и кабинка для инвалидов. Туалеты – бесплатные, обслуживаются частниками [7].

По сравнению с европейскими странами и США, в Республике Казахстан сегмент придорожного сервиса недостаточно развит. Если автозаправочные станции встречаются на трассах достаточно часто, то объекты придорожного комплекса, такие как мотели, кафе, охраняемые, благоустроенные автостоянки для большегрузных автомобилей – все еще редкость. Хотя наша страна имеет выгодное положение в центре Евразии, до недавнего времени основной объем международных потоков уходил в обход Казахстана. Ключевыми технико-экономическими проблемами транспортно-логистической системы Республики Казахстан является: инфраструктурная неразвитость, отсутствие собственных внешних терминальных сетей за пределами Казахстана, недостаточная эффективность административных процедур для проведения экспортных, импортных и транзитных операций и т.д. Развитие объектов и комплексов придорожного сервиса тормозит отсутствие методологических разработок по архитектурно-планировочной организации придорожных комплексов для условий Казахстана.

Обзор нормативно-правовой базы управления дорожным сервисом. В настоящее время в Республике Казахстан созданы и действуют взаимосвязанные нормативные правовые акты, регулирующие вопросы функционирования придорожного сервиса.

Размещение предприятий и объектов сервиса должно осуществляться в соответствии с требованиями Национального стандарта Республики Казахстан СТ РК 2476–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к объектам дорожного сервиса и их услугам». Стандарт классифицирует объекты сервиса на 4 комплексные категории: «А», «В», «С», «Д». Категории различаются составом обязательных объектов дорожного сервиса. К категории «Д» относится АЗС и пункт розничной торговли. Категория «С» включает в себе стоянку, пункт розничной торговли и общественного питания, место для пикника. Категория «В» – АЗС, мотель, общественные душевые кабины, пункт розничной торговли и общественного питания, СТО, мойка, охраняемая стоянка, пункт медицинской помощи, место для пикника. Категория «А» включает в себя полный перечень услуг категории «В», а также торгово-развлекательную зону. Во всех категориях предусмотрено обязательное наличие благоустроенных (теплых) санузлов [8].

Закон Республики Казахстан [9] от 17 июля 2001 года N 245. «Об автомобильных дорогах» определяет пользование автомобильными дорогами.

Национальный стандарт Республики Казахстан СТ РК 2476–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к объектам дорожного сервиса и их услугам» устанавливает общие требования к услугам, предоставляемым на автомобильных дорогах общего пользования объектами дорожного сервиса и дорожной службы, а также правила их размещения и обустройства [10].

Необходимо отметить, что требования настоящего стандарта распространяются на вновь вводимые объекты дорожного сервиса, а для действующих объектов дорожного сервиса предусмотрен переходный период в течение 3 лет.

Классификация объектов дорожного сервиса в зависимости от состава комплекса дорожного сервиса приведена в таблице.

Таблица – Классификация объектов дорожного сервиса в зависимости от состава комплекса дорожного сервиса

Наименование обязательных объектов дорожного сервиса	Категория объекта дорожного сервиса			
	А	В	С	Д
Автозаправочная станция	+	+	-	+
Мотель, кемпинг	+	+	-	-
	не менее 25 номеров	не менее 10 номеров		
Благоустроенный (теплый) туалет	+	+	+	+
Общественные душевые кабины	+	+	-	-
Пункт розничной торговли	+	+	+	+
Пункт общественного питания (п.м. – посадочных мест)	+	+	+	-
	не менее 40 п.м.	не менее 40 п.м.	не менее 15 п.м.	
Станция технического обслуживания автомобилей	+	+	-	-
Пункт мойки автомобильного транспорта	+	+	-	-
Стоянка с разделением парковочных мест для автобусов, легковых автомобилей, грузовых автомобилей	+	+	+	-
Охраняемая стоянка	+	+	-	-

Место для пикника	+	+	+	-
Торгово-развлекательная зона	+	-	-	-
Пункт медицинской помощи	+	+	-	-
Примечание – Знак «+» означает наличие объекта дорожного сервиса, знак «-» его отсутствие.				

Основным принципом организации сети объектов сервиса является создание единой системы обслуживания на всем протяжении автомобильной дороги (или ее отдельных участках) при обеспечении безопасности и удобства движения как для пользователей данных сооружений, так и для водителей транзитного транспорта.

При проектировании объектов сервиса, расположенных вблизи и на территории придорожных населенных пунктов, в расчете эксплуатационных характеристик должна быть дополнительно учтена возможность пользования их услугами жителей этих населенных пунктов. Расстояние между объектами сервиса на автомобильных дорогах и их вместимость должны соответствовать нормативным требованиям.

За основу схемы размещения комплексов обслуживания и отдельно стоящих сооружений по длине дороги следует принимать модуль (единицу протяженности дороги), соответствующий рекомендуемому расстоянию между площадками отдыха, на дорогах I – II категорий – от 15 до 20 км; III категории – от 25 до 35 км; IV категории – от 45 до 55 км [11].

Общая протяженность автомобильной дороги на участке «Павлодар-Семей» общего пользования составляет 371 км (по данным Министерства по инвестициям и развитию РК за 2018 год) [12]. Вдоль этих дорог размещены 13 объектов придорожной инфраструктуры и сервиса. В основном это АЗС с дополнительными услугами пунктов питания и розничной торговли и придорожное кафе.

Анализ современного состояния автомобильно-дорожного сервиса на участке дороги Павлодар-Семей был проведен методом натурных исследований (наблюдений), протяженностью 371 км. Обследуемый участок расположен в пределах IV климатической зоны и проходит по Павлодарской и Восточно-Казахстанской области [13, 14].

Согласно анализу состава объектов придорожного обслуживания можно отметить следующее: АЗС–7, площадки отдыха – 1, не охраняемые стоянки – 9, магазины – 11, пункты питания – 6; мотель – 1, СТО – 1, медико-спасательный пункт – 1.

На основании анализа существующих объектов придорожного сервиса выявлено, что из имеющихся 13 объектов придорожного сервиса, к объектам

категории С относится 5 объектов, что составляет 38,5 %, категории Д – 7 объектов или 53,8 %.

Если рассматривать структуру существующих объектов по типам объектов, то из 13 объектов 5 объектов являются автозаправочными станциями, что составляет 38,5 % от общего количества объектов, остальные 7 объекта представлены различными комбинациями (1 – столовая+АЗС, 1 – СТО+АЗС, 5 – магазин-столовая).

Если рассматривать существующие объекты на соответствие рекомендациям Национального стандарта Республики Казахстан СТ РК 2476–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к объектам дорожного сервиса и их услугам», то выявлено, что из 13 объектов 5 объектов (или 38,5 % от общего количества) соответствуют требованиям, предъявляемым к определенной категории объекта, 7 объектов (53,8 %) нуждаются в необходимости доукомплектования. Таким образом, можно акцентировать внимание на то, что необходимо привести в соответствие уже имеющиеся объекты придорожного сервиса рекомендациям стандарта.

Все это свидетельствует о том, что в принципе в области придорожный сервис развит, но требует определенной корректировки, так как большинство объектов требуют модернизации.

Необходимо строительство нескольких новых объектов, которые бы отвечали всем рекомендациям Стандарта.

Также имеющиеся объекты были проанализированы на наличие расстояний между объектами одной категории. В результате было выявлено, что объекты расположены крайне неравномерно. При размещении объектов придорожного сервиса не были учтены рекомендуемые расстояния между объектами. Присутствуют случаи, когда АЗС, кафе расположены на расстоянии от 300 до 1000 м.

В целом, наблюдаются предпосылки и складывается соответствующая ситуация для дальнейшего развития системы придорожного сервиса в Павлодарской области и Восточно-Казахстанской области.

Этот процесс связан с увеличением значимости транспорта в социальном и экономическом развитии общества, повышением культурной и деловой активности населения.

Были проанализированы официальные статистические данные Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан за период с 2003 по 2017 годы по показателям транспорта.

ВЫВОДЫ

Как показал анализ, размещение объектов услуг неравномерно. Строительство происходило часто с нарушением действующих правил и норм.

Обобщая результаты проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1 Наиболее распространенные виды услуг – это объекты торговли, общественного питания, АЗС, СТО.

2 Практически неразвитые виды услуг – бытовые услуги и услуги связи.

3 Расположение предприятий вдоль автотрасс неравномерно, без учета факторов, влияющих на спрос.

4 Основными зонами концентрации предприятий придорожного сервиса являются территории, расположенные в непосредственной близости к АЗС и СТО, а также к населенным пунктам.

5 С точки зрения формы организации бизнеса низкую долю составляют придорожные комплексы.

Проведенные исследования иллюстрируют отсутствие адекватных сложившимся социально-экономическим условиям подходов к развитию данной сферы. На наш взгляд существует необходимость учета реальных потребностей целевых потребительских сегментов.

По имеющимся данным, на западных АЗС 30–40 % доходов приходится на доходы от продажи топлива, 60–70 % – обеспечиваются продажами сопутствующих товаров и услуг. В нашей стране ситуация характеризуется меньшей развитостью подобных комплексов. Большинство АЗС не предлагают комплексного обслуживания, ограничиваясь только продажей сопутствующих товаров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 <http://dep-docum.miid.gov.kz/ru/news/informaciyu-o-kazaxstanskix-novux-obektax-pridorozhnogo-servisa-vklyuchayut-v-karty-iru>.

2 <http://www.miid.gov.kz/ru> Министерство индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан.

3 СТ РК 2476-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к объектам дорожного сервиса и их услугам».

4 **Гудков, В. А.** Транспортная инфраструктура: качество придорожного обслуживания: учебное пособие / В. А. Гудков, Е. Ю. Серова, Н. С. Барикаева: ВолгГТУ. – Волгоград, 2013.

5 **Мухтаров, Ш. М. и др.** Развитие придорожного сервиса в Республике Казахстан (на примере расчета технико-экономических показателей АЗС// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016.

6 **Сейтжанова, И. Б.** Архитектура объектов придорожного сервиса: зарубежный опыт и перспективы для Казахстана.– // в сб Научный форум: Технические и физико-математические науки, 2018.

7 **Лазарев, Ю. Г.** Анализ международного опыта развития придорожного сервиса на сети федеральных автомобильных дорог. // Технико-технологические проблемы сервиса, 2017.

8 СТ РК 2476–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к объектам дорожного сервиса и их услугам».

9 Закон Республики Казахстан от 17 июля 2001 года № 245 «Об автомобильных дорогах».

10 СТ РК 2476–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к объектам дорожного сервиса и их услугам».

11 ОДМ 218.2.– 2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог.

12 <http://www.miid.gov.kz/ru> Министерство индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан.

13 <http://www.kazavtdor.kz> ТОО «Казхавтодор».

14 Об утверждении типового проекта «ТП-РК-5.503-9.9 (ІВ, ІІА, ІІВ)-2018 «Объекты дорожного сервиса для категории «А» для ІВ, ІІА, ІІВ климатических подрайонов с обычными условиями» // Приказ и.о. Председателя Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 10 января 2019 года.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

К. Т. Саканов¹, Н. Ж. Акимханов², Г. А. Жукенова³, Р. А. Шагиева⁴

Павлодар-Семей автомобиль жолдарындағы қызмет көрсету орындарының жағдайы

^{1,2,3,4}Сәулет-құрылыс факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

K. T. Sakanov¹, N. Zh. Akimkhanov², G. A. Zhukenova³, R. A. Shagiyeva⁴

Condition of roadside service of Pavlodar-Semey highway

^{1,2,3,4}Faculty of Architecture and Civil Engineering,

S. Toraigyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақала Павлодар-Семей автомобиль жолдарындағы қызмет көрсету орындарының жағдайын сараптауға арналған. Қарастырылып отырған жолдың бойында қызмет көрсету нысандарының жағдайын зерттеу жұмыстарының қорытындылары берілген. Алынған қорытындылар сарапталған және жалпы қорытынды жасалған.

The article is devoted to the analysis of the state of roadside service on the highway Pavlodar-Semey. Considered the results of the full-scale study of the state of objects providing services on the road section under consideration. Presented the analysis of the results and conclusions.

ГРНТИ 67.21.23

**К. Т. Саканов¹, Н. Ж. Акимханов²,
М. К. Кудерин³, Р. А. Шагиева⁴**

¹к.т.н., зав. кафедрой, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., ассоц. профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³д.т.н., профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., ассоц. профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹kuan_altei@mail.ru; ²akimkhanov@mail.ru; ³marat_kuderin@mail.ru; ⁴shagieva2008@mail.ru

УСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСОВ ПРИРОДНОГО СЛОЖЕНИЯ БЕРЕГА Р. ИРТЫШ

Статья посвящена устойчивости откосов природного сложения берега р. Иртыш г. Павлодара. Рассмотрены виды удерживающих сооружений предотвращающих оползни. Сделан анализ и выводы по результатам выполненного расчета устойчивости откоса.

Ключевые слова: откос, берег, подпорная стена, габионы, георешетка, стабилизация, склон, рельеф, скважина, долговечность, просадочность, устойчивость.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема оценки устойчивости откосов и укрепления береговой линии рек возникает при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений в прибрежных районах. Вода, обладая большой разрушительной силой, может спровоцировать постепенное оседание грунтового массива в прибрежной зоне и даже способствовать ее частичному обвалу. Поэтому необходимо осуществить укрепление береговой линии реки, не дожидаясь появления тревожных симптомов начинающегося разрушения прибрежной зоны. Значительную опасность представляет загрузка природных откосов различными зданиями

и сооружениям, что требует при проектировании тщательного анализа их устойчивости современными методами и использования эффективных технологий, позволяющих выполнить работы по берегоукреплению на высоком уровне. Как показывает предварительный анализ проблема оценки устойчивости откосов прибрежной зоны характерна и для ряда участков р. Иртыш г. Павлодара. Характерной особенностью здесь является сложение береговых откосов слабыми, местами водонасыщенными супесями, песками мелкими и пылеватыми, близкое залегание от поверхности земли вследствие подтопления уровня подземных вод, возникновение барражного эффекта на пути водного потока из промышленной и селитебной территорий г. Павлодара.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Построенные и эксплуатируемые берегозащитные сооружения находятся в полуразрушенном состоянии и морально устарели. К тому же, надо отметить, в 70–90-е годы прошлого столетия сделан акцент на строительство жестких конструкций: железобетонные сборные плиты, бетонные подпорные стенки, которые в экономическом и экологическом плане являются неблагоприятными техническими решениями. Поэтому стоит задача обновления старых изношенных креплений и строительство новых, более совершенных конструкций.

Склоном. Нарушение условий устойчивости склонов, наступает в результате природных геологических или искусственных процессов, происходящих на склонах. По характеру своего влияния эти процессы разделяет на три группы:

- 1) Процессы, изменяющие внешнюю форму и размеры склона.
- 2) Процессы, изменяющие внутреннее строение и свойства пород.
- 3) Процессы, нарушающие условия устойчивости без изменения свойств пород и внешнего вида склона.

В природных условиях физико-геологические процессы на оползневых склонах происходят в различных сочетаниях и в тесном взаимодействии друг с другом. Степень и формы влияния, а также относительное значение их для образования и развития оползней могут быть самыми разнообразными. Нередко один из процессов преобладает над другими в отношении влияния его на устойчивость склона, что сказывается на характере, внешней форме и размерах оползней.

Сущность и механизм воздействия многих из упомянутых факторов на возникновение и развитие оползней еще мало изучены и особенно такие, как химические процессы в глинистых грунтах (катионный обмен), гидродинамическое давление, изменение, пластических свойств в массиве глинистых пород при увлажнении, высыхании или при оттаивании.

Для борьбы с оползнями при учете выше приведенных факторов применяется ряд организационных и инженерных противооползневых мероприятий, которые объединяются в две группы: пассивные мероприятия; активные мероприятия.

Противооползневые сооружения. Для предотвращения нежелательных явлений необходим комплекс мероприятий, направленных на укрепление берегов реки. На сегодняшний день имеется большое количество методов укрепления берегов. В зависимости от целей и местных гидротехнических условий используются различные конструкции и материалы.

В общем они делятся на жесткие и гибкие системы.

К жестким относятся: подпорные стены; цементогрунт; бетонное покрытие береговой линии; стальные листы.

К гибким относятся: габионы; каменная наброска; георешетка; скрепленные матрасы из бетонных блоков; технологии стабилизированного грунта.

Габионы – сооружения, представляющие собой коробчатые конструкции в виде параллелепипеда, сделанные из шестиугольной металлической сетки двойного кручения с полимерным или цинковым покрытием. Принцип двойного кручения проволочной сетки позволяет обеспечить прочность, целостность и равномерность распределения различных нагрузок, исключает раскручивание сетки в случае ее разрыва. Высота коробов – от 0,17 до 1 м, ширина – от 0,5 до 2 м, длина габиона – от 1,5 до 4 м. Конструкции заполняются природным камнем или галькой.

Применение габионов резко уменьшает уровень гидростатического влияния на грунт, обеспечивая надежную защиту берегов. Габионы способны пропускать влагу без разрушения конструкции и противостоять эрозии откосов, осадкам нестабильных грунтов, их подмыву и многим другим фактам, способных вызвать нарушение или ослабление местной устойчивости откосов.

Достоинства габионов:

- 1) Экологичность. В окружающую среду при формировании сооружений из габионов попадает меньше 5 % искусственных материалов. Основа материалов – природный камень. Не менее важным фактом для экологического баланса является свободная фильтрация воды через габионы.
- 2) Высокая прочность и устойчивость габионных конструкций обусловлены возможностью выдерживать значительные нагрузки без разрушения. Следует отметить, что прочность габионных сооружений с годами увеличивается за счет естественной консолидации.
- 3) Водопроницаемость и пористость габионов исключает появление гидростатических нагрузок и создает дренирование обратной засыпки,

которое не требует дополнительных затрат на устройство обратного фильтра и дренажа.

4) Гибкость габионных конструкций достигается наличием металлической сетки, которая позволяет сооружению противостоять эрозии откосов, сплывам и осадкам нестабильных грунтов.

5) Долговечность. Проведенные в настоящее время наблюдения за функционированием габионных конструкций дают основания утверждать, что при условии грамотного и правильного проекта срок службы габионов практически не ограничен.

К существенным характеристикам габионных конструкций относятся простота технологии строительства и конструкции, малые объемы подготовительных работ возводимых сооружений и минимальные эксплуатационные расходы.

Укрепление габионами поможет решить не только проблему размывания берегов, но и изменить береговой рельеф – например, насыпать дополнительный пляж, создать стоянку для плавательных средств или проложить красивую набережную.

Одним из способов укрепления природных склонов, рассматриваемых в проекте и превышающих по высоте склона более 5–6 м, определено, что для усиления или стабилизации насыпи или склона потребуются устройства поддерживающих сооружений и целесообразно рассмотреть возможность применения для этой цели габионные конструкции в виде габионных стен или стен системы Террамеш, работающих на восприятие избыточных оползневых давлений.

Система Террамеш – это габионные конструкции, состоящие из лицевой части и армирующей панели из сетки.

Река Иртыш имеет берега с преобладанием рыхловатых пород, что приводит к разрушению их на 10–20 см каждый год. Для рассмотрения выбрана правая прибережная часть реки Иртыш в границах между улицей Лермонтова и участком АО «КазТрансОйл» и конструкция, обеспечивающая устойчивость берегового склона, система армирования грунта совместно с габионной конструкцией – Террамеш.

Общие данные о площадке В административном отношении участок работ расположен в Павлодарской области, в западной части г. Павлодар, границах между улицей Лермонтова и участком АО «КазТрансОйл», расположенного по адресу ул. Луговая, 16.

Площадка под предполагаемое строительство расположена на склоне правого берега реки Иртыш, и представляет собой обрывистый берег задернованный кустарником и камышом.

Участок работ представляет собой обрывистый берег, абсолютные отметки поверхности изменяются в интервале 126,6–104,8 м, понижение отметок поверхности участка работ прослеживается вниз по склону с востока на запад, в сторону р. Иртыш.

Рельеф участка работ осложнен оврагами, рывтинами и промоинами, которые были образованы в результате водной эрозии.

Инженерно – геологические данные площадки. Литологическое строение участка представлено многослойной по составу осадочной толщей дисперсных грунтов, имеющих моноклиальное, практически горизонтальное залегание, в виде выдержанных слоев по мощности и простиранию. В пределах каждого слоя грунты однородны. По обрывистому берегу склона, каждый слой имеет выход на дневную поверхность.

Цель изысканий – На исследуемом участке были пробурены 4 (четыре) скважины, из них две скважины глубиной по 22,0 м каждая, одна скважина глубиной 19 м, и одна скважина глубиной 10 м, общий объем бурения составил 73 п. м. Бурение скважин производилось буровым станком УГБ-1ВС ударно-канатным способом.

Разбивка и привязка скважин осуществлялась инструментально, с применением электронного тахеометра Leica TCR-405.

Гидрогеологические условия. Подземные воды первого от поверхности водоносного горизонта вскрыты скважинами и установились на глубине 0,5–4,3 м (абс.отм. 122,0–122,7 м), водовмещающими грунтами являются супесь и песок средней крупности. Коэффициент фильтрации характеризует супесь и песок средней крупности как водопроницаемый грунт ($K_f=0,5$ м/сут, $K_f=1,6$ м/сут соответственно).

Подземные воды второго водоносного горизонта вскрыты скважинами и установились на глубине 5,6–18,3 м (абс.отм. 107,0–108,4 м), приурочены к неогеновому песку средней крупности. Коэффициент фильтрации характеризует песок средней крупности как водопроницаемый грунт ($K_f=1,8$ м/сут).

По результатам химического анализа грунтовые воды характеризуются как гидрокарбонатно-натриевые, жесткие, пресные.

Физико-геологические процессы и явления. Из физико-геологических процессов на исследуемой площадке имеют распространение:

- просадочность;
- деятельность р.Иртыш и временных поверхностных потоков;
- деятельность родников.

Просадочность грунтов заключается в том, что при повышении влажности (замачивании) происходит потеря прочности грунта и они дают дополнительные деформации от внешней нагрузки и (или) собственного веса

грунта, называемые просадками. На исследуемой площадке просадочными свойствами обладает супесь.

Физико-механические свойства грунтов. Лабораторные исследования грунтов выполнялись в аккредитованной лаборатории ТОО фирмы «Изыскатель ПВ» (Аттестат аккредитации № КЗ.М.14.0255 от 27.11.2013 г.).

На исследуемой площадке с учетом возраста, генезиса и номенклатурного вида грунта выделено семь инженерно-геологических элементов (ИГЭ).

Классификация грунтов дана в соответствии с ГОСТ 25100-11 «Грунты».

ИГЭ-3 и ИГЭ-6, а также ИГЭ-4 и ИГЭ-7 согласно ГОСТ 25100-11 «Грунты» относятся к одному номенклатурному виду грунта, но по своим физико-механическим характеристикам, генетическим признакам и литологическим особенностям были выделены как отдельные ИГЭ.

Применение габионов для укрепления откосов. Защиты от размывов в виде плитных покрытий требуют значительных расходов дорогого железобетона, устройства специальных подготовок или обратных фильтров, и весьма уязвимы при воздействии волноприбоя. Каменные наброски более надежны, но также требуют устройства обратных фильтров и также уязвимы при ударах волн.

В том и другом случае альтернативой могут служить различные габионные структуры – сооружения и устройства из габионов.

Габионные структуры относятся к классу гибких сооружений: они воспринимают возможные осадки грунта, реагируя на это незначительными прогибами. При этом разрушения самой габионной структуры не происходит и сооружение продолжает выполнять свое основное функциональное назначение.

Конструкции из габионов более экономичны, чем традиционные жесткие или полужесткие конструкции: экономия средств при применении габионов составляет от 10 до 50 % на один линейный метр; они требуют меньших затрат на эксплуатацию и ремонт.

Не вызывают проблем климатические или сезонные условия, габионы могут устанавливаться как в сухом месте, так и в воде. Не нужна специальная техника, достаточно обычных средств строительной площадки.

Проектирование береговых укреплений различных конструктивных решений. Расчет устойчивости откосов по программе SCAD. Расчеты устойчивости откосов насыпей или склонов производятся для выяснения причин их деформаций.

Устойчивость откосов насыпей или склонов оценивается в нескольких сечениях как для полной высоты откоса или склона (общая устойчивость), так и для отдельных частей откосов или склонов (местная устойчивость).

При расчете устойчивости земляного полотна с использованием армирующих прослоек из геосинтетических материалов необходимо предварительно выполнить оценку устойчивости без армирования.

В случае, если по исходным первичным расчетам устойчивость земляного полотна не обеспечивается, следует предусмотреть использование геосинтетических армирующих прослоек для повышения устойчивости за счет их прочности на растяжение и сил трения по контакту с окружающим грунтом или применить иные методы усиления (уположение откосов, устройство боковых пригрузочных берм, подпорных стен, замена слабого грунта, устройство земляного полотна на сваях и т.д.).

Расчет устойчивости производится с использованием метода разбивки предполагаемого отсека обрушения на отдельные блоки, для каждого из которых определяются удерживающие и сдвигающие силы от собственного веса блока в сумме с нагрузкой. Данная модель позволяет определить коэффициент устойчивости k , как при круглоцилиндрической, так и при любой форме поверхности возможного смещения. Данные расчета приведены на таблицах 2–5 и результаты на рисунках 1–3.

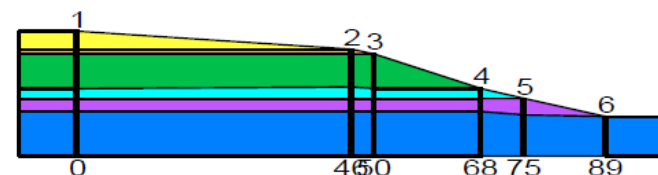


Рисунок 1 – Схема откоса

Таблица 2 – Состав грунтов

Наименование	Угол внутреннего трения град	Удельное сцепление Т/м ²	Удельный вес Т/м ³	Тип
Глина полутвердая	17	14,2	1,96	Водоупор
Песок ср. кр.	32	0,3	1,85	
Песок мелк. кр.	30	0,4	1,78	
Глина полутвердая4	18	11,3	1,9	Водоупор
Песок ср. кр.3	18	0,2	2,04	
Супесь тв.2	29	1	1,81	Водоупор

Таблица 3 – Данные по грунтам скважин

Наименование	Координата (м)	Описание скважин	
		Грунт	Отметка верхней границы
1) 1	0	Супесь тв.2	26,5
		Песок ср. кр.3	22
		Глина полутвердая4	20,4
		Песок мелк. кр.	11,4
		Песок ср. кр.	9
		Глина полутвердая	5,8
2) 2	46	Песок ср. кр.3	21,8
		Глина полутвердая4	20,6
		Песок мелк. кр.	11,9
		Песок ср. кр.	9,1
		Глина полутвердая	5,6
3) 3	50	Глина полутвердая4	20,6
		Песок мелк. кр.	11,7
		Песок ср. кр.	9
		Глина полутвердая	5,4
4) 4	68	Песок мелк. кр.	11,7
		Песок ср. кр.	8,9
		Глина полутвердая	5,4
5) 5	75	Песок ср. кр.	8,9
		Глина полутвердая	4,6
6) 6	89	Глина полутвердая	4,1

Таблица 4 – Нагрузки

Номер скважины	Вертикальная слева	Вертикальная справа	Горизонтальная слева	Горизонтальная справа
	Т/м	Т/м	Т/м	Т/м
1	121	120	21	0
2	123	122	20	0
3	122	122	21	0
4	122	125	21	0
5	123	121	20	0
6	124	123	21	0

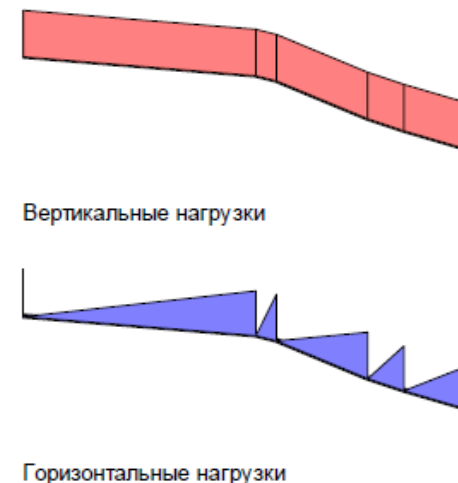


Рисунок 2 – Эпюра нагрузок

Ускорение в грунте при сейсмическом воздействии 0 м/сек²
Угол приложения сейсмической нагрузки 0 град

Таблица 5 – Параметры расчета

Номер задачи	Левая граница начала оползня	Правая граница начала оползня	Левая граница конца оползня	Правая граница конца оползня
	м	м	м	
1	0	0	90	90

Допускаемая погрешность 1 м

Номер задачи	Коэффициент запаса устойчивости	Цвет линии скольжения
1	1,463	

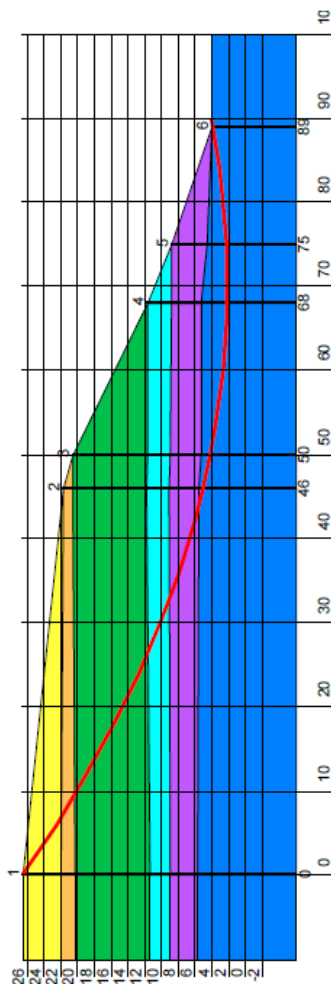


Рисунок 3 – Линии скольжения

ВЫВОДЫ

При неблагоприятном сочетании разнообразных факторов массив грунтов, ограниченный склоном, может перейти в неравновесное состояние и потерять устойчивость.

Основными причинами потери устойчивости склонов являются:

– недопустимо крутой склон или подрезка склона, находящегося в состоянии, близком к предельному;

– увеличение внешней нагрузки (возведение сооружений, складирование материалов на склоне или вблизи его бровки);

– изменение внутренних сил (увеличение удельного веса грунта при возрастании его влажности или, напротив, влияние взвешивающего давления воды на грунты);

– неправильное назначение расчетных характеристик прочности грунта или снижение его сопротивления сдвигу за счет, например повышения влажности;

– проявление гидродинамического давления, различного рода динамических воздействий (движение транспорта, забивка свай и т.п.).

Важнейшим мероприятием является регулирование гидрогеологического режима склона. С этой целью сток поверхностных вод перехватывается устройством отведением вод. Подземные воды, высачивающиеся на поверхности склона, перехватываются дренажными устройствами с отведением вод в специальную ливневочную сеть.

Для безопасной эксплуатации объектов городского строительства в районе берегового склона р. Иртыш между улицей Лермонтова и АО «КазТрансОйл», города Павлодара, необходимо произвести укрепление с учетом физико-механических свойств грунтов, экономического обоснования, стоимости материалов и работ, экологии и охраны окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Хуан, Я. Х.** Устойчивость земляных откосов. – М. : Стройиздат, 1988.
- 2 СН РК 5.01-02-2013. Земляные сооружения, основания и фундаменты. – Алматы, 2013. – 61 с.
- 3 СНиП 2.06.04.-82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). – М. : Стройиздат, 1983. – 39 с.
- 4 **Алимбетова, А. Ж.** Защита от оползней в водонасыщенных грунтах с использованием коробчатых габионов: монография – Алматы : НАО КазНУТУ имени К. И. Сатпаева, 2015 – 124 с.
- 5 СН РК 1.02-18-2007 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Технические требования к производству работ.
- 6 ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.
- 7 ГОСТ 12248-2011 Грунты. Методы определения характеристик прочности и деформируемости.
- 8 **Сулеев, Д. К., Утепов, Е. Б., Омирбай, Р. С., Алимбетова, А. Ж.** Защита от оползней с помощью коробчатых габионов. Труды одиннадцатой международной научно-технической конференции «Новое в безопасности жизнедеятельности». – Алматы : КазНУТУ, 2009. – Т.4. – С. 133–134.

9 Временные технические указания по применению габионов для усиления насыпей на скоростной линии Санкт-Петербург – Москва / Департамент пути и сооружений: Утв. 15.03.97 г. – М. : Изд. МИИТа, 1997. – 65 с.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

К. Т. Саканов¹, Н. Ж. Акимханов², М. К. Кудерин³, Р. А. Шагиева⁴

Ертіс өзені жағалауының табиғи қосылыстарының тұрақтылығы

^{1,2,3,4}Сәулет-құрылыс факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

K. T. Sakanov¹, N. Zh. Akimkhanov², M. K. Kuderin³, R. A. Shagiyeva⁴

Stability of slopes of natural addition of the Irtysh river bank

^{1,2,3,4}Faculty of Architecture and Civil Engineering,

S. Toraigyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақала Ертіс өзенінің Павлодар қаласындағы жағасының табиғи қалыптасқан еңістігінің орнықтылығына арналған. Көшікіне қарсы қойылатын құрылымдардың түрлері қарастырылған. Алаңның инженерлік-геологиялық ерекшеліктері берілген. Еңістік орнықтылығының есебінің сараптамасы және қорытындысы жасалған.

The article is devoted to the stability of the slopes of the natural composition of the Irtysh river bank in Pavlodar. Considered the types of retaining structures preventing landslides. Presented the analysis and conclusions on the results of the calculation of slope stability.

ГРНТИ 625.25

Д. К. Саканов¹, Д. А. Аспанбетов²

¹к.т.н., докторант, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, 220015, Республика Беларусь;

²PhD, директор департамента РГП на ПВХ «Национальный центр качества дорожных активов», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЛУЧШЕННЫХ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

В статье приведен алгоритм расчета экономической эффективности для улучшенных цементобетонных покрытий. В результате установлено, что получение улучшенных составов под действием вибраторов укладочного комплекса, а также доуплотнение и рифление поверхности дорожного цементобетонного покрытия позволяет за счет однородности бетонной смеси повысить прочность бетона на сжатие до 5 %, истираемость покрытия повысить до 0,18 г/см², при этом довести акустические свойства фактуры покрытия до нормативных значений.

В результате расчетов экономических эффектов установлено, что от устройства улучшенного цементобетонного покрытия в расчете на 1 км за счет оптимизации расходов жизненного цикла экономия за 30 лет составляет 495,6 тыс. тенге, а от нанесения «Рифлёной» фактуры покрытия 262,5 тыс. тенге.

Ключевые слова: экономическая эффективность, улучшенное цементобетонное покрытие, бетоноукладочный комплекс, «Прикатной валик», норма дисконта, приведенная стоимость.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильная дорога является социально-значимым, общественным инфраструктурным объектом, для которых традиционно рассчитывается общественная экономическая эффективность вложения инвестиций. При этом экономическая эффективность технических решений определена согласно общепризнанной методологии в Казахстане «Рекомендации по определению экономической эффективности использования в строительстве инновационных технических решений» [1] (далее – Методика), которые основывается на методологии, широко применяемой в современной международной практике, и согласуемой с методами, предложенными Организацией Объединенных Наций по промышленному развитию

(ЮНИДО), а также методами, применяемыми в международной практике анализа инвестиционных проектов.

В настоящей Методике, в качестве инструмента оценки сравнительной и народнохозяйственной эффективности, применяется показатель приведенных затрат, адаптированный к современной трактовке экономической эффективности инвестиций.

Технологические условия и показатели:

В статье рассматриваются 2 блока расчета экономической эффективности для улучшенных цементобетонных покрытий.

Блок 1. Получение улучшенных составов под действием вибраторов укладочного комплекса

1 Равномерное распределение состава бетонной смеси по всей глубине бетона, внутри и вне дорожек вибратора, достигается при комбинации частот вибратора примерно 5000 вибраций в минуту и скорости движения бетоноукладчика со скользящей опалубкой 1,22 метра в минуту.

2 Зафиксировано снижение потери содержания воздуха в 2–4 % в верхней части бетонного покрытия, которое позволяет снизить степень проникновения воды и соли, тем самым повышая долговечность и срок службы дорожного покрытия.

3 Увеличиваются прочностные характеристики свойств бетона такими как прочность на сжатие, устойчивость к разрушению при замерзании и оттаивании на 5 % за счет снижения размера, форм, расположения и количество воздушных пустот.

Блок 2. Технологическое устройство уплотняемого верхнего слоя покрытия с нанесением фактуры

1 Истираемость предлагаемой фактуры цементобетонного покрытия «Рифлёное» достигаемое прикатным валиком составляет 0,18 г/см², когда как традиционные фактуры покрытия (гладкие и шершавые) 0,30 г/см². Соответственно, истираемость покрытия повысится в 1,67 раза.

2 Создание на цементобетонном покрытии фактуру снижает эмиссию шума на 1–5 дБ по сравнению с фактурой, имеющей насечки. С расстоянием от автомобильной дороги преимущества фактуры бетона суммарное снижение шума для грузового транспорта на расстоянии 120 м составляет 24–29 дБ. Это позволяет на расстоянии 200 метров от середины крайней полосы движения обеспечить комфортный уровень шума, не превышающий максимального уровня в 50 дБ для особо охраняемых природных территорий Казахстана.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА

В расчетах экономической эффективности инновационных технических решений рекомендуется использовать единый подход к определению ставки дисконта E_n . Поскольку ставка дисконта играет роль величины альтернативной доходности, то она может приниматься равной ставке рефинансирования, установленной Национальным банком Республики Казахстан на текущий период, с учетом рисковой надбавки, принимаемой от 3 до 15 % в зависимости от характера инновационного решения и стадии его внедрения.

Сопоставимость сравниваемых вариантов по фактору времени обеспечивается приведением затрат и результатов к одному моменту времени.

Показатели затрат по сравниваемым вариантам должны быть рассчитаны для условий одного и того же района строительства, и едином уровне цен на аналогичные конструкции и материалы, с применением единой сметно-нормативной базы.

Если сравниваемые мероприятия оказывают различное влияние на окружающую среду, условия труда рабочих и другие факторы, экономической оценке подлежат только те виды инновационных технических решений, которые в части их отрицательного влияния на условия труда рабочих и окружающую среду (уровень вибрации, запыленности, загазованности, освещенности, отопления или охлаждения рабочего места и т.д.) соответствуют требованиям нормативных документов.

Приведение сравниваемых вариантов в сопоставимый вид по фактору времени необходимо, если капитальные вложения осуществляются в течение ряда лет или в разные сроки, а также если текущие издержки и результаты производства изменяются по годам эксплуатации.

Для приведения по фактору времени используется формула

$$a_i = (1 + E_n)^t$$

где:

a_i – коэффициент приведения (дисконтирования);

E_n – ставка дисконтирования;

t – период времени приведения в годах.

Расчетный экономический эффект от создания и эксплуатации зданий и сооружений нового технического решения с улучшенными конструктивными решениями по сравнению с заменяемыми типами с той же номинальной производственной мощностью, обеспечивающих повышение их технических и эксплуатационных качеств, определяется по формуле:

$$\Xi = \beta \mu \sum_{t=1}^n Z_{1i} a_t + \Xi_3 - \sum_{t=1}^m Z_{2i} a_t$$

где:

Z_{1i} и Z_{2i} – приведенные затраты в i -м году по сравниваемым вариантам, тенге;

α_i – коэффициент приведения к году;

β – коэффициент учета изменения качественных параметров сравниваемых вариантов.

Указанный коэффициент рассчитывается по формуле

$$\beta = \frac{B_2}{B_1}$$

где:

B_2 и B_1 – качественные параметры соответственно по базовому и новому варианту;

μ – коэффициент учета измерения срока службы нового типа здания (сооружения) по сравнению с базовыми вариантами, определяется по формуле:

$$\mu = \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n}$$

где:

P_1 и P_2 – доли отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление базового и нового здания, сооружения. Определяются по формуле:

$$P_i = \frac{E_n}{(1 + E_n)T_{ci}} - 1$$

где T_{ci} – срок службы по сравниваемым вариантам.

Экономия в сфере эксплуатации зданий (сооружений) за срок их службы Ξ_3 рассчитывается по формуле;

$$\Xi_3 = \frac{(I_1 - I_2) - E_n(K_1 - K_2)B_2}{P_1 + E_n}$$

где:

I_1 и I_2 – годовые издержки в сфере эксплуатации на единицу конструктивного элемента здания, сооружения или объект в целом по сравниваемым вариантам, тенге.

К ним относятся: затраты на капитальный ремонт строительных конструкций, восстановление и поддержание предусмотренной проектом

надежности конструкций и сооружений в целом, ежегодные затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание (отопление, освещение, очистка от снега и другое).

K_1 и K_2 – сопутствующие капитальные вложения в расчете на единицу конструктивного элемента сооружения по сравниваемым вариантам, тенге;

n, m – периоды жизненного цикла по сравниваемым вариантам, в годах.

При строительстве в рассматриваемом периоде нескольких объектов нового типа расчет ведется по каждому в отдельности, а результаты суммируются.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1 Ставка дисконтирования E_n равна базовой ставке банков второго уровня на новое строительство и реконструкцию на апрель 2019 года и составляет 13,5 % [2].

2 Сопоставимость сравниваемых вариантов по фактору времени принимаем согласно СН РК 3.03-19-2006 исходя из расчетного срока службы цементобетонного покрытия – 30 лет [3].

3 Сравнение показателей затрат на строительство и эксплуатацию автомобильной дороги с цементобетонным обеспечивается единым уровнем цен на аналогичные конструкции и материалы с применением единой сметно-нормативной базы по ценообразованию в строительстве в Республике Казахстан. При этом для долгосрочного прогнозирования расходов и затрат принимаем динамику изменения МРП согласно прогноза социально-экономического развития Республики Казахстан (см. Таблицу 1) равную средневзвешенному значению изменению МРП 1,037 [4].

Таблица 1 – Выписка из прогноза социально-экономического развития Республики Казахстан на 2020–2024 годы

Наименование показателей	Оценка	Прогноз				
		2019	2020	2021	2022	2023
Инфляция, в % на конец периода	4,0-6,0	4,0-6,0	4,0-6,0	3,0-5,0	3,0-5,0	3,0-5,0
Месячный расчетный показатель, тенге	2 525,0	2 651,0	2 784,0	2 895,0	3 011,0	3 131,0
Изменение МРП (цепное), %	1,000	1,050	1,050	1,040	1,040	1,040

4. Согласно калькуляций на устройство цементобетонного покрытия толщиной 25 см (далее – ЦБ-25) стоимость 1 квадратного метра в ценах 2019 года ЦБ-25 составляет 9 522 тенге (см. Таблицу 2) или 142 830 тыс. тенге на 1 км при площади 15 000 кв.м на 1 км I технической категории.

Таблица 2 – Структура работ и затрат устройства 1 кв. м дорожных покрытий, тенге

Наименование работ и затрат	ЦБ-25
Зарплата рабочих строителей	43
Затраты на эксплуатацию машин	552
в том числе зарплата машинистов	42
Материалов, изделий и конструкций	7184
Накладные расходы	92
Сметная прибыль	630
ИТОГО с НДС-12 %:	9522

Ценовые решения устройства цементобетонного покрытия между технологиями «Прикатного валика» и «Щетки – гребень» в составе бетоноукладочного комплекса равнозначны, т.е. сметная стоимость устройства принимается одинаковой.

5 Эксплуатационные нормы:

Из двух существующих основных методических подхода к установлению стратегии эксплуатации дороги принимаем нормативный подход [5]:

1) mr^t – норматив на текущий ремонт 1 км дороги I технической категории на примере Акмолинской области в ценах 2019 года 1 360,5 тыс. тенге [6, 7];

2) m^t норматив на содержание 1 км дороги I технической категории на примере Акмолинской области в ценах 2019 года 3 003,3 тыс. тенге [6].

3) r^t стоимость одного среднего ремонта в ценах 2019 года исходя из нормы 4 % к стоимости строительства, реконструкции дороги равняется 5 713,2 тыс. тенге [8].

4) c^t – стоимость одного капитального ремонта в ценах 2019 года исходя из нормы 40 % к стоимости строительства, реконструкции дороги равняется 57132 тыс. тенге [8].

РАСЧЕТ

Блок 1. Получение улучшенных составов под действием вибраторов укладочного комплекса

Оптимизировав теоретическую часть расчета экономического эффекта экономия за срок их службы Θ_3 рассчитывается по формуле;

$$\Theta_3 = \alpha_t (K_1 - K_2) = 0,0224(369\,309 - 347\,196) = 495,6 \text{ тыс. тенге}$$

где:

α_t – коэффициент приведения равняется 0,0224

$$\alpha_t = \frac{1}{(1 + 0,135)^{30}} = 0.0224$$

K_1 – эксплуатационные вложения за жизненный цикл цементобетонного покрытия из расчета:

$$K_1 = \sum_{t=1}^n m^t + \sum_{t=1}^n mr^t + \sum_{t=1}^n r^t + \sum_{t=1}^n c^t$$

$$K_1 = 160\,242 + 29\,295 + 9\,853 + 169\,919 = 369\,309 \text{ тыс. тенге}$$

где:

m^t – периодичность ежегодно при норме;

mr^t – периодичность через 1 год при норме;

r^t – периодичность через 15 лет при норме;

c^t – периодичность через 30 лет при норме.

K_2 – эксплуатационные вложения за жизненный цикл цементобетонного покрытия из расчета:

$$K_2 = \sum_{t=1}^n m^t \varphi + \sum_{t=1}^n mr^{t'} + \sum_{t=1}^n r^{t''} + \sum_{t=1}^n c^t$$

где:

$mr^{t'}$ – периодичность через 3 года за счет однородности состава по всей толщине покрытия;

$r^{t''}$ – периодичность через 17 лет а счет однородности состава по всей толщине покрытия.

φ – коэффициент изменения стоимости норматива на текущего ремонта и содержания равный 0,95 исходя из условия, что расходы на ремонт и содержание цементобетонного покрытия снижаются на 5 % за счет коэффициент β ;

β – коэффициент учета изменения прочности на сжатие бетона равняется 5 %.

$$\beta = \frac{55,1}{52,5} = 1,05$$

где:

B_1 – прочность на сжатие базового бетона по норме 52,5 МПа;

B_2 – прочность на сжатие улучшенного бетона по норме 55,1 МПа.

$$K_2 = 152\,230 + 14\,442 + 10\,595 + 169\,919 = 347\,196 \text{ тыс. тенге}$$

Блок 2. Технологическое устройство уплотняемого верхнего слоя покрытия с нанесением фактуры

Оптимизировав теоретическую часть расчета экономического эффекта экономия за срок их службы Θ_3 рассчитывается по формуле;

$$\Theta_3 = \alpha_1 (K_1 - K_2) = 0,0224(369\,309 - 357\,591) = 262,5 \text{ тыс. тенге}$$

где:

α_1 – коэффициент приведения равняется 0,0224

$$\alpha_1 = \frac{1}{(1 + 0,135)^{30}} = 0.0224$$

K_1 – эксплуатационные вложения за жизненный цикл цементобетонного покрытия из расчета:

$$K_1 = \sum_{t=1}^n m^t + \sum_{t=1}^n mr^t + \sum_{t=1}^n r^t + \sum_{t=1}^n c^t$$

$$K_1 = 160\,242 + 29\,295 + 9\,853 + 169\,919 = 369\,309 \text{ тыс. тенге}$$

где:

m^t – периодичность ежегодно при норме;

mr^t – периодичность через 1 год при норме;

r^t – периодичность через 15 лет при норме;

c^t – периодичность через 30 лет при норме.

K_2 – эксплуатационные вложения за жизненный цикл цементобетонного покрытия из расчета:

$$K_2 = \sum_{t=1}^n m^t + \sum_{t=1}^n mr^t \varphi + \sum_{t=1}^n r^t + \sum_{t=1}^n c^t$$

где:

φ – коэффициент изменения стоимости норматива на текущего ремонта равный 0,6 исходя из условия, что расходы на ремонт и содержание цементобетонного покрытия снижаются на 40 % за счет коэффициент β ;

β – коэффициент учета изменения прочности на сжатие бетона равняется 0,6.

$$\beta = \frac{0,18}{0,30} = 0,6$$

где:

B_1 – истираемость традиционной фактуры покрытия (гладкие и шершавые по норме 0,30 г/см²;

B_2 – истираемость «Рифлёной» фактуры покрытия достигаемое прикатным валиком 0,18 г/см².

$$K_2 = 160\,242 + 17\,577 + 9\,853 + 169\,919 = 357\,591 \text{ тыс. тенге}$$

ВЫВОДЫ

Блок 1. Получение улучшенных составов под действием вибраторов укладочного комплекса

Расчетный экономический эффект от улучшенного цементобетонного покрытия в расчете на 1 км автомобильной дороги республиканского значения I технической категории за счет оптимизации расходов жизненного цикла составил в ценах, приведенных к 2019 году за 30 лет: 495,6 тыс. тенге.

Расчетный экономический эффект от улучшенного цементобетонного покрытия на 943 км сети дорог республиканского значения составит в ценах, приведенных к 2019 году за 30 лет: 467,3 млн. тенге.

Блок 2. Технологическое устройство уплотняемого верхнего слоя покрытия с нанесением фактуры

Расчетный экономический эффект от нанесения фактуры покрытия с помощью прикатного валика в расчете на 1 км автомобильной дороги республиканского значения I технической категории за счет оптимизации расходов в процессе жизненного цикла составит в ценах, приведенных к 2019 году, за 30 лет – 262,5 тыс. тенге.

Расчетный экономический эффект от нанесения фактуры покрытия достигаемое прикатным валиком в расчете сеть автомобильной дороги республиканского значения I технической категории с цементобетонным покрытием за счет оптимизации расходов на текущий ремонт устроенного участка протяженностью 1,5 км составляет в ценах, приведенных к 2019 году, за 30 лет: 393,8 тыс. тенге.

Таким образом, разработанные технические решения для получения улучшенного цементобетонного покрытия автомобильных дорог экономически обоснованы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Приказ Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства Национальной экономики Республики Казахстан от 29.12.2014 № 156-НҚ с 1 июля 2015 года. Рекомендации по определению экономической эффективности использования в строительстве инновационных технических решений. Астана, 2015. – 125 с.

2 Национальный банк Республики Казахстан. Статистический бюллетень. №4 (293), апрель 2019 года. Алматы – 159 с.

3 СН РК 3.03-19-2006 Проектирование дорожных одежд нежесткого типа. Астана. 2006.

4 Протокол Республиканской бюджетной комиссии от «29» апреля 2019 года № 8. Прогноз социально-экономического развития Республики Казахстан на 2020–2024 годы. Астана. 2019. – 63 с.

5 ОДМ 218.4.023-2015 Методические рекомендации по оценке эффективности строительства, реконструкции, капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог. Распоряжение Федерального дорожного агентства Министерства транспорта Российской Федерации от 10 ноября 2015 года N 2106-р. Москва. 2015. – 175 с.

6 Приказ и.о. Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 17 июня 2015 года № 705 «Об утверждении нормативов финансирования на ремонт, содержание автомобильных дорог общего пользования международного и республиканского значения и управление дорожной деятельностью». Режим электронного доступа: adilet.zan.kz.

7 Буцик, Г. А. Научно-технический отчет «Переработка и разработка Приказа и.о. Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 17 июня 2015 года № 705 «Об утверждении нормативов финансирования на ремонт и содержание автомобильных дорог общего пользования международного и республиканского значения» с техническим и экономическим обоснованием». Алматы, 2016. – 355 с.

8 Р РК 218-139-2017 Рекомендации по расчету экономических эффектов от строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог на макро и микро экономическом уровне. Приказ Председателя Комитета автомобильных дорог Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан от «26» декабря 2017 г. № 179. Астана. 2017. – 112 с.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Д. К. Саканов¹, Д. А. Аспанбетов²

Жақсартылған цемент-бетон төсемдерінің экономикалық тиімділігі

¹Беларусь ұлттық техникалық университеті
Минск қ., Беларусь Республикасы;

²Жол активтері сапасының ұлттық орталығы,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы.
Материал 29.11.19 баспаға түсті.

D. K. Sakanov¹, D. A. Aspanbetov²

Economic efficiency of improved cement concrete pavements

¹Belarusian National Technical University,
Minsk, 220013, Belarus;

²RSE on REU “National Center for the Quality of Road Assets”,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада цемент-бетонды жақсартудың экономикалық тиімділігін есептеу алгоритмі ұсынылған. Нәтижесінде, төсеу кешенінің дірілдеткіштері әсерінен жақсартылған композициялар алу, сонымен қатар бетон қоспасының біркелкілігіне байланысты цемент бетон жамылғысының бетін сығымдау және гофрлеу, бетонның сығылу беріктігін 5%-ға дейін арттыру, жабынның эрозиясын 0,18 г/см² дейін арттыру, бұл текстураның акустикалық қасиеттерін стандартты мәндерге келтіреді.

Экономикалық эффектілерді есептеу нәтижесінде цемент-бетон жамылғысын 1 км-ге жақсартылған тіршілік циклінің шығындарын оңтайландыруға байланысты 30 жылдан астам уақыт ішінде үнемдеу 495,6 мың теңге, ал жабынның «гофрленген» құрылымын қолданудан 262,5 мың теңге үнемделетіні анықталды.

The article presents an algorithm for calculating economic efficiency for improved cement concrete pavements. As a result, it was found that obtaining improved compositions under the action of vibrators of the concrete-laying complex, as well as compaction and corrugation of the surface of the road cement concrete pavement, due to the uniformity of the concrete mixture, it is possible to increase the compressive strength of concrete to 5 %, increase the abrasion of the coating to 0.18 g / cm², while bringing the acoustic properties of the coating texture to standard values.

The calculations of economic effects found that an improved device of cement concrete pavement per 1 km by optimizing the life cycle costs savings over 30 years is 495.6 thousand tenge, and by applying the «corrugated» invoice covering 262.5 thousand tenge.

А. Е. Танабаева¹, Ж. Х. Есбенбетова², Б. А. Серимбетов³

¹ст. науч. сотр. лаборатории исследования профессиональных рисков, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²руководитель лаборатории исследования профессиональных рисков, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии», Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, г. Нур-Султан, 010005, Республика Казахстан

e-mail: ¹tanabaeva.a@miiot.kz

ОЦЕНКА РИСКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАБОТНИКОВ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

В данной статье представлены результаты оценки профессиональных рисков заболеваемости работников, на примере предприятия занятых добычей формовочных песков и глин. Применение методики позволит выявлять группу работников с высоким риском заболеваемости, который в дальнейшем поможет вести мониторинг заболеваемости в организации, а также проведение лечебно-профилактических мер.

Ключевые слова: Профессиональный риск, оценка риска, оценка риска заболеваемости, медицинский осмотр.

ВВЕДЕНИЕ

Длительное воздействие вредных производственных факторов приводит к возникновению у работников профессионально обусловленных заболеваний. В целях мониторинга за состоянием здоровья данной категории работников в Республике Казахстан действует система периодического медицинского осмотра.

Периодический медицинский осмотр проводится в соответствии с Правилами проведения обязательных медицинских осмотров [2] по результатам которого формируются 6 групп:

– 1 группа здоровые работники, не нуждающиеся в реабилитации;

- 2 группа практически здоровые работники, имеющие нестойкие функциональные изменения различных органов и систем;
- 3 группа работники, имеющие начальные формы общих заболеваний;
- 4 группа работники, имеющие выраженные формы общих заболеваний, как являющиеся, так и не являющиеся противопоказанием для продолжения работы в профессии;
- 5 группа работники, имеющие признаки воздействия на организм вредных производственных факторов;
- 6 группа работники, имеющие признаки профессиональных заболеваний.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Оценка риска заболеваемости проводится для выявления профессий (профессиональных групп), характеризующихся наличием функциональных изменений в организме работников под воздействием вредных и/или опасных производственных факторов [3].

Оценка риска заболеваемости проводится на основании данных Журнала регистрации листов нетрудоспособности работников.

Журнал регистрации листов нетрудоспособности содержащей следующие сведения: ФИО, наименование профессии, наименование структурного подразделения, вид деятельности, вид временной нетрудоспособности (травма или заболевание), период нетрудоспособности, общее количество дней нетрудоспособности, код болезни по МКБ10, наименование диагноза заболевания, пол, возраст, режим лечения (амбулаторно или стационарно).

Оценка риска заболеваемости определяется согласно градации степени риска в зависимости от следующих критериев состояния здоровья:

- суммарная продолжительность временной утраты нетрудоспособности (суммирование всех дней нетрудоспособности);
- количество случаев острых респираторных вирусных инфекций в год (прямой подсчет имеющихся случаев заболевания с данным диагнозом);
- наличие хронических заболеваний.

Градация степени риска заболеваемости на основе критериев состояния здоровья:

1 степень риска – не более 7 дней в год (наличие хронических заболеваний нет);

2 степень риска – не более 14 дней в год (наличие хронических заболеваний нет);

3 степень риска – не более 21 дня в год (наличие хронических заболеваний есть);

4 степень риска – более 21 дня в год (наличие хронических заболеваний есть);

5 степень риска – при наличии зарегистрированных профессиональных заболеваний.

В случае, если работник в течение отчетного периода не имел листов нетрудоспособности, ему устанавливается 1 степень риска.

Все данные по заболеваемости заносятся в Форму протокол оценки заболеваемости.

Оценка заболеваемости (r_3^k) (по k-профессии) рассчитывается как отношение суммарной оценки риска заболеваемости по каждому работнику, который относится к данной профессии, к общему количеству работников данной профессии по следующей формуле (6):

$$r_3^k = \frac{\text{суммарная оценка риска заболеваемости по работникам k профессии}}{\text{количество работников k – профессии}}$$

Оценка риска заболеваемости была проведена для выявления профессий наиболее подверженных заболеваниям с определением их продолжительности дней нетрудоспособности и установлением степени риска развития профессионально-обусловленных заболеваний [4], [5].

Пример.

По результатам оценки риска заболеваемости работников предприятия у которой основной деятельностью является добыча формовочных песков и глин установлено что из 44-х исследуемых профессий, в течении трех лет (20116–2017 г.г.) зарегистрированы в Журнал регистрации листов нетрудоспособности работников (далее Журнал) 70 профессии.

Все данные по заболеваемости были зарегистрированы в Протокол оценки заболеваемости по профессиям (далее Протокол) по административно – управленческому персоналу и производственному подразделению. То есть, оценка проводится по двум подразделениям в разрезе всех профессий.

Результаты оценки риска заболеваемости по профессиям административно-управленческого персонала представлены в таблице 1, при этом указаны только те профессии, по которым были зарегистрированы в протокол, остальным профессиям которые не вошли в протокол установлена 1 степень риска.

Таблица 1 – Результаты оценки риска заболеваемости по профессиям административно-управленческого блока

№	Наименование профессии	Кол-во человек	Кол-во случаев заболевания за 3 года	Степень риска из них:					Степень риска по профессиям	
				1	2	3	4	5		
1	Секретарь-референт	1	2		1			1		2
2	Начальник цеха №1	1	1		1					2
3	Мастер сменный	1	1		1					2
Итого по подразделению										1

По всем указанным профессиям по исследуемому предприятию была установлена 1 степень риска заболеваемости, что обосновано одинаковыми условиями труда и характером выполняемой работы. В течение трех лет у 3 профессии были зарегистрированы заболевания с различными диагнозами.

Стоит отметить, что должности вышеуказанные профессии приведенные в таблице 1 вошли в 2 степень риска. Это обусловлено длительностью дней нетрудоспособности не более чем 14 дней, что является низкой степенью риска по градации расчета степени риска.

Результаты оценки риска заболеваемости по профессиям производственного подразделения представлены в таблице 2, при этом указаны только те профессии, по которым были зарегистрированы в протокол.

Таблица 2 – Результаты оценки риска заболеваемости по профессиям основного производственного персонала

№	Наименование профессии	Кол-во человек	Кол-во случаев заболевания за 3 года	Степень риска из них:					Степень риска по профессии	
				1	2	3	4	5		
Гипсокартонный цех										
1	Газоэлектросварщик	9	2	1	1					2
2	Мастер жд участка	1	1	1						2
3	Монтер пути	10	9	4	1	1	3			3
4	Машинист экскаватора	3	2	1	1					1
5	Помощник машиниста экскаватора	3	2		2					1
6	Водитель	9	4	2	2					1
7	Заведующий складом	1	1			1				3
8	Электромонтер	3	1				1			4

9	Машинист бульдозера	1	4	2	1	1	2
10	Машинист тепловоза	3	1		1		1
11	Помощник машиниста тепловоза	2	1		1		2
12	Токарь	1	1		1		3
13	Горнорабочий	2	1		1		3
14	Сторож	14	3	1	1	1	1
15	Разнорабочий	9	6	1	1	1	3
Итого по подразделению							2

В течении 3 лет в производственном отделе были зарегистрированы 15 профессии со случаями заболевания с различными диагнозами Из 15 профессии которые зарегистрированы в протоколе 6 профессии попали под 1 степень риска, 4 профессии попали под 2 степень риска, 4 профессии попали под 3 степень риска и 1 профессия попала 4 степень риска. В итоге вышеуказанные профессии основного производственного персонала приведенные в таблице 2 установлена 2 степень риска (низкий риск).

Таким образом, риск заболеваемости работников занятых добычей формовочных песков и глин за 2016–2018 годы в целом по предприятию оценивается как допустимый, с установлением 2 степень риска.

Суммарная продолжительность нетрудоспособности вследствие заболеваний работников предприятия составляет 693 дней, при этом, были зарегистрированы случаи заболеваний у 18 профессий административно – управленческого персонала и производственного отдела.

Методика оценки заболеваемости позволит анализировать эффективность используемых мероприятий по снижению профессиональных рисков, обеспечить надлежащий уровень (достоверность) информации, накапливать необходимые знания (опыт) для принятия последующих решений при анализе и оценке рисков заболеваемости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Комитет по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан <http://www.stat.gov.kz>.

2 Правила проведения обязательных медицинских осмотров Приказ и.о. Министра национальной экономики Республики Казахстан от 24 февраля 2015 года № 128. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 8 апреля 2015 года № 10634.

3 Бисакаев, С. Г., Абикенова, Ш. К., Есбенбетова, Ж. Х. Методические рекомендации по внедрению системы управления профессиональными рисками на предприятии – Астана : РГКП «РНИИОТ МТЭСЗН РК», 2017, 58 с.

4 Бисакаев, С. Г., Абикенов, Ш. К., Есбенбетова, Ж. Х., Грибенко, Л. А., Абилов, А. К., Танабаева, А. Е., Сарыбаева, К. Д. Методика расчета степени индивидуального профессионального риска // научное произведение // Астана : 2017.

5 Бисакаев, С. Г., Абикенов, Ш. К., Есбенбетова, Ж. Х., Грибенко, Л. А., Танабаева, А. Е., Сарыбаева, К. Д. Методика расчета интегрального показателя степени профессионального на предприятий // научное произведение // Астана : 2017.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

А. Е.Танабаева¹, Ж. Х. Есбенбетова², Б. А. Серимбетов³

Тау-кең өнеркәсібіндегі жұмыскерлердің науқастану тәуекелінің бағалау

^{1,2}«Қазақстан республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми зерттеу институты» РМҚК, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010005, Қазақстан Республикасы. Материал 29.11.19 баспаға түсті.

А. Е. Tanabayeva¹, Zh. Kh. Esbenbetova², B. A. Serimbetov³

Assessment of the risk of morbidity of employees in the mining industry

^{1,2}«Republican science research institute on labor protection of MLSPP of RK» RSE, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

³Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, Nur-Sultan, 010005, Republic of Kazakhstan. Material received on 29.11.19.

Бұл мақалада қалыптық құмдар мен саздарды өндірумен айналысатын кәсіпорын мысалында жұмыскерлердің ауру-сырқаттану кәсіби тәуекелдерін бағалау нәтижелері ұсынылған. Әдістемені қолдану ауру-сырқаттанудың жоғары тәуекелі бар жұмыскерлер тобын анықтауға мүмкіндік береді, ол одан әрі

ұйымда сырқаттанудың мониторингін жүргізуге, сондай-ақ емдік-профилактикалық шараларын жүргізуге көмектеседі.

This article presents the results of an assessment of the professional risks of workers' morbidity, using the example of an enterprise engaged in the extraction of molding sands and clays. The application of the methodology will allow to identify a group of workers with a high risk of morbidity, which in the future will help to monitor incidence in the organization, as well as the implementation of therapeutic and preventive measures.

FTAMP 45.01.81

З. Т. Туркебаева¹, Г. Ж. Асаинов², С. Алдиеров³

¹аға оқытушы, доктор (PhD), С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²студент, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы

e-mail: 007giba@mail.ru

РЕАКТИВТІ ҚУАТТЫ КОМПЕНСАЦИЯЛАУ ШАРАЛАРЫ

Реактивті қуат – бұл желілердегі электрмагниттік процестерден туындаған электр энергиясының техникалық шығыны. Оның жетіспеушілігі өткізгіштердің жоғары қызуын тудырады және желіге артық жүктеме жасайды, нәтижесінде электр энергиясының көзі күшейтілген режимде жұмыс істейді.

Реактивті қуатты компенсациялау – кернеуді реттеу және электр энергиясы шығынын азайту мақсатында тарту желілеріндегі реактивті қуат балансына мақсатты ықпал ету шарасы. Оны енгізу барысында электр тарту желілеріндегі тиімді нәтижелілік пен сенімділік арта түседі.

Кілттік сөздер: қуат, реактивті қуат, реактивті қуатты компенсациялау, статикалық конденсатор, синхронды қозғалтқыш, синхронды генератор, синхронды компенсатор.

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта энергия ресурстары қатысты отандық және жетекші шетелдік мамандардың бағалауы бойынша, электр энергиясының үлесі өнім құнының шамамен 30–40% құрайды [1]. Жүктемемен тұтынылатын толық қуат екі құрамдас бөлікке бөлінеді – активті және реактивті. Реактивті қуат активті жүктемеге қарағанда механикалық жұмыс жасамайды, соған қарамастан реактивті жүктеме жұмысы үшін қажет. Сонымен қатар, трансформаторлар мен қосалқы станциялардағы қуат шығыны төмендейтіндіктен, қосымша жүктемені күштік трансформатордан тұтынылатын токтың төмендеуі есебінен қосу мүмкіндігі пайда болады. Толық қуаттың реактивті құрамдас бөлігінің ағуын оқшаулау реактивті қуаттың орнын толтыру негізінде жатыр. Сондықтан бұл әдіс энергия үнемдеу мәселесін шешу бағыттарының бірі

болып табылады. Реактивті қуаттың орнын толтыру үшін қабылданатын шаралар электр энергиясына шығындарды төмендетуден басқа жабдық ресурсын ұлғайтады, осылайша компанияның немесе өндірістің шығындарын азайтады. Реактивті қуаттың компенсациясы бойынша шаралардың бірі тиісті қуаттың өтемдік конденсаторының тұрақты жүктемесі бар құрылғыға параллель қосылу болып табылады.

Реактивті қуат энергиясы алдымен жинақталады, содан кейін сәйкесінше индуктивтілік немесе конденсатор жағдайында магнит өрісі немесе электр өрісі түрінде босатылады.

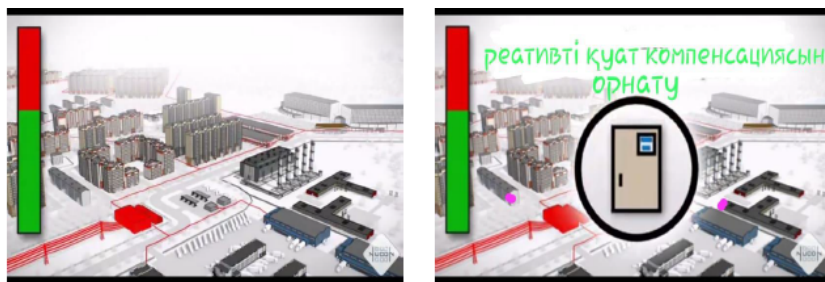
Реактивті қуаттың өлшем бірлігі вольт-ампер реактивті (Var) болып табылады.

Реактивті қуатты компенсациялау бойынша жүргізілетін іс-шаралар электр энергиясын қабылдағыштардың реактивті қуатты тұтынуын төмендетумен байланысты және электрмен жабдықтау жүйесінің тиісті нүктелерінде компенсациялық құрылғыларды (КК) орнатуды талап ететін электр энергиясына бөлінуі мүмкін.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Реактивті қуаттың компенсациясы-реактивті қуат көздерінің оны тұтыну орындарына жақындауы. Тікелей тұтынушыда реактивті қуатты компенсациялау құрылғыларын орнату электрмен жабдықтау жүйесінің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді. (1,2-суреттер)

Электр энергия көзі бар аудан берелген (1,а-сурет). Бұл суреттегі қызыл түс – тұтынушылар жабдықтарымен жасалатын кедергі. Ал жасыл түс – желінің пайдалы жүктемесі. Ауданға реактивті қуат компенсациясын орнату(1,б-сурет).



а) б)
Сурет 1 – Электр энергия көзі бар аудан

Желінің пайдалы жүктемесін жоғарылату мақсатында біз ауданға реактивті қуат компенсациясын орнатамыз (2-сурет).



Сурет 2 – Реактивті қуат компенсациясы орнатылған аудан

Реактивті қуатты компенсациялауға өткізілетін іс-шаралар келесі үш топқа бөлінеді:

1) Компенсациялауды жүргізетін іс-шаралар:

- қондырғының энергетикалық режимінің жақсаруына алып келетін технологиялық үрдісті реттеу, ол өз кезегінде қуат коэффициентін арттырады;
- 1000 В дейінгі кернеудегі асинхронды қозғалтқыштардың статорлық орамаларын үшбұрыштан жұлдызшаға жалғау, егерде олардың жүктемесі 40 % аз болса. Асинхронды қозғалтқыштарды дәл сол қуаттағы синхронды қозғалтқыштармен ауыстыру, олар егерде технико-экономикалық тиімді болса;

- операциялар арасындағы периодтың ұзақтығы 10 минуттан асатын жағдайда асинхронды қозғалтқыштар жұмысының жүктемесіз жұмыс істеу режимдерін зая жүрісті шектегіш құрылғылар орнату арқылы жою;

- электр қозғалтқышына келетін кернеуді тиристорлік басқаруда реттеу, қозғалтқышты жөндеу сапасын олардың номиналды мәндерін сақтай отырып жоғарлату;

2) Компенсацияланатын құрылғыларды пайдаланатын іс-шаралар:

- статикалық конденсаторларды орнату;

- синхронды қозғалтқыштарды компенсаторлар есебінде пайдалану;

3) Қуат коэффициентін жоғарлататын іс-шаралар:

- кәсіпорында бар синхронды генераторларды компенсаторлар түрінде пайдалану;

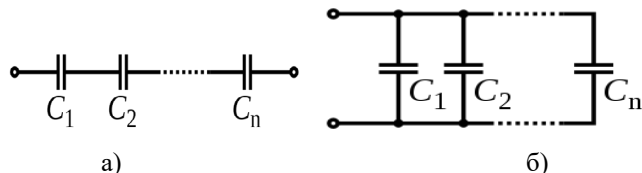
- асинхронды қозғалтқыштарды синхрондау, ол білікке түсетін жүктеменің номиналдыдан 70 % аспағанда болатын болады және технико-экономикалық дәлелдеулермен.

Статикалық конденсаторларды орнату.

– статикалық конденсаторлар (СК) тізбектердің түйіндерінде реактивті қуатты регенерациялау үшін және желінің реактивті кедергісін азайту үшін қолданылады.

– кернеуді көбейту керек болса, онда конденсаторлар тізбекті жалғанады (3,а-сурет).

– қуатты көбейту үшін, конденсаторлар параллель жалғанады (3,б-сурет).

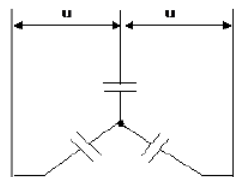


Сурет 3 – Статикалық конденсаторлардың жалғануы

– конденсаторлар 0,22 кВ –тан 110 кВ дейін әр түрлі кернеуде шығарылады.

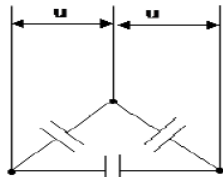
– 3 фазалы желілерде статикалық конденсаторлар үшбұрышша (4,а-сурет) немесе жұлдызша (4,б-сурет) қосылады.

$$Q_c = 3U^2 \omega C = 9U_{\phi}^2 \omega C$$



а)

$$Q_c = 3U_{\phi}^2 \omega C$$



б)

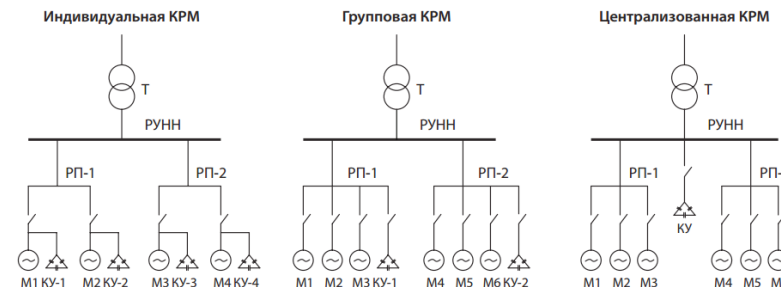
Сурет 4 – 3 фазалы желілерде статикалық конденсаторлардың қосылуы

Өндірістік кәсіпорындардың электрлік жүйелерінде СК блогының көмегімен келесі реактивті қуаттардың орынауыстыру түрі қолданылады.

1 Жеке орын ауыстыру – қабылдағышқа конденсатор блогы орнатылатын.

2 Топтық орын ауыстыру – құрылғылар тобына конденсаторларды орналастыру.

3 Орталықтандырып орын ауыстыру – басты тарату қалқанында компенсациялық құрылғыларды орнатуды қарастырады.



Сурет 5 – СК блогының көмегімен реактивті қуаттардың орын ауыстыру түрлері

Синхронды қозғалтқыштарды компенсаторлар есебінде пайдалану.

Синхронды компенсаторлар – бұл қайта қоздыру режимінде жүктемесіз бос жүрісте жұмыс істейтін арнайы синхронды генераторлар. Синхронды компенсатор бос жүрісті жұмыс істегендіктен, реактивті қуат:

$$Q_{\alpha} = S_{\alpha} = \sqrt{3} I_{\alpha} U_c = U_c \frac{U_c - E_{\phi}}{x_d}$$

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі кезде электр энергиясының сапасын арттырудағы мәселелердің бірі реактивті қуатты компенсациялау болып табылады. Сондықтан тақырыпта реактивті қуатты компенсациялаудың ең тиімді жолдарын қарастырдық:

– тікелей тұтынушыда реактивті қуатты компенсациялау құрылғыларын орнату электрмен жабдықтау жүйесінің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді;

– электр энергиясының шығынын реактивті қуат компенсациясының көмегімен төмендету.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Туғанбаев, Ы. Т., Туркебаева, З. Т., Ниязбаева, Х. К. «Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау» 2013 ж.

2 <https://www.slideshare.net/AsemSarsembayeva/ss-76151152>. [Электронды ресурс].

3 <https://www.nucon.ru/reactive-power/reactive-power-and-types-of-compensation.php>. [Электронды ресурс].

З. Т. Туркебаева¹, Г. Ж. Асаинов², С. Алдиеров³

Методы компенсации реактивной мощности

^{1,2,3}Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина,
г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Z. Turkebaeva¹, G. Assainov², S. Aldierov³

Reactive power compensation methods

^{1,2,3}S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 29.11.19.

Реактивная мощность – это технический расход электроэнергии, вызванный электромагнитными процессами в сетях. Его недостаток вызывает повышенный нагрев проводников и создает избыточную нагрузку на сеть, в результате чего источник электроэнергии работает в усиленном режиме.

Компенсация реактивной мощности – мера целенаправленного воздействия на баланс реактивной мощности в распределительных сетях с целью регулирования напряжения и снижения потерь электроэнергии. При ее внедрении повышается эффективность и надежность в линиях электропередачи.

Reactive power is the technical consumption of electricity caused by electromagnetic processes in networks. Its disadvantage is the increased heating of the conductors and creates an excessive load on the network, as a result of which the power source operates in an enhanced mode.

Reactive power compensation is a measure of purposeful impact on reactive power balance in distribution networks in order to regulate voltage and reduce power losses. Its implementation increases efficiency and reliability in power lines.

Г. М. Тютеебаева¹, А. Ж. Хабибуллина², О. М. Талипов³

¹к.т.н., ст. преподаватель, Энергетический факультет, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²магистрант, Энергетический факультет, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³доктор PhD, асоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан

e-mail: ¹galiatyutebayeva@gmail.com; ²Zhantassovna@gmail.com;

³talipov1980@mail.ru4

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ТЭС

В статье приведены частные и суммарные показатели вредности казахстанских топлив для котлов с пылеугольными топками. Рассмотрено техническое решение для очистки дымовых газов от оксидов азота до нормативных значений с одновременным снижением количества аммиака в отходящих дымовых газах в широком диапазоне температур. Предложено измельчить и дождечь золу с сокращением ее выбросов в атмосферу, а золы порошок использовать в качестве наполнителей полимерных и строительных материалов промышленного назначения.

Ключевые слова: сжигание углей, защита атмосферы, оксиды азота.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленные запасы твердого топлива, преимущественно угля, составляют основную часть топливно-энергетических ресурсов Казахстана.

Крупные месторождения Казахстанского угля по состоянию на 01.01.2019 г. располагаются в Карагандинской (Шубарколь, шахты Тентекская, Верхнесокурское, Саранская, Костенко, Абайская, Кузембаева, Казахстанская, Шахтинская), Павлодарской (разрез Северный, Восточный, Богатырь) и Костанайской областях (Эгинсай, Кушмурун, Кызылтал).

Значительные месторождения есть в Северо-Казахстанской (Шоптыколь), Актыубинской (Мамыт) и Восточно-Казахстанской (Каражыра) областях.

Создание таких уникальных по мощности комплексов, как экибастузский топливно-энергетический комплекс (ЭТЭК) и мощных ТЭЦ, расположенных вблизи городов, обусловило значительное внимание к защите атмосферы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как отмечается в книге известных ученых М. Р. Курмангалиева и В. И. Фисака «Сжигание энергетических углей Казахстана и защита атмосферы» [1] наиболее удобной величиной, характеризующей относительную вредность различных топлив, является показатель суммарной вредности энергетических топлив и продуктов их сгорания Π^{Σ} [1]:

$$\Pi^{\Sigma} = \sum_1^i \Pi_i$$

где Π_i – значение частных показателей вредности, характеризующих удельное количество вредного вещества и его относительную токсичность.

Для определения этих показателей в продуктах сгорания вредные вещества выделены в две группы.

К первой группе отнесены вредные примеси в продуктах сгорания пылеугольного котла, которые можно определить по составу топлива (диоксид серы, летучая зола, соединения ванадия и другие примеси, переходящие в состав золы). Для них частные показатели определяются по формуле в [1]

$$\Pi_i = \frac{0,35GiF(100-\eta_i)M_r}{Q_p^n \text{ ПДК } M_r}$$

где Gi – масса примеси в рабочей массе топлива, %

η_i – степень удаления данной примеси из дымовых газов перед их выбросом в атмосферу, %.

F – безразмерный коэффициент из формулы для рассеивания выбросов в атмосфере, изменяющийся для твердых частиц от 2 до 3; для газообразных примесей $F=1$.

M_r, M_r – относительные молекулярные массы примеси в топливе и продуктах сгорания.

Ко второй группе отнесены вредные примеси, образование которых зависит не только от состава топлива, но и от режимных и конструктивных параметров топки (оксиды азота, углерода и др.)

В таблице 1 приведены частные и суммарные показатели вредности казахстанских топлив, рассчитанных КазНИИЭнергетики им. Чокина для котлов с пылеугольными топками [1]. В первом из них Π_i и Π^{Σ} подсчитаны для продуктов сгорания, покидающих котел, и характеризуют вредность неочищенных газов, во втором значении Π^{Σ} определено с учетом золоулавливания ($\eta_{\text{зл}}=99\%$) и характеризует суммарный выброс вредных примесей в атмосферу. Расчеты выполнены для NO_x, SO_2 , золы и пятиокси ванадия, т.е. не учитывают всех вредных веществ в дымовых газах. В настоящее время вышеуказанные загрязнители являются основными, поэтому полученные показатели в достаточной мере характеризуют вредность углей.

Таблица 1 – Частные и суммарные показатели вредности топлив и продуктов сгорания

топливо	Номер по Π^{Σ}	Π^{Σ}	Π_{SO_2}	Π_{NO_2}	$\Pi_{\text{з}}$	$\Pi_{\text{V}_{205}}$	Π_i^{Σ}	Номер по Π_i^{Σ}
Кушмурунский								
Разрез 1	8	1,0374	0,0755	0,0325	0,6364	0,293	0,1173	6
2	7	1,2526	0,1062	0,0325	0,7917	0,3222	0,1498	4
3	11	0,9618	0,0408	0,0325	0,6135	0,275	0,0822	11
Эгинсайские	9	0,9770	0,0672	0,0325	0,6298	0,280	1,1088	7
Экибастузский	3	1,848	0,030	0,058	1,51	0,25	0,1056	9
Орловский	12	0,9515	0,0312	0,0325	0,5978	0,29	0,0725	14
Нижнеилийский	15	0,7321	0,0479	0,018	0,4112	0,255	0,0725	13
Карагандинский промпродукт	5	1,699	0,0289	0,0342	1,396	0,241	0,07947	12
Майкюбенский	14	0,7616	0,0157	0,0325	0,5034	0,210	0,05533	20
Борлинский	4							8
Приозерный	13	0,9488	0,0290	0,02436	0,6024	0,293	0,06231	19
Шубаркольский								
Мазут								
$S^p=3,5\%$	19	0,1381	0,0529	0,0440	0,0015	0,0397	0,1023	10
$S^p=1,5\%$	20	0,0842	0,0221	0,0440	0,0015	0,0166	0,0715	16
$S^p=0,5\%$	21	0,0578	0,0073	0,0442	0,0008	0,0055	0,0534	21
Природный газ	22	0,0378	-	0,0378	-	-	0,0378	22

Как видно из таблицы 1, порядок расположения топлив в соответствии с показателем вредности Π^{Σ} по сравнению с Π^{Σ} различен.

При наличии очистки дымовых газов от золы малосернистых твердых топлив (орловский, майкюбенский угли и промпродукт карагандинского угля) они оказываются среди менее вредных.

Анализ свойств углей показал, что с экологической точки зрения угли Казахстана можно разделить на три группы: низкосернистые и малозольные (шубаркульский, орловский Тургайского бассейна и др.), высокзольные типа экибастузских и высокосернистые (кушмурунские и эгинсайские Тургайского бассейна).

При сжигании высокзольных углей типа экибастузских основная задача охраны среды заключается в повышении степени золоулавливания.

При сжигании большинства углей наиболее серьезна проблема защиты от вредных газовых выбросов оксидов серы и азота.

Очистка дымовых газов от оксидов азота при пылеугольном сжигании очень дорога и требует больших капитальных затрат. Поэтому на современном этапе основные способы уменьшения выбросов оксидов азота заключаются в подавлении их образования в топке.

Главный источник оксидов азота при сжигании углей с твердым золоудалением – конверсия в NO_x азотистых соединений ранних летучих. В связи с этим наиболее эффективными способами подавления оксидов азота могут быть методы ступенчатого сжигания. Оно может осуществляться различными способами. Наиболее эффективно в котлах с пылеугольными вихревыми горелками, создание специальных конструкций, обеспечивающих раннее воспламенение факела при пониженном избытке и некотором замедлении смешения горячей аэросмеси с третичным воздухом. Очень перспективны устройства с подачей части газифицированного топлива в зону догорания факела. Общая эффективность ступенчатых способов сжигания зависит от вида угля.

Для высокоресурсных углей в настоящее время можно обеспечить существенное снижение выбросов оксидов азота и высокую экономичность процесса горения. Для высокзольных углей с пониженной реакционной способностью коксового остатка основным ограничивающим фактором применения ступенчатого сжигания является некоторое повышение потерь тепла с мехнедожогом. Стендовые исследования свидетельствуют о возможности создания для таких углей промышленных высокоэкономичных горелок с пониженным уровнем оксидов азота.

Перспективным направлением снижения газовых выбросов является создание котлов с низкотемпературным кипящим слоем. При сжигании угля в топке с заторможенным кипящим слоем и подаче угля под слой выбросы оксидов азота на 30 % ниже, чем в пылеугольных топках. Выбросы NO_x могут быть сокращены за счет оптимизации зернового состава угля и использования его подачи на слой. Резкое снижение выбросов NO_x достигается за счет двухступенчатого сжигания. Уменьшение потерь тепла с мехнедожогом можно обеспечить за счет дожигания уноса слоя в развитом надслоевом

пространстве с высокой температурой, характерной для пылеугольных топок (факельно-слоевое сжигание), либо за счет организации многократной циркуляции уноса из слоя в топке с циркулирующим слоем.

При сжигании в низкотемпературном кипящем слое происходит уменьшение выбросов оксидов серы вследствие их связывания в соединении щелочных и щелочноземельных элементов золы или добавляемым известняком. Степень уменьшения выбросов оксидов серы существенно зависит от соотношения Ca/S . При сжигании всех углей даже без добавки известняка наблюдается снижение выбросов оксидов серы. Так, для экибастузского угля без добавки известняка степень улавливания оксидов серы составляет 45–60 %, при добавке же известняка эта степень увеличивается.

Выбросы оксидов при пылеугольном сжигании могут быть сокращены за счет сероочистки. При этом перспективны установки с совмещением мокрых способов очистки газов от оксидов серы и золы. При наличии в угле достаточного количества щелочных соединений для связывания оксидов серы возможна высокая степень очистки от этих оксидов. Так, для карагандинских углей степень очистки без дополнительных реагентов при благоприятных режимных параметрах достигает 80 %. Этот способ весьма перспективен для ряда углей Казахстана и поэтому необходимо его промышленное освоение.

Один из последних технических решений для очистки дымовых газов от оксидов азота заключается в комплексной некаталитической очистке дымовых газов от оксидов азота.

Очистку дымовых газов от оксидов азота выполняют с помощью введения парогазовой восстановительной смеси на основе карбамида в газоход котельного агрегата угольной ТЭС с температурой дымовых газов 700 °С–1200 °С.

Парогазовую смесь получают в подключенном к газоходу реакторе путем введения водного раствора карбамида с концентрацией 18–42 % в перегретый водяной пар при давлении 0,2–1,2 МПа. Время контакта водного раствора карбамида и перегретого до 200–400 °С водяного пара 0,5–3 с.

Расход водного раствора карбамида 800–1200 кг/ч в зависимости от тепловой нагрузки котельного агрегата.

Золу в дымовых газах улавливают на электрофилтрах, КПД улавливания летучей золы составляет 99 %.

Съемзола с электрофилтров выполняют при периодическом встряхивании филтров воздухом под давлением 5–6 МПа от компрессорной станции.

Потомизмельчают снятую с электрофилтров золу в шаровых или планетарных мельницах с получением высокодисперсного и

высокоактивного порошка с размером частиц от 0,4 до 15 мкм, содержащего до 20 % свободного углерода.

Затем дополнительно дожигают полученный золовой порошок в инертной или воздушной среде в топках с кипящим слоем при температуре 650–1050°C в течение 0,25–1,0 ч до содержания углерода 0,2–0,5 % при подаче природного газа под давлением 0,1–0,4 МПа до выхода на режим «кипящего слоя».

При этом одновременно с дожиганием выполняют термическое удаление содержащегося в золовом порошке непрореагировавшего аммиака до его содержания в пределах 0,01–0,1 %

Выделенный аммиак направляют в котел для использования в зоне контакта водного раствора карбамида и перегретого до 200–400°C водяного пара.

Тепло от дожигания высокоактивного порошкового продукта летучей золы используют для увеличения количества отпускаемой потребителям с электростанции тепловой энергии.

Затем разделяют золовой порошок на партии заданного потребителем гранулометрического размера в многоступенчатом барабанном классификаторе с самоочищающимися поверхностями сеток.

На последней стадии выполняют контроль качества готовой порошковой продукции.

Таким образом, в процессе создания экологически чистой и безотходной угольной тепловой электрической станции одновременно выполняют несколько технологических процессов.

Выполняют очистку дымовых газов в широком диапазоне температур со снижением содержания оксидов азота до нормативных значений с одновременным снижением количества аммиака в отходящих дымовых газах.

Параллельно выполняют отбор золы из дымовых газов с сокращением ее выбросов в атмосферу.

Золу измельчают и дожигают содержащийся в ней свободный углерод.

Полученный высокодисперсный и высокоактивный золовой порошок используют в качестве наполнителей полимерных и строительных материалов промышленного назначения.

ВЫВОДЫ

Предлагается использовать показатель суммарной вредности энергетических топлив и продуктов их сгорания, предложенный КазНИИ Энергетики им. Чокина, как наиболее удобной величиной, характеризующей относительную вредность различных топлив.

В вопросах защиты атмосферы от выбросов ТЭС при сжигании углей остаются актуальными методы подавления образования оксидов азота,

поскольку очистка дымовых газов от оксидов азота дорога и требует больших капитальных вложений;

Предложено эффективное техническое решение для очистки дымовых газов от оксидов азота с одновременным снижением аммиака в отходящих дымовых газах и использованием золового порошка в качестве наполнителей полимерных и строительных материалов промышленного назначения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Курмангалиев, М. Р., Фисак, В. И. Сжигание энергетических углей Казахстана и защита атмосферы. – Алма-Ата : Наука, 1989. – 224 с.

2 Кропп, Л. И., Залогин, Н. Г., Яновский, Л. П. Показатель суммарной вредности продуктов сгорания энергетических углей. // Теплоэнергетика, 1978. – № 10. – С. 47–49.

3 Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. – М. : 1973. – 216 с.

4 Энергетическое топливо СССР. – М. : 1979. – 128 с.

5 <https://ism.kz/krupnye-mestorozhdeniya-uglya-v-kazahstane-infografika> [Электронный ресурс].

6 Курмангалиев, М. Р., Фисак, В. И. Сжигание энергетических углей Казахстана и защита атмосферы. – Алма-Ата : Наука, 1989. – 224 с.

7 Угли Экибастузского бассейна для пылеугольного сжигания. Технические требования. ГОСТ 8779-79. – М., 1979. – 3 с.

8 Патент РФ. Способ создания экологически чистой и безотходной угольной тепловой электрической станции с комплексной некаталитической очисткой дымовых газов от оксидов азота и с отбором летучей золы, ее измельчением, дожиганием свободного углерода, фракционированием и полной утилизацией // 2472571.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Г. М. Тютеебаева¹, А. Ж. Хабибуллина², О. М. Талинов³

Қоғамдық және техникалық ғылымдар институтының электр станциялардың экологиялық қауіпсіздігін жақсарту бойынша техникалық шараларды әзірлеу

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық Университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

G. M. Tyutebayeva¹, A. G. Habibullina², O. M. Talipov³

Development of technical measures for improving the environmental safety of nature coal-fired power plants

^{1,2}Power Faculty,
Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

³Faculty of Energy Engineering,
S. Toraigyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада көмір ағындары бар қазандықтар үшін қазақстандық отынның зияндылығының жеке және жиынтық көрсеткіштері келтірілген. Түтін газдарын азот оксидтерінен стандартты мәндерге дейін тазартудың техникалық шешімі кең температуралық диапазонда шығарылған түтін газдарындағы аммиак мөлшерін азайту кезінде қарастырылды. Атмосфераға шығындыларының азаюымен күлді ұнтақтау және жағу, полимер және өнеркәсіптік пайдалануға арналған құрылыс материалдары ретінде күл ұнтағы ұсынылады.

The individual and total hazard indicators of Kazakhstan fuel for boilers with coal furnaces are provided. The technical solution for purification of smoke gases from nitrogen oxides to standard values is considered by simultaneous reduction of the amount of ammonia in the smoke gases emitted by a wide range of temperature ranges. Grass is recommended for grinding and burning with reduced air emissions, and ash fillers are used as polymeric and industrial filler materials.

ГРНТИ 45.29.31

Ю. А. Цыба¹, Н. К. Алмуратова², Ю. А. Кузьмин³

¹к.т.н., профессор, кафедра ЭМЭП, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;

²доктор PhD, доцент, кафедра ЭМЭП, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;

³ст. преподаватель, кафедра ЭМЭП, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан

e-mail: nur0577@mail.ru

К ВОПРОСУ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ СЖИГАНИЯ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ С ВЫРАБОТКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Исходя из зарубежного опыта по переработке твердых бытовых отходов приводится расчет возможного количества тепловой и электрической энергии, получаемой путём генерации в паровых турбинах при сжигании ТБО в количестве 500 т/сутки и определяется её эффективность без учёта капитальных и эксплуатационных затрат. Рассматриваются проблемы и пути их решения по состоянию мусороперерабатывающих предприятий в Республике Казахстан.

Ключевые слова: Твердые бытовые и промышленные отходы, мусороперерабатывающее предприятие, мусоросжигание, газотурбинная установка, тепловая и электрическая энергия, экономика, эффективность, экология.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее широкое распространение в мировой практике из высоко технологических методов по переработке твердых бытовых отходов (ТБО) получило мусоросжигание. Существует много причин для выбора этого метода, которые будут перечислены ниже [1, 2].

На основании многочисленных исследований на международном уровне, когда был решен вопрос в пользу термической переработки ТБО возник вопрос о качестве процессов с точки зрения экологической безопасности и энергетической эффективности.

В мире считают, что мусоросжигание решает проблему трех «Э»: экология, энергетика, экономика.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Теплотворная способность бытовых отходов сравнима, а в некоторых развитых странах выше таких топлив, как бурый уголь, торф. Она всего в 2–2,5 раза ниже, чем у природного газа. В условиях дефицита топливных ресурсов и высоких цен на природный газ и нефтепродукты не использовать дармовое, много тоннажное, непрерывно возобновляемое топливо по меньшей мере неразумно. Не нужно в таком количестве копать шахты и использовать опасный труд шахтеров, бурить дополнительные скважины, сокращается нагрузка многокилометровых железных дорог в связи с уменьшением объема перевозок минеральных топлив – угля, мазута и т.д. Сокращается потребность в новых трубопроводах большого диаметра для транспортировки природного газа, нефти и нефтепродуктов. Нет опасности в том, что запасы топлива быстро исчерпаются. Пока живо человечество, мусора будет в достатке [3].

Поэтому, когда цена за нефть на мировом рынке перевалила за 40 долларов за баррель, все другие методы переработки, по мнению ведущих специалистов, с экономической и экологической точек зрения потеряли свою актуальность.

Отходы как топливо используют во всем мире. Например, Швейцария (80 %), Дания (80 %), Япония (90 %), Франция (65 %), Германия (60 %), США (45 %) и т.д.

За рубежом практически на всех современных предприятиях выделяемая в процессе термической переработки ТБО энергия обязательно преобразуется в тепловую для отпуска потребителю или для дальнейшей выработки электроэнергии. При этом энергетическая эффективность процесса составляет 60–65 % [1, 2].

Если же часть тепла в виде пара направить в паровые турбины, то дополнительно можно получить электроэнергию. Сошлемся на опыт развитых стран. Так, например, в Англии экономящей за счет мусоросжигания до 8 млн т угля в год успешно работает завод в юго-восточной части Лондона где при сжигании 450 тыс. т отходов в год вырабатывается 40 МВт энергии, которая поступает в национальную энергосистему Мусоросжигательные заводы Германии используют 72 % всей вырабатываемой энергии для генерации тепла (13 609 ГВт-час) и около 28 % – для получения электроэнергии (5257 ГВт-час). Швеция до 25 % коммунальной потребности в теплоэнергетике погашается за счет твердых бытовых отходов, а в некоторых регионах Швеции эта цифра достигает 75 %. В Японии как было отмечено

выше сжигается 90 % отходов и работает около 2000 заводов. Необходимо отметить, что за каждую тонну сжигаемых отходов в США заводу платят в зависимости от региона 60–85 долларов. Очевидно, что такая же ситуация по оплате сжигаемых отходов имеет место и в других странах [1, 2, 4].

В качестве доказательства вышесказанному приведем расчет возможного количества электроэнергии, получаемой путём генерации в паровых турбинах при сжигании ТБО 500 т/сутки.

Установлено, что на среднестатистического жителя, в зависимости от региона, количество выбрасываемого бытового мусора находится в пределах 300–400 кг (0,3–0,4 т) ТБО в год. Для расчетов примем среднее значение равным 350 кг (0,35 т) в год [4].

Следовательно, ежесуточно каждым жителем выбрасывается

$$350/365 = 0,96 \approx 1 \text{ кг/сутки} \approx 0,001 \text{ тонн/сутки}$$

т.е. 500 тонн в сутки мусора обеспечивают 500 тысяч жителей:

$$500/0,001 = 500\,000 \text{ человек}$$

Было подсчитано, что при сжигании одной тонны отходов можно получить 1300–1700 кВт/ч тепловой энергии или 300–550 кВт/ч электроэнергии в зависимости от качества ТБО и его энергетической способности.

Поэтому усреднив эти значения до 1500 кВт/ч при получении тепловой энергии и до 450 кВт/ч при получении электроэнергии можно рассчитать количество энергии, получаемой от сжигания 500 тонн как за сутки, так и за год.

Количество тепловой энергии, полученной за сутки

$$500 \times 1500 = 750\,000 \text{ кВт/ч}$$

Количество электроэнергии, полученной за сутки

$$500 \times 450 = 225\,000 \text{ кВт/ч}$$

Количество тепловой энергии, полученной за год

$$750\,000 \times 365 = 273\,750\,000 \text{ кВт/ч} = 273,75 \text{ МВт/ч}$$

Количество электроэнергии, полученной за год

$$225\,000 \times 365 = 82\,125\,000 \text{ кВт/ч} = 82,125 \text{ МВт/ч}$$

При этом что касается цены на электроэнергию, получаемую от сжигания ТБО, то она находится в пределах тарифов от использования так называемой «зеленой энергетики», уступая лишь ГЭС.

Приняв среднюю стоимости 20 тенге за 1 кВт/ч, получим доход за выработку электроэнергии за сутки (при курсе 380 тенге за 1\$ США)

$$225\,000 \times 20 = 4\,500\,000 \text{ тенге} = 11\,842 \$.$$

Доход за год составит

$$4\,500\,000 \times 365 = 1\,642\,500\,000 \text{ тенге} = 4\,322\,368 \$.$$

Кроме того, необходимо отметить, что сжигание мусора, кроме продажи электроэнергии приносит и дополнительные доходы поскольку прием отходов в переработку оплачивается. Извлекаемый металлолом продается, а отходы производства могут быть использованы как строительный материал.

В настоящее время в мире значительная часть предприятий для сжигания отходов принадлежит ведущим энергетическим компаниям, и интерес энергетиков к этому источнику энергии продолжает возрастать. Поэтому повсеместно ведется строительство новых ТЭС на ТБО, причем, как правило, со значительной долей капитальных вложений со стороны энергетических компаний.

Наряду с этим необходимо отметить, что по всему Казахстану, производится более 5 млн. тонн мусора в год. В одном только Алматы ежегодный его объем составляет примерно миллион тон. Сегодня в стране накопилось около 43 миллиардов тонн отходов производства и потребления. Из которых значительная часть отходов просто сбрасывается на стихийные свалки, потому как вместимость официальных полигонов недостаточна для растущих в геометрической прогрессии объемов мусора. Такими темпами нам действительно в недалеком будущем грозит безрадостная перспектива «задохнуться от собственных отходов», как прогнозировал датский физик Нильс Бор. К тому же не все полигоны имеют соответствующее изоляционное покрытие и систему сбора и переработки сточных вод, и вредные вещества проникают в почву и грунтовые воды. А ведь чаще всего такие полигоны, по сути – открытые свалки, находятся в непосредственной близости к жилым массивам крупных городов [4, 5].

В истории казахстанской мусоропереработки уже есть такой печальный факт. Алматинский мусороперерабатывающий завод, считавшийся одним из крупнейших в СНГ, просуществовал всего два года. При таких колоссальных объемах мусора у мусороперерабатывающих заводов не хватает сырья для переработки, поскольку в стране отсутствует культура отдельного сбора отходов. При этом оказалось, что без финансовых вливаний такие предприятия существовать не могут. Были предложены два выхода: возобновить дотации или повысить тарифы на вывоз и переработку бытовых отходов. Однако, ни один вариант не претворился в жизнь. А между тем проблем в этой сфере предостаточно и мусороперерабатывающих предприятий в стране катастрофически не хватает [5].

В Астане стартовал пилотный проект по отдельному сбору твердых бытовых отходов (ТБО) в жилом фонде. Столичные жители 36 домов при выносе мусора должны отдельно складировать бумагу, пластик и смешанные отходы. Более 50 контейнерных площадок уже оснастили разноцветными ящиками. В рамках проекта на территории кондоминиумов (КСК) установлены специальные экобоксы. Говорить о каких-либо результатах пока рано, но то, что от слов, наконец, перешли к реальным делам, безусловно, радует.

Многие зарубежные страны уже давно перешли на отдельный сбор мусора и его дальнейшую переработку во вторсырье. Более того, эта сфера приносит реальный доход, и немалый.

Переработка бытовых и промышленных отходов (ТБПО) одна из важнейших экологических, экономических, санитарных и социальных задач промышленно-развитых стран.

Усилия зарубежных стран направлены, прежде всего, на предупреждение отходов, а затем на их, вторичное использование и разработку эффективных методов переработки, обезвреживания и окончательного удаления, а захоронения только отходов, не загрязняющих окружающую среду [1, 2, 4, 5].

Что касается технической стороны дела, поскольку мусороперерабатывающие энергокомплексы создаются на базе газотурбинных установок, то надежность, работоспособность и экономичность этих энергокомплексов в значительной степени зависят от газотурбинного энергопреобразователя [6].

Примером может служить энерготехнологический комплекс CPU-400, разработанный по контракту с Национальным исследовательским центром США по охране окружающей среды. Комплекс предназначен для утилизации и переработки ТБО на муниципальной территории с населением 400 тыс. человек. Товарной продукцией PGU-400 являются электроэнергия и вторичное сырье. Комплекс размещается в пределах обслуживаемой территории, что облегчает доставку ТБО, а чистота выхлопа допускает его размещение в жилой зоне [4].

Технологический процесс обращения с ТБО включает три основных цикла:

- прием и первичная обработка ТБО с выделением горючей фракции и «отсеиванием» негорючих субстанций;
- полное сжигание горючей фракции с выработкой электроэнергии;
- разделение негорючей субстанции методом флотации на группы материалов, реализуемых как вторичное сырье.

Вырабатываемая энергия комплекса CPU-400 покрывает около 15 % электропотребления обслуживаемой территории, что делает его

экономически прибыльным предприятием с полной самоокупаемостью и даже приносящим прибыль порядка 20 % (без учета налогообложения). При этом комплекс автоматизирован и может обслуживаться одним оператором.

Опыт создания и эксплуатации CPU-400 продемонстрировал эффективность использования газотурбинных установок при утилизации ТБО. Поэтому, к началу XXI столетия в Европе эксплуатировалось более 15 различных типов газогенераторов коммерческого уровня, работающих на паротурбинную установку. Большинство из них используется в сфере утилизации ТБО.

В России также проводятся аналогичные разработки так, например, разработка газотурбинного комплекса утилизации ТБО (совместная работа Института проблем химической физики Российской академии наук (ИПХФ), г. Черноголовка, ФГУП ММП «Салют» и МГТУ им. Н. Э. Баумана) базировалась на использовании газогенератора разработки ИПХФ, позволяющего газифицировать любое твердое горючее, в том числе высокочугунное и высокоуглеродистое. Это газогенератор шахтного типа противоточной схемы с газификацией в плотном слое при атмосферном давлении с паровоздушным дутьем и твердым золоудалением [6].

Таким образом, сравнивать мусоросжигание теперь стало необходимым не только с другими методами переработки отходов, но и с точки зрения энергетической: сравнительными ценами на топливо, целесообразности сохранения мировой сырьевой базы угля, нефти, природного газа, для использования их в перерабатывающих отраслях промышленности, экологической безопасности выработки тепла и электроэнергии при использовании различных видов минерального топлива и ТБО.

Если предприятие, специализируется на отпуске электроэнергии внешнему потребителю (или на комбинированном отпуске тепловой и электрической энергии), его можно считать ТЭС на ТБО. Вырабатывать электроэнергию за счет термической утилизации ТБО становится экономически целесообразным, если доходы от продажи электроэнергии покрывают расходы, связанные с дополнительными капитальными и эксплуатационными затратами на приобретение, установку и обслуживание основного и вспомогательного электрогенерирующего оборудования.

ВЫВОДЫ

Сравнивать мусоросжигание в настоящее время стало необходимым не только с другими методами переработки отходов, но и с точки зрения энергетической: сравнительными ценами на топливо, целесообразности сохранения мировой сырьевой базы угля, нефти, природного газа, для использования их в перерабатывающих отраслях промышленности,

экологической безопасности выработки тепла и электроэнергии при использовании различных видов минерального топлива и ТБО.

Если предприятие, специализируется на отпуске электроэнергии внешнему потребителю (или на комбинированном отпуске тепловой и электрической энергии), его можно считать ТЭС на ТБО. Вырабатывать электроэнергию за счет термической утилизации ТБО становится экономически целесообразным, если доходы от продажи электроэнергии покрывают расходы, связанные с дополнительными капитальными и эксплуатационными затратами на приобретение, установку и обслуживание основного и вспомогательного электрогенерирующего оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Сайт Королевского технологического института [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kth.se>. (Дата обращения 18.04.2013).

2 **Гасанов, Х. М., Цыба, Ю. А., Кузьмин, Ю. В.** Анализ методов и средств переработки твердых бытовых и промышленных отходов (статья) Международный научный журнал-приложение РК «ПОИСК». – 2018. – №1(1). – С. 323–326.

3 **Роза, А. Д.** Возобновляемые источники энергии. Физикотехнические основы. – М. : Интеллект, 2010. – 702 с.

4 **Цыба, Ю. А., Алмуратова, Н. К., Кузьмин, Ю. В.** Проблемы современных интеграционных процессов и пути их решения : Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, 13.04.2019. – г. Пермь. – С. 64–68.

5 **Гасанов, Х. М., Цыба, Ю. А., Кузьмин, Ю. В.** Мероприятия по переработке бытовых и промышленных отходов: статья // Международный научный журнал-приложение РК «ПОИСК». – 2018. – № 1. – С. 259–262.

6 **Иванов, В. Л.** Газотурбинный энергопреобразователь для установки утилизации твердых бытовых отходов методом газификации // Вестник Моск. гос. техн. ун-та им. Н. Э. Баумана. – 2012 (Спецвып.). – № 7. – С. 134–144.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Ю. А. Цыба¹, Н. К. Алмуратова², Ю. А. Кузьмин³

Қатты тұрмыс қалдықтарын жағудан электр энергиясын алудың энергетикалық тиімділік сұрақтары

^{1,2,3}КЕАҚ АЭЖБУ,

Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

Ү. А. Тзыба¹, Н. К. Almuratova², Ү. А. Kuzmin³

To the question of energy efficiency from burning of solid domestic waste with electricity production

^{1,2,3}NJSO AUPET,
Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 29.11.19.

Шет елдік тәжірибелерге қарағанда, 500 т/тәулік мөлшеріндегі қатты тұрмыс қалдықтарын жағудан генерациялаудан бу турбинасынан алынатын жылу және электрлік энергияның мөлшері қарастырылған.

Қазақстан Республикасының қоқыс қалдықтарын өңдеу шаруашылықтарының күйі мен мәселелері қарастырылған.

Based on foreign experience in the processing of municipal solid waste, a calculation is made of the possible amount of thermal and electric energy obtained by generation in steam turbines during the combustion of solid waste in the amount of 500 tons / day and its efficiency is determined without taking into account capital and operating costs. The problems and ways of their solution according to the state of waste processing enterprises in the Republic of Kazakhstan are considered.

ГРНТИ 44.29.01

**Б. К. Шапкенов¹, М. Б. Кайдар², А. Б. Кайдар³,
К. М. Дюсенов⁴, В. П. Марковский⁵, А. К. Ашимова⁶,
А. К. Жумадилова⁷, А. У. Габдулов⁸, В. Ф. Говорун⁹**

¹к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²менеджер, ЗАО «КазТрансГаз», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³м.т. и т., проектный менеджер, АО «Alageum Electric», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁵к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁶магистр, ст. преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁷к.т.н., ассоц. профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁸магистр, ст. преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁹д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²m.kaidar@amangeldygas.kz; ³argin_intel@mail.ru;

⁴kdyussenov@yandex.ru; ⁵wadim54@mail.ru; ⁹vladimir.govorun@gmail.com

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАРБОНОВЫХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ

В статье дается понятие, что такое карбоновые обогреватели, принцип действия и характеристики. Приведены различные типы исполнения карбоновых обогревателей.

Приведены расчеты карбонового обогревателя исходя из данных площади обогреваемого помещения, инфракрасного обогревателя, используемого в качестве дополнительного источника тепла.

Приведена методика расчета мощности обогрева по мощности теплопотерь и характеристик помещения.

Даны рекомендации по способу обогрева, достоинства и недостатки обогрева карбоновыми обогревателями.

Ключевые слова: Инфракрасные карбоновые обогреватели, карбоновое волокно, инфракрасное излучение.

ВВЕДЕНИЕ

Карбоновый обогреватель во многом схож с привычными инфракрасными (ИК) обогревателями, но вместо вольфрамовой спирали, в качестве нагревательного элемента используется карбоновое волокно в виде витых лент и шнуров, помещенное в кварцевую трубку, из которой вытеснен воздух (рис. 1). Проходящий через это волокно электрический ток нагревает карбоновую (углеродную) нить накаливания, от чего происходит инфракрасное излучение. ИК лучи, доходя до поверхностей и предметов, прогревают их на глубину около 2 см, после чего уже предметы отдают тепло в окружающее пространство.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Неоспоримым преимуществом перед тепловентиляторами и масляными обогревателями является то, что при малом потреблении электроэнергии эти устройства обладают высокой теплопроизводительностью. Так, если масляного обогревателя мощностью 1 кВт хватит на прогрев 10 м² площади, то карбоновый, имеющий ту же мощность, обеспечит теплом 30 м², и будет далее поддерживать необходимую температуру.



Рисунок 1 – Напольные карбоновые обогреватели [1]

Благодаря свойствам карбонового волокна, обогреватели такого типа выгодно отличаются от традиционных устройств. Их энергопотребление в 2–2,5 раза ниже при том же КПД [1], имеют компактные размеры, температура нагревательного элемента не может превышать 90 °С. Следовательно, отсутствует негативное влияние на экологию и микроклимат помещения: обогреватель не сушит воздух и не сжигает кислород. Эксплуатационные характеристики, которые присущи обогревателям такого типа, довольно привлекательны для потребителя. К ним можно отнести: экономное

энергопотребление; практически неограниченный срок эксплуатации нагревательного элемента, который защищен от проникновения влаги и пыли; компактные размеры и вес в пределах 4-х килограмм; мобильность; довольно мощный тепловой поток; мгновенный целенаправленный (рисунок 2) нагрев и очень быстрое охлаждение при отключении; возможность применения на открытом воздухе (балкон, теплица), пожаробезопасность.



Рисунок 2 – Настенные карбоновые обогреватели [1], инфракрасные обогреватели в виде печей и тепловых пушек, пленочный ИК-обогреватель

Особенностью данных приборов является способность благотворно воздействовать на организм человека. Инфракрасные лучи, исходящие от обогревателя, могут проникать вглубь тела, что существенно улучшает циркуляцию крови, служит профилактикой простудных заболеваний, воспалительных процессов в суставах и мышцах [1].

Карбоновое волокно имеет большую теплопроводность по сравнению с металлами, которые применяют в других типах обогревателей в качестве нагревательных элементов. Следовательно, обладает большей теплоотдачей. Карбоновые обогреватели, имеющие вертикальную конструкцию (рисунок 1), способны вращаться на 180 градусов, что позволяет инфракрасным лучам охватывать значительную площадь помещения. Такие устройства мобильны, моментально нагреваются и также быстро охлаждаются при отключении. Для обеспечения безопасности предусмотрено автоматическое отключение при нахождении в неправильном для работы положении, перегреве или падении. Нагревательный элемент расположен в середине прибора и защищен металлической решеткой, поэтому риск получить ожог практически равен нулю.

Расчет инфракрасного обогревателя по площади

Инфракрасные обогреватели пока не используются в каждой квартире или офисе, но их популярность растет, благодаря экономичности и расширенным возможностям. Другие нагреватели не согреют вас на веранде или в беседке, где все тепло уносится воздухом. А инфракрасные обогреватели передают тепловую энергию с поверхности излучателя непосредственно на обогреваемые предметы, не нагревая при этом воздух.

ИК – обогреватель способен равномерно нагреть воздух в помещении даже при наличии сквозняков.

Основной характеристикой при расчете является плотность мощности, измеряемая в Вт/м². Она определяется как отношение суммы мощностей установленных обогревателей к площади пола. Расчет мощности обогревателя производят с учетом типа помещения: закрытое или открытое, с хорошей или слабой теплоизоляцией. Также она зависит от предполагаемой температуры, которая должны поддерживать обогревательные приборы.

Для тех, кто пользуется наиболее упрощенными расчетами, специалисты рекомендуют 1 кВт мощности на 10 м².

Этого будет достаточно для обогрева помещения высотой 3 м с хорошей термоизоляцией.

Расчет инфракрасного обогревателя, используемого в качестве дополнительного источника тепла

В этом случае работа устройства должна будет покрывать разницу температур окружающей среды и желаемой. Для этой цели подойдут приборы малой мощности (300 Вт), которые идеально справятся с такой задачей. Лучше использовать переносные напольные нагреватели. При их использовании применима стратегия: если установить прибор дальше от зоны обогрева, температура понизится, а если ближе – повысится. Это связано с тем, что при отдалении увеличивается площадь распространения лучей. Такие манипуляции позволят получить максимально комфортные условия при изменении тепловой среды. Среднее значение мощности для дополнительного обогрева составляет около 0,5 кВт на 10 м² площади пола.

Необходимое количество инфракрасных обогревателей для основных типов помещений.

Такой метод может быть использован для производственных и складских построек, офисов, магазинов, кафе, гаражей, то есть мест, не предназначенных для постоянного пребывания людей.

При верном подборе мощности заданная температура в здании установится через 10 минут после включения установки, что очень важно для комфорта работников во время производственного процесса. Но и это еще не

все. Нет необходимости нагревать всю площадь, если используется только часть ее. Инфракрасные обогреватели могут согревать только площадь рабочего места и только в рабочее время.

Для расчета частичного обогрева промышленных или жилых помещений следует воспользоваться таблицей 1 [2]:

Таблица 1 – К расчету частичного обогрева промышленных или жилых помещений

Процент обогреваемой площади от общей площади	Плотность мощности, Вт/м ²	
	Закрытое утепленное помещение	Закрытое неутепленное помещение
10 %	270	300
30 %	200	240
70 %	150	190
100 %	120	150

Данные приведены для нагрева воздуха от 0°С до +18°С.

Как видно из таблицы, при таком обогреве необходима большая мощность, чем усредненная (1 кВт на 10 м²). В данном случае экономия происходит за счет уменьшения времени работы и нагреваемой площади, а регулятор температуры не допустит перерасхода энергоресурсов.

При выборе инфракрасных обогревателей для постоянного отопления всего помещения следует определить температуру, которую они будут поддерживать. Также нужно учесть, что температура покажется более высокой, чем на самом деле. Это происходит потому, что инфракрасные лучи нагревают все предметы, на которые падают, в том числе и тело человека. Обогрев лучше производить с двух сторон, то есть вместо одного сильного лучше приобрести два более слабых обогревателя.

Зависимость мощности от типа помещения и желаемой температуры приведена в таблице 2:

Таблица 2 – Зависимость мощности от типа помещения и желаемой температуры [2]

Тип теплоизоляции помещения	Плотность мощности, Вт/м ²		
	+13°С	+16°С	+19°С
Хорошо утепленное	60	80	100
Слабо утепленное	90	120	150
Неутепленное	200	230	260

Расчет мощности производится таким образом, чтобы покрывать теплотери [2, 3]. Точный расчет тепловой нагрузки сильно зависит от совокупности индивидуальных особенностей помещения, так как нужно компенсировать потери тепла. В частности учитываются:

- тип строения;
- материал стен;
- количество, размеры окон и дверей;
- режим работы (время отопления) в здании;
- воздухообмен и т.д.

Если известна величина теплотерия постройки, можно воспользоваться формулой для точного расчета:

$$N_b = (0,8) \cdot Q_t,$$

где N_b – искомая теплопроизводительность обогревателей (кВт),

Q_t – теплотери (кВт),

0,8 – коэффициент запаса на случай незапланированных теплотерий.

После расчета плотности мощности полученное значение умножается на площадь пола и дает общее значение. Соответственно общему значению проводят расчет мощности отдельных инфракрасных обогревателей (путем подбора наиболее подходящих) и их количества. Обогрев лучше производить с двух сторон, то есть вместо одного более сильного лучше приобрести несколько обогревателей меньшей мощности.

Основной характеристикой при расчете является плотность мощности, измеряемая в Вт/м². Она определяется как отношение суммы мощностей установленных обогревателей к площади пола. Расчет мощности обогревателя производят с учетом типа помещения: закрытое или открытое, с хорошей или слабой теплоизоляцией. Также она зависит от предполагаемой температуры, которая должны поддерживать обогревательные приборы.

Для тех, кто пользуется наиболее упрощенными расчетами, специалисты рекомендуют 1 кВт мощности на 10 м².

Этого будет достаточно для обогрева помещения высотой 3 м с хорошей теплоизоляцией [4, 5].

Как рассчитать необходимую мощность инфракрасного обогревателя?

Для этого нам понадобятся некоторые данные. В частности, объем помещения, где будет он установлен. В вашем случае, если принять высоту потолков в кухне за 2,5 м, то её объем равен $V = 12 \times 2,5 = 30$ кв. м.

Следует прикинуть и разницу температур в холодном и нагретом помещении. Предположим, что температура в кухне в зимнее время приблизительно равна 10°, а повысить её желательно до 25°. Тогда раз-ница температур, обозначим её как ΔT , будет равна $25 - 10 = 15$.

Понадобится также коэффициент теплотерия – К. Его значения выбираем из таблицы, рассчитанной строителями:

- теплоизоляция как таковая отсутствует – $K = 3,0-4,0$;
- теплоизоляция минимальная (кладка в один кирпич) – $K = 2,0-2,9$;
- теплоизоляция средняя (двойная кирпичная стена) – $K = 1,0-1,9$;
- хорошая теплоизоляция – $K = 0,6-0,9$.

Примем коэффициент теплотерия стен за 1,5.

Формула расчета мощности инфракрасного обогревателя будет выглядеть следующим образом:

$$Q = (V \cdot \Delta T \cdot K) : 860.$$

В нашем случае: $Q = (30 \cdot 15 \cdot 1,5) : 860 = 0,78$.

Таким образом, для обогрева кухни в загородном доме понадобится инфракрасный обогреватель мощностью 0,8 кВт.

ВЫВОДЫ

Наиболее современным, экономичным и безопасным является, пожалуй, инфракрасное отопление. ИК-обогреватели идеально подойдут для комнат с высокими потолками, а также для помещений с большой площадью остекления (например, лоджии, зимние сады, оранжереи, теплицы) и помещений с плохой теплоизоляцией.

КПД более 90 %, это обусловлено высоким коэффициентом теплоотдачи и экономичностью: карбон не тратит энергию на испускание света (в отличие от металла).

Углекислое волокно не теряет свойств при длительной работе, молекулы не испаряются, как у нихрома.

Диапазон излучения длинноволновый, отсутствие коротких волн делает обогреватель безопасным для живых организмов.

Изделие безопасно для детей и не создает угрозу пожара, обогреватели бесшумны.

В помещении не выгорает кислород и не сушится воздух.

таким обогревателем легко управлять, поэтому электроприборы могут быть легко автоматизированы,

Углекислое волокно имеет малый вес, поэтому карбоновые нагреватели относятся к разряду мобильных приборов.

Относительно невысокая цена.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 МЭК 60 364-4-41. Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.

ГОСТ 30331.3-95/ГОСТ Р 50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92. [Электронный ресурс]. – <https://online.zakon.kz> › Document.

2 **Шапкенов, Б. К.** Охрана труда и техника безопасности/для энергетиков : Учебник. – Павлодар : ЭКО, 2010. – 514 с. – ISBN 978-601-284-002-5.

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.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Б. К. Шапкенов¹, М. Б. Кайдар², А. Б. Кайдар³, К. М. Дюсенов⁴, В. П. Марковский⁵, А. К. Ашимова⁶, А. К. Жумадилова⁷, А. У. Габдулов⁸, В. Ф. Говорун⁹

Карбонды жылытқыштардың тиімділігі

^{1,5,6,7,8,9}S. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» ЖАҚ,

Нұр-сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³«Alageum Electric» АҚ,

Нұр-сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁴Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Нұр-сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

Б. К. Shapkenov¹, М. В. Kaydar², А. В. Kaydar³, К. М. Dyusenov⁴, V. P. Markovsky⁵, А. К. Ashimova⁶, А. К. Zhumadirova⁷, А. U. Gabdulov⁸, V. F. Govorun⁹

Efficiency of carbon heaters

^{1,5,6,7,8,9}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

²CJSC «KazTransGas»,

Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

³JSC «Alageum Electric»,

Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁴L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Мақалада карбонды жылытқыштар дегеніміз не, жұмыс істеу принципі және сипаттамалары берілген. Карбон жылытқыштардың әртүрлі түрлері бар. Жылудың қосымша көзі ретінде пайдаланылатын инфрақызыл жылытқыштың, жылытылатын үй-жайдың осы алаңынан карбонды жылытқыштың есептеулері келтірілген. Жылу шығынының қуаты және үй-жайдың сипаттамасы бойынша жылыту қуатын есептеу әдістемесі келтірілген. Карбонды жылытқыштармен жылыту тәсілі, артықшылықтары мен кемшіліктері бойынша ұсыныстар берілді.

The article gives the concept of what carbon heaters are, the principle of operation and characteristics. Various types of performance of carbon heaters are given. The calculations of the carbon heater based on the data of the heated room area, infrared heater used as an additional source of heat. The method of calculation of heating power by power of heat loss and characteristics of the room is given. Recommendations on the method of heating, advantages and disadvantages of heating with carbon heaters are given.

**Б. К. Шапкенов¹, М. Б. Кайдар², А. Б. Кайдар³,
А. П. Кислов⁴, В. П. Марковский⁵, Х. А. Алимов⁶,
Б. А. Юлдашев⁷, В. Ф. Говорун⁸**

¹к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²менеджер, ЗАО «КазТрансГаз», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³м.т. и т., проектный менеджер, АО «Alageum Electric», г. Нур-Султан, 010000, 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;

⁶магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁷магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁸д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²m.kaidar@amangeldygas.kz; ³argin_intel@mail.ru;

⁵wadim54@mail.ru; ⁸vladimir.govorun@gmail.com

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОМЕХ ОФИСНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕТЕЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ В СИСТЕМЕ ТТ, TN, TN-C, TN-S, TN-C-S

Учитывая, что спектр способов заземления в Казахстане в последние 10–15 лет существенно расширился в статье рассмотрены особенности защиты сетей выполненных в системе ТТ и TN. Изменения коснулись и СНИПов, и ПУЭ, но в учебной литературе не в достаточной степени уделяется этому вопросу внимание.

В статье рассмотрены достоинства и недостатки применения систем заземления ТТ и TN. Описаны особенности работы устройств защитного отключения (УЗО), критерии выбора уставок, способы контроля полного сопротивления «фаза – нуль».

Приведены максимально допустимые значения сопротивления RA в сети ТТ при различных значениях номинального отключающего дифференциального тока УЗО.

Ключевые слова: защиты сетей, система ТТ, система TN, устройства защитного отключения.

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании, монтаже и эксплуатации электроустановок, промышленного и бытового электрооборудования, а также электрических сетей освещения, одним из основополагающих факторов обеспечения их функциональности и электробезопасности является точно спроектированное и правильно выполненное заземление.

Основным документом, регламентирующим использование различных систем заземления в РК, является ПУЭ пункт 1.7, разработанный в соответствии с принципами, классификацией и способами устройства заземляющих систем, утвержденных специальным протоколом Международной электротехнической комиссии (МЭК). Сокращенные названия систем заземления принято обозначать сочетанием первых букв французских слов: «Terre» – земля, «Neuter» – нейтраль, «Isole» – изолировать, а также английских: «combined» и «separated» – комбинированный и раздельный.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Сети системы ТТ напряжением до 1 кВ (рисунок 1) в отечественных электроустановках используются наряду с TN. Поэтому при выполнении проектирования и при монтаже таких сетей технические работники испытывают определенные затруднения, особенно при наладке систем релейной защиты. Обычно такие ситуации происходят при адаптации иностранных технологий, например в нефтегазовой отрасли, на месторождениях Казахстана Тенгиз, Карачаганак.

В соответствии с действующими «Правилами устройства электроустановок», применение в электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью заземления корпусов электроприемников без их зануления не допускается.

В сетях системы ТТ все открытые проводящие части, защищенные одним защитным устройством, присоединяются защитным проводником к одному заземляющему устройству. Земля при этом служит в качестве обратного проводника для тока повреждения. Нейтральная точка или, если таковой не существует, фаза питающего генератора или трансформатора должны быть заземлены.

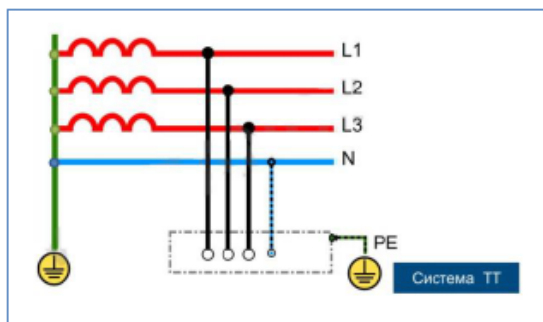


Рисунок 1 – Система заземления ТТ [1]

Существенную роль в обеспечении защиты играет суммарное сопротивление заземлителя и заземляющего проводника R_A , значение которого должно подчиняться следующему условию:

$$R_A \leq U_L / I_a \tag{1}$$

где: I_a – величина тока отключения защитного устройства от сверхтока (предохранителя или автоматического выключателя).

Под величиной I_a в данном случае подразумевается значение тока, обеспечивающее срабатывание защитного устройства с обратно зависимой токо-временной характеристикой за время, не превышающее 5 с. Если защитное устройство является токовой отсечкой, то I_a – уставка по току отсечки.

В случае использования устройства защитного отключения (УЗО), заменив параметр I_a в формуле [1] на $I_{\Delta n}$ (номинальный отключающий дифференциальный ток УЗО), получаем следующее условие:

$$R_A \leq U_L / I_{\Delta n} \tag{2}$$

Использование УЗО позволяет увеличить максимальные значения сопротивления R_A (таблице 1) на несколько порядков по сравнению с его допустимыми значениями при применении защиты от сверхтоков.

Таблица 1 – Максимально допустимые значения сопротивления R_A в сети ТТ при различных значениях номинального отключающего дифференциального тока УЗО

Номинальный отключающий дифференциальный ток УЗО $I_{\Delta n}$ [А]	0,01	0,03	0,1	0,3	0,5
Максимальное значение сопротивления R_A [Ом] при $U_L = 50$ В	5 000	1 666	500	166	100
при $U_L = 25$ В	2 500	833	250	83	50

Сети системы TN (рисунок 2) являются самыми распространенными сетями в РК, большинстве стран СНГ и Европы.

В сетях системы TN все открытые проводящие части электроустановок должны быть присоединены к заземленной нейтральной точке источника питания посредством защитных проводников. Если нейтральной точки нет, или она недоступна, должен быть заземлен фазный проводник.

Под величиной I_a в данном случае подразумевается значение тока, обеспечивающее срабатывание защитного устройства с обратно зависимой токо-временной характеристикой за время, не превышающее 5 с.

Если защитное устройство является токовой отсечкой, то I_a – уставка по току отсечки.

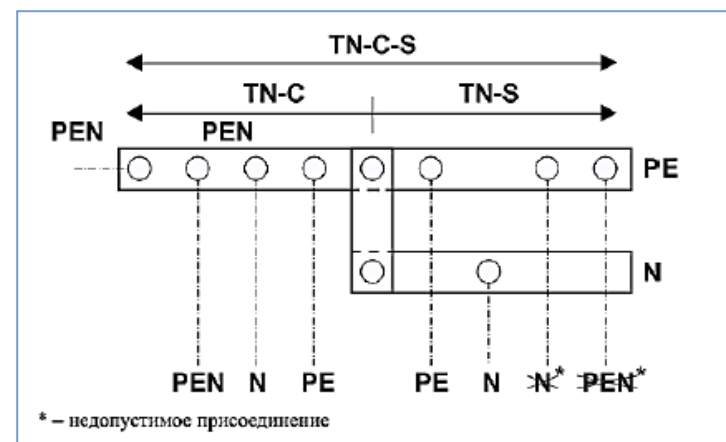


Рисунок 2 – Сети системы TN

Основное условие электробезопасности в сети системы TN состоит в том, чтобы значение тока при коротком замыкании между фазным

проводником и открытой проводящей частью превышало величину тока срабатывания защитного устройства I_a за нормированное время.

Значения допустимого времени отключения в зависимости от фазного напряжения сети приведены в таблице стандарта МЭК 60 364-4-41. При выполнении определенных условий, также данных в этом стандарте, время отключения для цепей со стационарным оборудованием может превышать указанное в таблице, но не должно быть более 5 с.

Кроме рассмотренного условия, для того чтобы в случае замыкания фазного проводника на землю потенциал защитного проводника и связанных с ним открытых проводящих частей не превышал значения U_L , должно выполняться следующее соотношение:

$$R_B / R_E \leq U_L / (U_0 - U_L), \quad (3)$$

где: R_B – суммарное сопротивление всех заземлителей, соединенных параллельно;

R_E – минимальное значение сопротивления заземлителя сторонних проводящих частей, не присоединенных к защитному проводнику и оказавшихся в цепи замыкания на землю.

Это условие может быть записано в виде:

$$Z_s \leq U_0 / I_a, \quad (4)$$

где: Z_s – полное сопротивление цепи «фаза–нуль»;

U_0 – номинальное напряжение между фазой и землей.

В случае использования в качестве защитного устройства УЗО величину I_a следует заменить на значение номинального отключающего дифференциального тока устройства $I_{\Delta n}$. При $U_0 = 230$ В и $I_{\Delta n} = 300$ мА максимально допустимое значение Z_s составляет 766 Ом. Из приведенного примера ясно, что в случае использования УЗО задача обеспечения достаточно низкого значения сопротивления цепи «фаза–нуль», которую надорешать при использовании защиты от сверхтока, должна быть заменена на проверку нормального функционирования УЗО и защитного проводника. Контроль полного сопротивления цепи «фаза–нуль» следует производить только на входных зажимах УЗО.

Необходимым условием нормальной работы сети системы TN является выполнение требования к максимальным значениям сопротивлений заземляющих устройств, к которым присоединяются нейтрали источников питания.

До сих пор самой используемой разновидностью сети системы TN является сеть системы TN-C. В качестве защитного проводника при этом

используется проводник PEN, который одновременно выполняет функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. Эти сети будут часто применяться и в будущем, особенно в стационарных электроустановках при использовании проводников больших сечений.

Более современной и в большинстве случаев более безопасной является сеть системы TN-S, где используется самостоятельный нулевой защитный проводник PE и нулевой рабочий проводник N, которые прокладываются отдельно, начиная от вывода источника питания. Такие сети чаще всего применяются в зданиях с собственными трансформаторами.

Разделение проводника PEN в сети системы TN на отдельные проводники PE и N обязательно при его сечении менее 10 мм² по меди или 16 мм² по алюминию. Одной из отрицательных особенностей сети типа TN-C является протекание части рабочего тока в земле, что создает помехи в слаботочных сетях. По этой причине в телекоммуникационных сетях уже долгое время используется система TN-S. Вариант выполнения сети с разделением проводника PEN (рисунок 2), например, в групповом щитке, как уже было сказано, называется сетью системы TN-C-S. При этом, как и в сети системы TN-S, проводники PE и N должны прокладываться отдельно, а их соединение после точки раздела недопустимо (стандарт МЭК 60 364-4-41 [2]).

ВЫВОДЫ

Система заземления должна либо снять опасный потенциал с поверхности предмета, либо обеспечить срабатывание соответствующих защитных устройств с минимальным запаздыванием. В каждом таком случае ценой технического совершенства, или наоборот, недостаточного совершенства используемой системы заземления, может быть самое ценное – жизнь человека.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Системы заземления TN-S, TN-C, TNC-S, TT, IT/ [Электронный ресурс]. – https://zandz.com/ru/biblioteka/sistemy_zazemleniya_TNS_TNC_TNCS_TT_IT.html.

2 МЭК 60 364-4-41. Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. ГОСТ 30331.3-95/ГОСТ Р 50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92)/ [Электронный ресурс]. – <https://online.zakon.kz> > Document.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Б. К. Шапкенов¹, М. Б. Кайдар², А. Б. Кайдар³, А. П. Кислов⁴,
В. П. Марковский⁵, Х. А. Алимов⁶, Б. А. Юлдашев⁷, В. Ф. Говорун⁸

Өндірістік және кеңсе желілерінің кедергілерінен қорғау әдістері, желілердің техникалық ерекшеліктері TT, TN, TN-C, TN-S, TN-C-S жүйесінде

^{1,4,5,6,7,8}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;
²«ҚазТрансГаз» ЖАҚ,
Нұр-сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;
³«Alageum Electric» АҚ,
Нұр-сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.
Материал 29.11.19 баспаға түсті.

B. K. Shapkenov¹, M. B. Kaydar², A. B. Kaydar³, V. P. Markovsky⁴,
A. P. Kislov⁵, H. A. Alimov⁶, B. A. Yuldashev⁷, V. F. Govorun⁸

Methods of protection against interference of office and industrial networks. Technical features of networks performed in TT, TN, TN-C, TN-S, TN-C-S system

^{1,4,5,6,7,8}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;
²CJSC «KazTransGas»,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;
³JSC «Alageum Electric»,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 29.11.19.

Қазақстанда жерге тұйықтау тәсілдерінің спектрі соңғы 10–15 жылда айтарлықтай кеңейіп ескере отырып, мақалада орындалған желілердің қорғаныс ерекшеліктері қарастырылған. TT және TN жүйесінде. Өзгерістер ҚНЖЕ-ге де, ЭЕМ-ге де қатысты, бірақ оқу әдебиетінде бұл мәселеге жеткілікті дәрежеде көңіл бөлінбейді. Бұл мақалада TT және TN жерге тұйықтау жүйесін қолданудың артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылған. Қорғаныстық ажырату құрылғылары жұмысының ерекшеліктері, тағайыншамаларды таңдау өлшемдері, «фаза – ноль» толық кедергісін бақылау тәсілдері сипатталған. Келтіріледі себебі қолдану телекоммуникациялық желілерде жүйесінің TN-S арттыруға мүмкіндік беретін бөгетке жүйелерін, автоматика және релелік

қорғау. TT желісіндегі R_A кедергісінің максималды рұқсат етілген мәндері берілген.

Given that the range of grounding methods in Kazakhstan in the last 10–15 years has significantly expanded the article considers the peculiarities of the networks protection in TT and TN system. The changes affected both SNIPS and PUE, but the educational literature does not pay sufficient attention to this issue. The article discusses the advantages and disadvantages of the application of the grounding system TT and TN. The features of the residual current devices (RCD), criteria for selecting setpoints, methods for monitoring the impedance «phase – zero» are described. The reason for the use of TN-S system in telecommunication networks, is given which allows to increase the noise immunity of automation and relay protection systems. The maximum permissible values of the resistance R_A in the TT network at different values of the nominal breaking differential current RCD are given.

**Б. К. Шапкенов¹, М. Б. Кайдар², А. Б. Кайдар³,
В. П. Марковский⁴, А. К. Ашимова⁵, А. К. Жумадилова⁶,
А. У. Габдулов⁷, В. Ф. Говорун⁸**

¹к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²менеджер, ЗАО «КазТрансГаз», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³м.т. и т., проектный менеджер, АО «Alageum Electric», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵магистр, ст. преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁶к.т.н, асоц. профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁷магистр, ст. преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁸д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²m.kaidar@amangeldygas.kz; ³argin_intel@mail.ru;

⁴wadim54@mail.ru; ⁸vladimir.govorun@gmail.com

ОЦЕНКА ТОКОВ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ВЫБОРА УСТРОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ

В данной статье для оценки токов протекающих через тело человека при прикосновении последнего к токоведущим элементам рассмотрена эквивалентная схема замещения тела человека, возможные пути протекания тока и сопротивления цепи протекания тока.

Приведены диапазоны токов по степени опасности их воздействия на организм человека, зависимости полного сопротивления тела человека от напряжения прикосновения и граничные кривые переменного тока согласно стандартам Международной электротехнической комиссии.

В статье приводятся данные по физиологическому воздействию электрического тока на человека в зависимости от интервала значений тока и времени его протекания по телу.

Приведенная информация предназначена для механизмов протекания тока под воздействием напряжения прикосновения и правильного выбора устройств защитного отключения.

Ключевые слова: устройства защитного отключения, диапазон токов, сопротивление тела человека.

ВВЕДЕНИЕ

В случае прикосновения человека к части электрооборудования, находящегося под напряжением, по телу человека протекает электрический ток. Проблемы воздействия электрического тока на человека и домашних животных отражены в документе «Сообщение МЭК 479» (Report IEC 479). На основании его выводов разработаны требования международного стандарта безопасности МЭК 60 364-4-41 [1].

Реакция организма на воздействие электрического тока и возможные последствия этого воздействия зависят от очень многих факторов, основными из которых являются: параметры электрической сети, условия окружающей среды (климатические и погодные), длительность воздействия тока, переходное сопротивление между телом человека и землей (обувь, пол), характеристика помещения и сопротивление тела человека.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На рисунке 1 представлена электрическая схема замещения человеческого тела, где Z_T – полное сопротивление части тела человека, а в таблице 1 – значения полного сопротивления тела при различных путях протекания тока, используемые для определения величины тока, протекающего через тело человека при его прикосновении к части оборудования, находящейся под напряжением.

В действительности сопротивление тела человека зависит не только от пути протекания тока, но и от его индивидуальных характеристик (пола, веса, переходного сопротивления кожи, состояния здоровья), размера поверхности прикосновения (плотный обхват или кратковременное прикосновение), величины напряжения прикосновения и т.д.

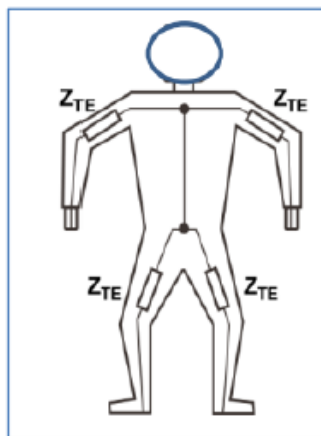


Рисунок 1 – Электри-ческая схема замеще-ния тела человека

Таблица 1 – Полное сопротивление тела чело-века, Z_T

Путь протекания тока	Полное сопротивле-ние тела, Ом
рука – рука или нога – нога	1000
рука – ноги	750
руки – ноги	500
рука – грудь	450
руки – грудь	230
рука – боковая часть туловища	550
руки – боковая часть туловища	300

На рис. 2 приведены кривые зависимости величины полного сопротивления тела человека Z_T от напряжения прикосновения U_T (путь: рука – рука или нога – нога), полученные экспериментально. Как видно из рис. 2, при напряжении прикосновения 230 В следует ожидать, что значение полного сопротивления тела у 5 % людей не более 1000 Ом, у 50 % – не более 1400 Ом и у 95 % – не более 2200 Ом.

Диапазон токов по степени опасности их воздействия на организм человека может быть разделен на следующие интервалы:

I – токи величиной от 10 до 30 мА не приводят к смертельному исходу, но при продолжительном воздействии вызывают судороги, нарушение нормальной работы органов дыхания и т.п.;

II – токи величиной более 30 мА могут явиться причиной смерти [3, 4], если не произойдет быстрое отключение источника питания. Воздействие токов, величины которых приближаются к значению 500 мА, может привести

к смертельному исходу, если он и протекают по телу в течение времени около 0,5 с и более;

III – токи величиной свыше 500 мА являются смертельно опасными и при очень малом времени их протекания. Во всех случаях необходимо не допускать протекания таких токов по телу человека. На рис. 3 представлены граничные кривые переменного тока промышленной частоты (Сообщение МЭК 479, глава 2, 3-е издание 1994 года) [2], характеризующие воздействие электрического тока на человека в зависимости от продолжительности времени его протекания. Пояснения к рис. 5 приведены в табл. 2.

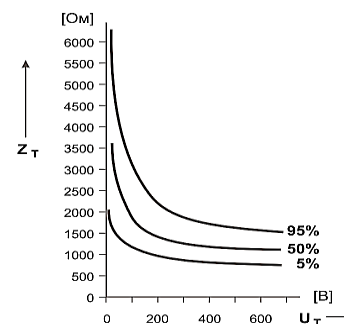


Рисунок 3 – Зависимость полного сопротивления тела человека от напряжения прикосновения

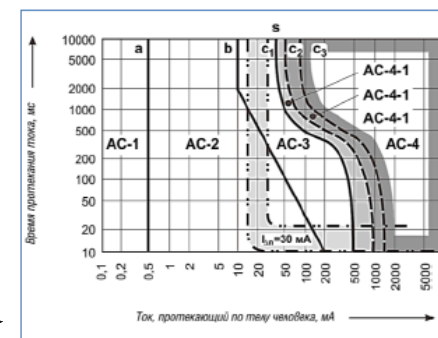


Рисунок 3 – Граничные кривые пере-менного тока

ВЫВОДЫ

Главным фактором, обуславливающим отсутствие смертельного исхода при поражении человека электрическим током, является малое время протекания электрического тока. В специальной литературе приводится значение предельно допустимого произведения тока, протекающего по телу человека, и времени его протекания, равного 70 мА·с. При значениях сопротивления тела человека 2000 Ом и напряжения прикосновения 230 В величина тока, протекающего по телу, составит $230/2000 = 0,115$ А.

Таблица 2 – Физиологическое воздействие электрического тока на человека в зависимости от интервала значений тока и времени его протекания по телу (см. рис. 5)

Обозначение интервала (АС-переменный ток)	Предельные значения тока в интервале	Физиологическое воздействие
1	2	3
АС-1	до 0,5 мА (прямая <i>a</i>)	Обычно без ощутимого воздействия
АС-2	от 0,5 мА до ломаной линии <i>b</i>	Обычно без вредного физиологического воздействия
Обычно без органического повреждения. Возможна су дорога мышц и проблемы с дыханием, если ток протекает дольше 2 с. Нарушение сердечной деятельности без фибрилляции сердечной мышцы наблюдается только при более продолжительном времени протекания и при более высоких значениях тока	АС-3	от ломаной линии <i>b</i> до кривой <i>c1</i>
Увеличивается вероятность возникновения таких опасных патологических явлений, как остановка дыхания и тяжелые ожоги	АС-4	выше кривой <i>c1</i>
Вероятность возникновения фибрилляции сердечной мышцы 5 %	АС-4-1	<i>c1 – c2</i>
Вероятность возникновения фибрилляции сердечной мышцы приблизительно 50 %	АС-4-2	<i>c2 – c3</i>
Вероятность возникновения фибрилляции сердечной мышцы выше 50 %	АС-4-3	выше кривой <i>c3</i>

Время протекания тока в этом случае не должно превышать значения 0,6 с. В случае использования УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током $I_{\Delta n} = 30$ мА значение времени отключения при касании человеком токоведущего проводника обычно находится в пределах от 10 до 30 мс, что гарантирует высокую степень безопасности. Использование УЗО с $I_{\Delta n} = 10$ мА в большинстве случаев не приносит заметного повышения уровня безопасности по сравнению с применением УЗО с $I_{\Delta n} = 30$ мА. В то же время при использовании УЗО с $I_{\Delta n} = 10$ мА возникает ряд проблем, связанных с ложными отключениями УЗО, из-за

имеющихся в сети небольших естественных токов утечки (например, при наличии незначительной влажности). Если в каких-либо требованиях речь идет о номинальном отключающем дифференциальном токе УЗО, равном 10 мА, то в большинстве случаев в основе этих требований лежат статьи немецких стандартов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 МЭК 60 364-4-41. Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. ГОСТ 30331.3-95/ГОСТ Р 50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92. [Электронный ресурс]. – <https://online.zakon.kz> › Document.

2 УЗО. Устройство, принцип действия, схемы включения и ... [Электронный ресурс]. – www.eti.su › articles › nizkovoltnaya-tehnika › nizkovoltnaya-tehnika_1445.

3 Шапкенов, Б. К. Охрана труда и техника безопасности/для энергетиков Учебник. Павлодар: ЭКО, 2010. – 514 с. – ISBN 978-601-284-002-5.

4 Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Смагулов, К. Т. Разработка физических моделей электрических сетей для изучения вопросов электробезопасности // Вестник ПГУ. – (1) 2011. – Серия Энергетика. – С. 93-99. – 0,35 п.л.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

Б. К. Шапкенов¹, М. Б. Кайдар², А. Б. Кайдар³, В. П. Марковский⁴, А. К. Ашимова⁵, А. К. Жумадилова⁶, А. У. Габдулов⁷, В. Ф. Говорун⁸

Қорғаныстық ажырату құрылғыларын таңдау үшін адам ағзасына қауіптілік дәрежесі бойынша токтарды бағалау

^{1,4,5,6,7,8}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» ЖАҚ,

Нұр-сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³«Alageum Electric» АҚ,

Нұр-сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

*B. K. Shapkenov¹, M. B. Kaydar², A. B. Kaydar³, V. P. Markovsky⁴,
A. K. Ashimova⁵, A. K. Zhumadirova⁶, A. U. Gabdulov⁷, V. F. Govorun⁸*

Assessment of current severity on the human body for selection of protective devices

^{1,4,5,6,7,8}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;
²CJSC «KazTransGas»,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;
³JSC «Alageum Electric»,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 29.11.19.

Бұл мақалада адамның денесі арқылы өтетін токтарды бағалау үшін, соңғысының ток өткізгіш элементтеріне жанасу кезінде адам денесін ауыстырудың эквивалентті схемасы, токтың ағу жолы және токтың ағу тізбегінің кедергісі қарастырылған. Адам ағзасына әсер ету қауіптілігінің дәрежесі бойынша ток диапазондары, адам денесінің жанасу кернеуінен толық кедергісінің тәуелділігі және Халықаралық электротехникалық комиссия стандарттарына сәйкес ауыспалы токтың шектес қисықтары келтірілген. Мақалада ток мәндерінің интервалына және оның дене бойынша ағу уақытына байланысты адамға электр тогының физиологиялық әсері бойынша деректер келтіріледі. Келтірілген ақпарат жанасу кернеуінің әсерінен токтың ағу механизмдеріне және қорғаныстық ажырату құрылғыларын дұрыс таңдауға арналған.

In this article, to assess the currents flowing through the human body when the latter touches the current-carrying elements, the equivalent circuit of the human body, the possible ways of current flow and resistance of the current flow circuit are considered. Given the current range in the severity of their impact on the human body based on the impedance of the human body from touch voltages and boundary curves AC according to the standards of the International electrotechnical commission. The article presents data on the physiological effect of electric current on a person depending on the range of current values and the time of its flow through the body. The above information is intended for the mechanisms of current flow under the influence of touch voltage and the correct choice of protective devices.

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 / КІРІСПЕ / 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 ссылаться 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 подрисовочные 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 TSEKZK 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 HSBKZZKX
Кбе 16
Код 16
КНП 861

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ:

ГРНТИ 396.314.3

А. Б. Есімова

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 ортологической 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

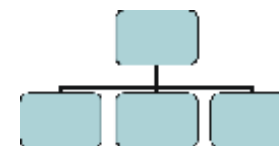
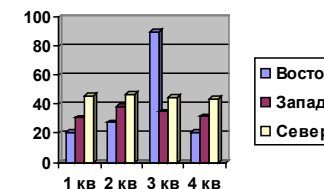


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

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.

A. B. 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 ауызыша тіл нормаларының кодификациялануымен байланысты мәселелер қарастырылады. Орфоэпиялық сөздік құрастырудың алғашқы тәжірибелері қалай болғаны талданып, дәстүрлі қолданыстағы ауызыша емлесімен, әсіресе мектеп өмірінде жазба сөзге ерекше көңіл бөлініп, ал ауызыша сөздің тілдік нормалары назардан тыс қалғаны айтылады. Сонымен қатар ауызыша 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 көрсетілді. Сөздікте ауызыша сөзбен жазба сөздің салғастыру тәсілі арқылы олардың айырмасын айқындағаны 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 deduced 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 редколлегий статья отклоняется от публикации.

Теруге 29.11.2019 ж. жіберілді. Басуға 23.12.2019 ж. қол қойылды.
Пішімі 70x100 $\frac{1}{16}$. Кітап-журнал қағазы.
Шартты баспа табағы 25,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Жумабекова
Тапсырыс № 3529

Сдано в набор 29.11.2019 г. Подписано в печать 23.12.2019 г.
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$. Бумага книжно-журнальная.
Усл. печ. л. 25,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Жумабекова
Заказ № 3529

«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