

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

№ 1 (2019)

Павлодар

МАЗМҰНЫ**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**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.тех.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*
 Борошенко 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

Азаматова Д. А., Никифоров А. С., Төлебаева Ж. А., Малгаждар С. Е. Байланысты-беттік су жылытқыштарды пайдалана отырып, су жылыту қазандықтары жұмысының тиімділігін арттыру	15
Азаматова Д. А., Никифоров А. С., Төлебаева Ж. А., Нұрғалиев Н. Е. Қайнау қабатындағы күйдіру технологиясың жетілдіру	23
Ақанова А. С., Оспанова Н. Н., Абильдинова Г. М., Есимова Д. Д. «Өткізу бюросы» автоматтандырылған жүйенің логикалық ұйымдастырылуы	29
Ахмедов К. М., Олейник А. И., Ткенов Ш. А. Жылжымалық құрылғылардың қосымшаны қосылу сағаттарының жылу тиімділігін зерттеу	35
Ахметов Б. С., Лахно В. А., Абуова А. К. Темір жол көлігіндегі төтенше жағдайларды талдауға арналған зияткерлік технологиялар	43
Ахметов Б. С., Лахно В. А., Еркелдесова Г. Т. Уақыттық шектеулер жағдайында жоғары жылдамдықты көлік қозғалысын автоматтандыру және диспетчерлеу	52
Ахметов Б. С., Лахно В. А., Оралбекова А. О. Жоғары жылдамдықты темір жол көлігі жүйелерінің жай-күйін бұзбайтын бақылау, диагностикалау және детектеу құралдары мен әдістері	61
Бейсенбі М. А., Мусабеева Ш. С., Сатпаева А. К., Кисикова Н. М., Садвакасова А. У. «Гиперболикалық омбилика» сыныбында құрылған көп өлшемді және бейсызықты жүйелерді зерттеу	72
Беркетов С. С., Азаматова Д. А., Төлебаева Ж. А., Айтмагамбетова Г. А., Антикеев Д. Г. Каталитикалық қондырғылар негізінде әр түрлі қатты отындарды жағуға арналған қазандықтардың қолдану ерекшеліктері	85
Беркетов С. С., Гафуров Р. Ш. Зерттеу нұсқаларын орнату қазандық «В-ТК-100-150 өтеу үшін кететін қуатын қайта жаңарту кезеңіне	91
Горячев Я. В., Никифоров А. С. Шығарылған газдардың жылуды қалпына келтіру қағидасы бойынша жану құрылғыларын өзірлеу	99
Гуляков В. С., Вусихис А. С., Толымбекова Л. Б., Жунусов А. К. Су-мазутты эмульсия негізіндегі композициялық отынды қолдану тиімділігі	105
Достияров А. М., Умирзаков Р. А., Абдирова М. Т., Мерғалимова А. К. Жылу генераторы жұмысының астықты кептіру режиміне және жану өнімдерінің уыттылығына әсері	113

Дюсенов К. М., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К. Сулар жоғары жиілікті қыздырудың үнемді технологиялар	128
Елубай М.А., Кожаметова М. М. ЕТВЕ-ға МТВЕ-ны қайта орнату	138
Жумагулова З. Б. Жылуэнергетикалық кәсіпорындарының жұмыстарына жең сүзгісінің пайдаланудың тиімділігін зерттеу	144
Ибраева С. С. Қазіргі заманғы оқшаулағыш материалдарды қолдану есебінен жылу желілерінің құбыржолдарындағы жылу шығындарын төмендету	154
Исупова Н. А., Төкен Ә. Ж. Көлік құралдарындағы электр жабдықтарын жетілдіру	162
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П. Микропроцессорлық басқарумен жылытудың тиімді технологиялары	168
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П. Smart Home сумен жабдықтаулар жүйелердің автоматикалары	177
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Волгин М. Е. 1000 В дейін электр дәмеленетін желілерден найзағайлардан қорғаулар сұрақтары	186
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П. Төмен вольтты желілер үшін импульсті асқын кернеулерден қорғау	195
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Алимгазин А. Ш., Кислов А. П., Марковский В. П., Шапкенов Б. К. Ақсу қаласын жарықтандыруда энергия үнемдеуші технологияларды қолдану	203
Кислов А. П., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Алимгазин А. Ш., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б. Ақсу қаласының балалар эко техноорталығы объектісін энергиямен қамтамасыз ету үшін «Жасыл жылыту» технологиясын қолдану	212
Копишев Э. Е., Сулейменов И. Э., Байпакбаева С. Т., Игликов И. В., Нуртазин А. Полиэлектролитті гидрогельдерге негізделген телемедициналық жүйелерге арналған сезімталдықпен бақыланатын датчиктер	222
Кликушин Ю. Н., Көшекөв А. К. Өлшем сәйкестендіру негізінде қолжазба таңбаларының құрылымын көрсету үшін параметрлерді таңдау	230
Кошекөв К. Т., Калантаевская Н. И., Латыпов С. И. Энергетикалық кешендегі нейрондық желілік технологиялар	237
Кошекөв К. Т., Латыпов С. И., Калантаевская Н. И. Зияткерлік сигналды өңдеу арқылы электрлік жабдықты диагностикалау алгоритмі	244

Кошекөв К. Т., Хайбуллин Р. Р., Гаврилова М. А. Қосалқы экологиялық мониторинг объектілеріне байланысты коммуникациялық қандай дамытуға арналған МИМО режиміні пайдалану	255
Көшекөва Б. В., Савостин А. А. 4G технологиясы негізінде сейсмикалық деректерді беру желісін құру мүмкіндігі туралы	268
Кучербаев М. С., Жуматаев Д. Ш. Қазандықтың жануы кезінде тұтандыру оттығы пайдалану проблемалары	275
Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б. Энергетикалық компаниялардағы тәуекелдерді өлшеудің кешенді жүйесі	282
Мендыбаев С. А., Байкенова Н. Б., Чуприна М. А., Садвокасова Г. М. Сыртқы сипаттамасы күрт құлайтын тоқ көзінің өтпелі үрдістерін зерттеу	289
Мустафин Ә. Х., Қабылқайыр Д. Н., Искакова Т. А., Гребёнкин В. В. Сорғы қондырғыларын дірілдеу жүктемелерінен қорғау әдістерін дайындау	296
Несмеянова Р. М., Дюсенбаев Д. К. Мұнай жүктеу бекеттерінде қысымды реттеу әдістері	303
Нукенов К. К. Күн энергиясын және жылу сорғымен біріктірілген жүйені орнату және модельдеу	309
Оразбеков Е. А., Смайлов Н. К., Жамангарин Д. С., Жетписбаева А. Т. GRON технологиясы негізінде Екібастұз қаласында рұқсат желісін жүргізу	322
Пшембаев М. К. Жол бетон жабындарын коррозиялық бұзылулардан қорғау үшін тиімді сіңдіру құрамын таңдау мәселесіне	332
Рахимова Д. Ж., Никифоров А. С. Мәселелері кәдеге жарату ірі габаритті резина техникалық бұйымдар	347
Риттер Е. С., Савостин А. А., Риттер Д. В. Аса жоғары жиілікті энергияны сәулелендіру нысаналарына тарату жүйесі	355
Сабденов К. О., Касимова С. А. «Жану беті» және «Жалынның қалыпты жылдамдығы» түсінігі негізінде газдардың жану теориясының аксиоматикалық тәсілі. 1 Бөлім. Турбуленттік жалынның негізгі теңдеуі	361
Сабитова М. К., Кинжибекова А. К. Павлодар қаласының «Достық» шағын аудан маңындағы елді мекендерді жылытуға арналған электр қазандықтарын пайдалану	372
Сақанов Қ. Т., Жұмаш А., Горшкова Л. В., Құрманов А. Қ. Сарыарқа мөлтек ауданында салынып жатқан ғимараттардың құрылымдық шешімдерін оңтайландыру, Павлодар қ.	378

Сақанов Қ. Т., Альтаев Ж. Х., Шинимиров М. А., Құрманов А. Қ.
Іргетас табаны пішінінің негіздігі деформациялауына әсері385

Сақанов К. Т., Жәкеш Б. М., Рылеев Г. А., Асыллов А. Б., Оразова Д. К.
Жол құрылысында тозған шинаны қайта өңдеуден алынған өнімдерді қолдану397

Сақанов К. Т., Петлина Е. В., Шинтемиров М. А., Жукенова Г. А.
Күшейту технологияларын пайдаланып ғимараттарды жаңғырту406

Смайлов Н. К., Батыргалиев А. Б.
Электромагниттік кеңістіктік шу генераторларын қолдану бойынша талаптар415

Талипов О. М., Бергузинов А. Н., Базарбаев И. С.
Электр сүзгілердің жұмысына әсер ететін негізгі артықшылықтары мен факторлары422

Тохметов А. Т., Тусупов А. Ж., Танченко Л. А.
GPON технологиясының көмегімен инфокоммуникациялық жүйелерді масштабтау429

Ускенбаева Р. Қ., Алтаева А. Б.
Тұрғын үй ғимараттарындағы электр қуатын және жайлылықты мульти-аймақтық бақылаудың математикалық моделі438

Досжанова А. А., Корченко А. А., Жумангалиева Н. К.
Басып кіруді анықтау жүйелері үшін лингвистикалық эталондарды қалыптастыру әдісі447

Авторларға арналған ережелер458

СОДЕРЖАНИЕ

Азаматова Д. А., Никифоров А. С., Тулебаева Ж. А., Малгаждар С. Е.
Повышение эффективности работы водогрейных котлов с использованием контактно-поверхностных водонагревателей15

Азаматова Д. А., Никифоров А. С., Тулебаева Ж. А., Нурғалиев Н. Е.
Совершенствование технологии обжига в кипящем слое23

Аканова А. С., Оспанова Н. Н., Абильдинова Г. М., Есимова Д. Д.
Логическая организация автоматизированной системы «Бюро пропуска»29

Ахмедов К. М., Олейник А. И., Ткенов Ш. А.
Исследование тепловой эффективности различных схем подключения отопительных приборов35

Ахметов Б. С., Лахно В. А., Абуова А. К.
Интеллектуальные технологии для анализа чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте43

Ахметов Б. С., Лахно В. А., Еркелдесова Г. Т.
Автоматизация и диспетчеризация движения высокоскоростного транспорта в условиях временных ограничений52

Ахметов Б. С., Лахно В. А., Оралбекова А. О.
Средства и методы неразрушающего контроля, диагностирования и детектирования состояния систем высокоскоростного железнодорожного транспорта61

Бейсенбі М. А., Мусабаева Ш. С., Сампаева А. К., Кисикова Н. М., Садуақасова А. У.
Исследование многомерных и нелинейных систем управления построенных в классе «гиперболическая омплика»72

Беркетов С. С., Азаматова Д. А., Тулебаева Ж. А., Айтмагамбетова Г. А., Антикеев Д. Г.
Особенности применения котельных на базе каталитических установок для сжигания различных видов твердых топлив85

Беркетов С. С., Гафуров Р. Ш.
Исследование вариантов установки котла кВ-ТК-100-150 для компенсации выбывающей мощности на период реконструкции91

Горячев Я. В., Никифоров А. С.
Разработка сожигательных устройств на принципе рекуперации теплоты отходящих газов99

Гуляков В. С., Вусихис А. С., Толымбекова Л. Б., Жунусов А. К.
Эффективность использования композиционного топлива на основе водо-мазутных эмульсий105

Достияров А. М., Умирзаков Р. А., Абдирова М. Т., Мерғалимова А. К.
Влияние работы теплогенератора на режим сушки зерна и на токсичность продуктов сгорания113

Дюсенов К. М., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К. Экономичные Технологии Высококачественного Нагрева Воды	128
Елубай М. А., Кожахметова М. М. Перепрофилирование установки МТБЭ в ЭТБЭ	138
Жумагулова З. Б. Исследование эффективности использования рукавных фильтров в условиях работы теплоэнергетических предприятий	144
Ибраева С. С. Снижение тепловых потерь на трубопроводах тепловых сетей за счет применения современных изолирующих материалов	154
Исупова Н. А., Төкен Ә. Ж. Совершенствование электрооборудования на транспортных средствах	162
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П. Эффективные технологии обогрева с микропроцессорным управлением	168
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П. Автоматика систем водоснабжения Smart Home	177
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Волгин М. Е. Вопросы молниезащиты электропитающих сетей до 1000 В	186
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П. Защиты от импульсных перенапряжений для низковольтных сетей	195
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Алимгазин А. Ш., Кислов А. П., Марковский В. П., Шапкенов Б. К. Применение энергосберегающих технологий в освещении г. Аксу	203
Кислов А. П., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Алимгазин А. Ш., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б. Применение технологии «зеленое отопление» для энергообеспечения объекта детский эко-техноцентр г. Аксу	212
Копишев Э. Е., Сулейменов И. Э., Байпакбаева С. Т., Игликов И. В., Нуртазин А. Датчики с управляемой чувствительностью для телемедицинских систем на основе полиэлектролитных гидрогелей	222
Кликушин Ю. Н., Кошекоев А. К. Выбор параметров для представления структуры рукописных символов на основе идентификационных измерений	230
Кошекоев К. Т., Калантаевская Н. И., Латыпов С. И. Нейросетевые технологии в энергетическом комплексе	237
Кошекоев К. Т., Латыпов С. И., Калантаевская Н. И. Алгоритм диагностики электроэнергетического оборудования с интеллектуальной обработкой сигналов	244
Кошекоев К. Т., Хайбуллин Р. Р., Гаврилова М. А. Использование режима timo при построения канала связи с удаленными объектами экологического мониторинга	255

Кошекоева Б. В., Савостин А. А. О возможности построения сети передачи сейсмических данных на основе 4G технологии	268
Кучербаев М. С., Жуматаев Д. Ш. Проблемы использования запальных горелок при розжиге котлоагрегатов	275
Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б. Комплексная система измерения рисков в энергетических компаниях	282
Мендыбаев С. А., Байкенова Н. Б., Чуприна М. А., Садвокасова Г. М. Исследование переходных процессов источника тока с крутопадающей внешней характеристикой	289
Мустафин А. Х., Кабылкайыр Д. Н., Исакова Т. А., Грѐбенкин В. В. Разработка методов защиты насосных агрегатов от вибрационных нагрузок	296
Несмеянова Р. М., Дюсенбаев Д. К. Способы регулирования давления на нефтеперекачивающих станциях	303
Нукенов К. К. Установка и моделирование солнечной системы в сочетании с тепловым насосом	309
Оразбеков Е. А., Смайлов Н. К., Жамангарин Д. С., Жетписбаева А. Т. Проведение сетей доступа на основе технологии GPON в городе Экибастуз	322
Пшембаев М. К. К вопросу выбора эффективного пропиточного состава для защиты дорожных бетонных покрытий от коррозионных разрушений	332
Рахимова Д. Ж., Никифоров А. С. Проблемы утилизации крупногабаритных резинотехнических изделий ...	347
Риттер Е. С., Савостин А. А., Риттер Д. В. Система распределения сверхвысокочастотной энергии на облучаемые объекты	355
Сабденов К. О., Касимова С. А. Аксиоматический подход в теории горения газов на основе понятий «Поверхность горения» и «Нормальная скорость пламени». Часть 1. Основное уравнение турбулентного пламени	361
Сабитова М. К., Кинжибекова А. К. Использование электрических котлов для теплоснабжения микрорайона «Достык» г.Павлодар	372
Саканов К. Т., Жумаш А., Горшкова Л. В., Курманов А. К. Оптимизация конструктивных решений жилых зданий строящихся в мкр. Сарыарка г. Павлодара	378
Саканов К. Т., Альтаев Ж. Х., Шинтимиров М. А., Курманов А. К. Влияние формы подошвы фундамента на деформируемость основания	385

Саканов К. Т., Жәкеш Б. М., Рылеев Г. А., Асыллов А. Б., Оразова Д. К.
Использование продуктов переработки изношенных шин в дорожном строительстве397

Саканов К. Т., Петлина Е. В., Шинтемиров М. А., Жуkenова Г. А.
Реконструкция зданий с применением современных технологии усиления406

Смайлов Н. К., Батыргалиев А. Б.
Требования к применению генераторов электромагнитного пространственного зашумления415

Талипов О. М., Бергузинов А. Н., Базарбаев И. С.
Основные достоинства электрофильтров и факторы, влияющие на их работу422

Тохметов А. Т., Тусупов А. Д., Танченко Л. А.
Масштабирование инфокоммуникационных систем при помощи технологии GPON429

Ускенбаева Р. К., Алтаева А. Б.
Математическая модель мульти-регионального управления мощностью и комфортами в жилых зданиях438

Досжанова А. А., Корченко А. А., Жумангалиева Н. К.
Метод формирования лингвистических эталонов для систем обнаружения вторжений447

Правила для авторов458

CONTENT

Azamatova D. A., Nikiforov A. S., Tulebaeva Zh. A., Malgazhdar S. E.
Improving the efficiency of hot water boilers using contact-surface water heaters15

Azamatova D. A., Nikiforov A. S., Tulebaeva Zh. A., Nurgaliev N. E.
Improvement of fluidized bed firing technology23

Akanova A. S., Ospanova N. N., Abildinova G. M., Esimova D. D.
Logical organization of automated system «Pass office»29

Ahmedov K. M., Oleinik A. I., Tkenov Sh. A.
Research of heat efficiency of different connection schemes of heating devices35

Akhmetov B. S., Lakhno V. A., Abuova A. K.
Intellectual technology for the analysis of emergency situations on the railway transport43

Akhmetov B. S., Lakhno V. A., Yerkeldessova G. T.
Automation and dispatching traffic of high-speed transport in terms of time constraints52

Akhmetov B. S., Lakhno V. A., Oralbekova A. O.
Means and methods of non-destructive control, diagnosis and detection of the condition of high-speed railway transport systems61

Beisenbi M. A., Mussabayeva Sh. S., Satpayeva A. K., Kissikova N. M., Sadvakasova A. U.
Investigation of multidimensional and nonlinear control systems constructed in the class «hyperbolic omblique»72

Berketov S. S., Azamatova D. A., Tulebaeva Zh. A., Aitmagambetova G. A., Antikeev D. G.
Features of application of boiler houses on the basis of catalytic installations for combustion of different types of solid fuels85

Berketov S. S., Gafurov R. S.
Research of options for installation of boilers kV-TK-100-150 during the period of reconstruction to redress the outcoming power91

Goryachev Ya. V., Nikiforod A. S.
Development of burning devices on the principle of heat recovery of exhaust gases99

Gulyakov V. S., Vusihs A. S., Tolymbekova L. B., Zhunusov A. K.
Efficiency of the use of composite fuel on the water and fuel oil emulsions basis105

Dostiyarov A. M., Umirzakov R. A., Abdirov M. T., Mergalimov A. K.
The effect of the heat generator operation on the grain drying mode and on the toxicity of combustion products113

Dyusenov K. M., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K.
Economical technologies of high-frequency heating of water128

Yelubay M. A., Kozhakhmetova M. M. Reproduction of MTBE installation to ETBE	138
Zhumagulova Z. B. Research of efficiency of the hose filters use in the working conditions of heat and power energy enterprises	144
Ibraeva S. S. Reduction of heat losses on pipelines of thermal networks for the use of modern insulating materials	154
Isupova N. A., Token A. J. Improvement of electrical equipment on vehicles	162
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P. Effective technologies of microprocessor-based heating	168
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P. Automatics of water-supply systems Smart Home	177
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Volgin M. E. The issues of lightning protection of electrical supply networks up to 1000 V	186
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P. The surge protection for low-voltage networks	195
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Alimgazin A. Sh., Kislov A. P., Markovsky V. P., Shapkenov B. K. Application of energy-saving technologies in lighting Aksu	203
Kislov A. P., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Alimgazin A. Sh., Kaidar A. B., Kaidar M. B. Application of «Green heating» technology for energy supply of the Children Eco-Technocenter in Aksu	212
Kopishev E. E., Suleimenov I. E., Baipakbayeva S. T., Iglikov I. V., Nurtazin A. Sensors with controlled sensitivity for telemedic systems based on polyelectrolyte hydrogels	222
Klikushin Y. N., Koshekov A. K. Selection of parameters for presenting the structure of manual symbols based on identification measurements	230
Koshekov K. T., Kalantayevskaya N. I., Latypov S. I. Neural network technologies in the energy complex	237
Koshekov K. T., Latypov S. I., Kalantayevskaya N. I. Algorithm for diagnostics of electric power equipment with intelligent signal processing	244
Koshekov K. T., Khaibullin R. R., Gavrilova M. A. Employment of the MIMO mode for building a communication channel with remote environmental monitoring objects	255
Koshekova B. V., Savostin A. A. On the capability of building a network for transmission of seismic data on the basis of 4G technology	268

Kucherbayev M. S., Zhumatayev D. S. Problems of the use of ignition burners when heating boilers	275
Markovsky V. P., Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B. A comprehensive system of risk measurement in the energy companies	282
Mendybayev S., Baikenova N., Chuprina M., Sadvokasova G. Research of transition processes of the current source with a large-drop external characteristics	289
Mustafin A. K., Kabylkaiyr D. N., Iskakova T. A., Grebenkin V. V. Development of methods for protecting pump units from vibration loads	296
Nesmeyanova R. M., Dyussenbayev D. K. Methods of pressure regulation at oil-transporting stations	303
Nukenov K. K. Setup and modelling of the solar system combined with a heat pump	309
Orazbekov E., Smailov N., Zhamangarin D., Zhetpisbayeva A. Providing of access networks based on GPON technology in Ekibastuz city	322
Pshembayev M. K. To the question of choosing an effective impregnating composition to protect road concrete coatings from corrosion	332
Rahimova D. G., Nikiforov A. S. Problems of utilization of large rubber products	347
Ritter E. S., Savostin A. A., Ritter D. V. Distribution system of super-high-frequency energy to irradiated objects	355
Sabdenov K. O., Kassimova S. A. Axiomatic approach in the theory of combustion of gases on the basis of concepts «burning surface» and «normal speed of the flame». Part 1. Basic equation of turbulent flame	361
Sabitova M. K., Kinzhibekova A. K. The use of electric boilers for heating of the «Dostyk» microdistrict of the city of Pavlodar	372
Sakanov K. T., Zhumash A., Gorshkova L. V., Kurmanov A. K. The consideration of rational and constructional solution of residential buildings in the district of Saryarka, Pavlodar	378
Sakanov K. T., Altayev Z. H., Shintimirov M. A., Kurmanov A. K. Influence of the shape of the foundation bedding on the deformability of the base	385
Sakanov K. T., Zhakesh B. M., Ryleev G. A., Assylov A. B., Orazova D. K. Use of products of reclamation of waste tires in road construction	397
Sakanov K. T., Petlina E. V., Shintemirov M. A., Zhukenova G. A. Reconstruction of buildings with the use of modern strengthening technologies	406
Smailov N., Batyrgaliyev A. Requirements for the use of electromagnetic spatial noise generators	415

Talipov O. M., Berguzinov A. N., Bazarbaev I. S. The main advantages and factors affecting the operation of electrostatic precipitators	422
Tohmetov A. T., Tusupov A. D., Tanchenko L. A. Scaling of information and communication systems through GPON technology	429
Uskenbayeva R. K., Altayeva A. B. Mathematical model of multi-zoned power and comfort management in residential buildings	438
Doszhanova A., Korchenko A., Zhumangaliyeva N. Method of formation of linguistic standards for intrusion detection systems	447
Rules for authors	458

ГРНТИ 44.31.35

**Д. А. Азаматова¹, А. С. Никифоров²,
Ж. А. Тулебаева³, С. Е. Малгаждар⁴**

¹магистр теплоэнергетики, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²д.т.н., Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³магистр техники и технологии, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹student_azamatova@mail.ru; ²aleke4599@mail.ru;

³tulebaeva.zhanar@mail.ru; ⁴serik.13.m@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТАКТНО-ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с повышением эффективности водогрейных котлов при использовании контактно-поверхностных водонагревателей. При этом рассматриваются разновидности конструкции контактно-поверхностных водонагревателей и вопросы их эксплуатации. В статье отмечено, что контактные водонагреватели имеют ряд особенностей по сравнению с обычными водогрейными котлами.

– Они используют скрытую теплоту конденсации водяных паров, содержащуюся в продуктах сгорания, так как при работе контактных водонагревателей уходящие газы охлаждаются ниже точки росы;

– в них возможно нагревать жесткие и даже артезианские воды без предварительного умягчения;

– они могут самоочищаться от накипи, при омывании радиационной поверхности топки (покрытой солями временной жесткости) водой, содержащей большое количество агрессивной углекислоты;

- контактные аппараты взрывобезопасны при эксплуатации;
- они имеют малую металлоемкость;
- внутри их происходит разрыв гидравлического контура системы отопления или горячего водоснабжения;
- газовые контактные водонагреватели широко применяются на практике: в текстильной, легкой, деревообрабатывающей промышленности; на предприятиях среднего машиностроения; в жилищно-коммунальном хозяйстве; в сельском хозяйстве и т.д.

Ключевые слова: водогрейный котел, контактно-поверхностный водонагреватель, экономайзер.

ВВЕДЕНИЕ

Теплопроизводительность экономайзеров и температура нагреваемой ими воды недостаточны для горячего водоснабжения. В то же время установка в котельных контактных котлов для горячего водоснабжения не полностью исчерпывает все возможности повышения эффективности, так как отопительные котлы имеют относительно низкий КПД. Целесообразным является установка контактных экономайзеров, имеющих собственные горелки. Одной из современных конструкций такого комбинированного котла-экономайзера является контактно-поверхностный котел-экономайзер КППВ-1 теплопроизводительностью 1 МВт. Котел имеет две контактные ступени нагрева воды: первая ступень – нагрев смесью газов соседних отопительных котлов и собственной топки, оборудованной инжекционной горелкой; вторая ступень – нагрев только горячими продуктами сгорания собственной топки. Имеется и третья, поверхностная, ступень нагрева воды через радиационную поверхность топки, имеющую водяную рубашку. Вода нагревается до 100 °С при КПД, равном 97 %. В котлах применены уложенные в шахматном порядке кольца Рашига 50x50x5 мм, а также седла «Инталокс», которые имеют некоторое теплотехническое преимущество перед кольцами Рашига за счет увеличения аэродинамического сопротивления. Котлы КППВ-1 подсоединены к системе горячего водоснабжения через промежуточные теплообменники. Сопоставление котлов КППВ-1 с чугунными секционными водогрейными котлами показывает, что себестоимость горячей воды снижается на 10 %, металлоемкость – в 1,5–2 раза, а КПД увеличивается на 15–20 %, что говорит о перспективности контактных котельных агрегатов.

Контактные и контактно-поверхностные газовые котлы для а) отопления, б) горячего водоснабжения, в) комплексного теплоснабжения (для систем закрытых и с открытым водоразбором); комбинированные контактно-поверхностные газовые котлы-экономайзеры, т.е. аппараты,

имеющие собственные топки и вместе с тем использующие тепло уходящих газов других установок.

Интерес во всем мире к контактному принципу нагрева воды дымовыми газами рос по мере развития добычи и использования природного газа, особенно в США – стране с быстро развивавшейся газовой промышленностью на базе природного газа, причем наряду с упоминавшимися форсуночными, насадочными и другими типами агрегатов находит применение барботажный метод контактного нагрева с помощью погружных горелок. Следует все же отметить, что в отопительной технике за рубежом контактные или контактно-поверхностные котлы, несмотря на их преимущества, широко применяются только для нагрева воды в плавательных бассейнах и серийно, судя по публикациям, до недавнего времени не выпускались. Лишь в последние годы появились серийные контактные газовые водогрейные котлы сравнительно небольшой теплопроизводительности (до 1 Гкал/ч) для отопительных котельных. В ряде случаев они компонуются и поставляются с промежуточными теплообменниками, что удорожает их, но делает приемлемыми для любого потребителя.

В литературе появляются описания и других зарубежных конструкций контактных и контактно-поверхностных котлов в основном барботажного, форсуночного и форсуночно-каскадного типов.

Следует все же констатировать, что за рубежом контактные и контактно-поверхностные котлы применяются в основном для нагрева и выпаривания воды и различных жидкостей в химической промышленности с использованием погружных горелок, работающих под давлением, а также для нагрева воды в бассейнах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Установка контактных или контактно-поверхностных котлов в отопительных котельных параллельно с обычными поверхностными отопительными котлами решает задачу повышения коэффициента использования газа лишь частично: контактные и контактно-поверхностные котлы работают с высоким к.п.д., а поверхностные – с присущим им низким, во всяком случае недостаточно высоким к.п.д., не соответствующим современным требованиям.

В отличие от контактных экономайзеров, не имеющих газовой топки и собственного газового оборудования и (во многих случаях) каких-либо средств автоматического регулирования, контактные и контактно-поверхностные газовые водогрейные котлы должны быть оборудованы автоматикой безопасности, а по возможности также и системой автоматического регулирования процессом.

Контактно-поверхностные котлы ФНКВ предпочтительнее устанавливать во вновь сооружаемых отопительных водогрейных котельных (домовых, групповых и квартальных) при системе теплоснабжения с открытым водоразбором и применении чугунных радиаторов в качестве отопительных приборов.

Комбинированные контактно-поверхностные котлы-экономайзеры КППВ для горячего водоснабжения предпочтительнее устанавливать в действующих и проектируемых отопительных водогрейных котельных (домовых, групповых, квартальных) вместо котлов, снабжающих теплом системы горячего водоснабжения.

В качестве аналога рассмотрим конструкцию газового контактно-поверхностного водонагревателя ФНКВ-1, разработанного в АКХ им. Памфилова, предназначенного для отопления и горячего водоснабжения коммунально-бытовых потребителей.

Отличием водонагревателя является замена конвективной поверхности нагрева воды на контактную насадку, что обеспечило повышение КПД на 10–15 % благодаря снижению температуры отходящих продуктов сгорания на 70–150 °С и утилизации теплоты конденсации водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания.

Недостатком контактно-поверхностных водонагревателей, снижающим надежность их работы, является наличие поверхности радиационного теплообмена, размещенной в топочном объеме, которая из-за отложения на ней накипи прогорает.

Для обеспечения турбулентного течения поверхностного слоя воды, нагреваемого радиационным тепловым потоком от излучающей панели, под нагреваемой поверхностью воды размещен гофрированный лист, по которому происходит сток воды из контактной камеры к водозаборному устройству.

Интенсивный радиационный нагрев воды в тонком турбулентном слое обеспечивает необходимую глубину деаэрации.

Благодаря незначительной длине туннелей беспламенных горелок – 60 мм, а также температуре, не превышающей 1000 °С (при факельном сжигании газа температура в корне достигает 1800 °С, а его длина превышает 1000–1200 мм), содержание окислов азота в продуктах сгорания снижается в 2,5–3 раза.

При компоновке водонагревателей повышенной мощности из нескольких унифицированных модулей, единичные аппараты сопрягаются по боковой вертикальной стенке корпуса и креплением с помощью стяжных петель собираются в один отопительный агрегат.

Отличается высокой надежностью в эксплуатации, не требует умягчения питательной воды, т. к. отсутствуют традиционные конвективные и радиационные поверхности теплообмена, омываемые с одной

стороны нагреваемой водой, а с другой – высокотемпературными продуктами сгорания. Соответствуют уровню современных требований по материалознергосбережению и экологии.

Сжигание газа в контактно-поверхностном водонагревателе ФНКВ-1М осуществляется на поверхности битого огнеупорного кирпича, положенного на подтопки. При работе горелок битый кирпич нагревается до ярко-красного цвета, при этом создаются благоприятные условия для выгорания всех компонентов газообразного топлива, а также для развитого лучистого теплообмена между реакционной зоной и радиационной поверхностью нагрева. Высокотемпературные продукты сгорания газа, отдав примерно 50–55 % своей теплоты поверхности нагрева топки, поступают с температурой 950–1000 °С в контактную камеру. В этой зоне в поток газов вбрызгиваются из форсунок мелкие капли воды. Продукты сгорания, охлажденные примерно до 300–350 °С, входят в насадочную часть контактной камеры, где продолжают интенсивно охлаждаться, выделяя скрытую теплоту конденсации водяных паров. Пройдя влагоуловитель, который задерживает капельную влагу, продукты сгорания выбрасываются в атмосферу. Температура выходящих из контактной камеры дымовых газов зависит от режима работы водонагревателя, если он установлен в системе горячего водоснабжения, то эта температура будет равна 35–40 °С, если в системе отопления – 45–73 °С.

Вода в контактной камере нагревается до 65–80 °С (колебание температуры зависит от режима работы водонагревателя), а затем сливается на надтопочный диск, из которого переливается на верхний съемный конус. Отсюда нагретая вода направляется по четырем внутренним каналам в верхнюю зону топки, где, соприкасаясь с цилиндрической радиационной поверхностью, нагревается до температуры 98–99 °С. Из топки вода, проходя через гидрозатвор, сливается самотеком в сборный бак, откуда центробежным насосом подается к потребителю.

ВЫВОДЫ

Контактные водонагреватели имеют ряд особенностей по сравнению с обычными водогрейными котлами.

Они используют скрытую теплоту конденсации водяных паров, содержащуюся в продуктах сгорания, так как при работе контактных водонагревателей уходящие газы охлаждаются ниже точки росы;

– контактные водонагреватели не подлежат регистрации в местных органах технадзора, так как внутри их не создается избыточное давление;

– в контактных аппаратах происходит естественная деаэрация нагреваемой воды (сначала в контактной камере, а затем в топке, имеющей радиационную поверхность нагрева);

– в них возможно нагревать жесткие и даже артезианские воды без предварительного умягчения;

– они могут самоочищаться от накипи, при омывании радиационной поверхности топки (покрытой солями временной жесткости) водой, содержащей большое количество агрессивной углекислоты;

– контактные аппараты взрывобезопасны при эксплуатации;

– они имеют малую металлоемкость;

– внутри их происходит разрыв гидравлического контура системы отопления или горячего водоснабжения;

– газовые контактные водонагреватели широко применяются на практике: в текстильной, легкой, деревообрабатывающей промышленности; на предприятиях среднего машиностроения; в жилищно-коммунальном хозяйстве; в сельском хозяйстве и т.д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Сахаров, С. А.** Модернизация водогрейных стальных котлов малой мощности типа «ЗИО» и «НР». – М. : Новости теплоснабжения, 2000. – № 2. – С. 10.

2 **Сахаров, С. А.** Модернизация водогрейных чугунных секционных котлов шатрового типа. – М. : Новости теплоснабжения, 2002. – № 9. – С. 37.

3 **Чубарь, Л. С.** Совершенствование теплофикационных водогрейных котлов. – М. : Теплоэнергетика, 1999. – № 9. – С. 39.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Д. А. Азаматова¹, А. С. Никифоров², Ж. А. Төлебаева³, С. Е. Малгаждар⁴

Байланысты-беттік су жылытқыштарды пайдалана отырып, су жылыту қазандықтары жұмысының тиімділігін арттыру

^{1,2,3,4}Энергетикалық факультеті,

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

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

D. A. Azamatova¹, A. S. Nikiforov², Zh. A. Tulebaeva³, S. E. Malgazhdar⁴

Improving the efficiency of hot water boilers using contact-surface water heaters

^{1,2,3,4}Faculty of Energy Engineering,

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

Material received on 06.02.19.

Мақалада байланысты-беттік су жылытқыштарды пайдалану кезінде су жылытатын қазандықтардың тиімділігін арттырумен байланысты мәселелер қарастырылады. Бұл ретте түйіспелі-беттік су жылытқыштар конструкциясының түрлері және оларды пайдалану мәселелері қарастырылады. Мақалада байланыстағы су жылытқыштардың әдеттегі су жылыту қазандықтарымен салыстырғанда бірқатар ерекшеліктері бар.

Олар жану өнімдеріндегі су бу конденсациясының жасырын жылуын пайдаланады, себебі контактілі су жылытқыштардың жұмысы кезінде кететін газдар шық нүктесінен төмен салқындатылады;

– оларда қатаң және тіпті артезиан суын алдын ала жұмсамай жылытуға болады;

– олар оттықтың радиациялық бетін (уақытша қаттылық тұздарымен жабылған) көп мөлшерде агрессивті көмірқышқылдары бар сумен жуған кезде, қақпан өздігінен тазартылуы мүмкін;

– байланыс аппараттары пайдалану кезінде жарылыс қауіпсіз;

– олар аз металл сыйымдылығы бар;

– олардың ішінде жылыту немесе ыстық сумен жабдықтау жүйесінің гидравликалық контуры үзіледі;

– газды байланыс су жылытқыштар практикада кеңінен қолданылады: тоқыма, жеңіл, ағаш өңдеу өнеркәсібінде; Орта машина жасау кәсіпорындарында; тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығында; ауыл шаруашылығында және т.б.

The article deals with the issues related to improving the efficiency of hot water boilers using contact-surface water heaters. At the same time, the types of design of contact-surface water heaters and the issues of their operation are considered. In the article, it is noted that contact water heaters have a number of features in comparison with usual water-heating boilers.

They use the latent heat of condensation of water vapor contained in the combustion products, as in the contact water heaters the outgoing gases are cooled below the dew point;

- hard and even artesian water can be heated without prior softening;*
- they can be self-cleaned from scale, when washing the radiation surface of the furnace (covered with salts of temporary hardness) with water containing a large amount of aggressive carbon dioxide;*
- contact devices are explosion-proof during operation;*
- they have a low metal content;*
- inside them there is a rupture of the hydraulic circuit of the heating system or hot water supply;*
- gas contact water heaters are widely used in practice: in the textile, light, woodworking industry; in medium engineering; in housing and communal services; in agriculture, etc.*

ГРНТИ 44.31.35

**Д. А. Азаматова¹, А. С. Никифоров²,
Ж. А. Тулебаева³, Н. Е. Нурғалиев⁴**

¹магистр теплоэнергетики, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²д.т.н., Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³магистр техники и технологии, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ¹student_azamatova@mail.ru; ²aleke4599@mail.ru;

³tulebaeva.zhanar@mail.ru; ⁴nurga_9393@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЖИГА В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с совершенствованием технологии и обжига в кипящем слое, а также создания новых конструкций более производительных обжиговых печей. При этом выбираются наиболее оптимальные направления обжига катализаторов, для решения проблемы интенсификации процесса обжига. В статье отмечено, что одним из главных путей совершенствования технологии обжига является повышение степени обогащения дутья кислородом. В виду резкого снижения объема газов дальнейшее увеличение концентрации кислорода в дутье позволит повысить производительность печей КС без реконструкции газоходной системы и пылеулавливающих устройств и передать очищенные газы с более высоким содержанием SO₂ в сернокислотное производство. Учитывая технический уровень производства серной кислоты, а также проведенные научно-исследовательские работы в этой области, можно считать, что переработка высококонцентрированных сернистых газов не будет являться неразрешимой проблемой.

Ключевые слова: обжиг, катализатор, печь.

ВВЕДЕНИЕ

Техническое развитие процесса обжига в кипящем слое происходит как в направлении совершенствования технологии, так и в направлении создания новых конструкций более производительных обжиговых печей.

В настоящее время в отечественной и мировой практике можно отметить три основных направления совершенствования технологии обжига цинковых концентратов в кипящем слое: применение кислорода, высокотемпературный обжиг и обжиг концентратов в виде пульпы.

Одним из главных путей совершенствования технологии обжига является повышение степени обогащения дутья кислородом. В виду резкого снижения объема газов дальнейшее увеличение концентрации кислорода в дутье позволит повысить производительность печей КС без реконструкции газоходной системы и пылеулавливающих устройств и передать очищенные газы с более высоким содержанием SO_2 в сернокислотное производство. Учитывая технический уровень производства серной кислоты, а также проведенные научно-исследовательские работы в этой области, можно считать, что переработка высококонцентрированных сернистых газов не будет являться неразрешимой проблемой.

Однако переход на более обогащенное кислородом дутье тесно связан с решением вопроса об отводе тепла из зоны кипящего слоя, так как уже сейчас при содержании кислорода в дутье 30–34 % охлаждение слоя с помощью кессонов вызывает определенные трудности. По-видимому, решение этого вопроса может быть найдено путем создания более совершенной конструкции испарительного охлаждения с развитой поверхностью охлаждения. Разместить в кипящем слое высотой 1,0–1,2 м много охлаждающих элементов по всей вероятности не удастся. Поэтому увеличение высоты слоя до 1,8–2,0 м, помимо положительного эффекта от увеличения объема материала в печи и толщины слоя, создаст также более благоприятные возможности для размещения системы испарительного охлаждения.

В отечественной и зарубежной практике максимальная температура обжига цинковых концентратов обычно не превышает 1000 °С. Гинцветмет на Беловском цинковом заводе провел испытания обжига концентратов при 1080–1120 °С для последующей гидрометаллургической переработки огарка [4]. При этом наблюдалось спекание мелких частиц концентрата (средний диаметр зерен 0,8 мм), благодаря чему пылевынос не превышал 25 %. Наряду с повышением степени растворимости цинка в огарке до 95–96 % за счет изменения структуры феррита цинка увеличилось относительное содержание Растворимых форм железа (10–15 %) и кремнезема

Обжиг этого материала в аналогичных условиях при 950 °С показал степень растворимости цинка, железа и кремнезема соответственно 91,7; 4,7

и 38,5 %. Таким образом, преимущество, создаваемое высокотемпературным обжигом, в отношении растворимости цинка в огарке и снижения пылевыноса в значительной мере сводится на нет увеличенным переходом в раствор железа и кремнезема при последующем выщелачивании огарка. Поэтому высокотемпературный обжиг цинковых концентратов не нашел широкого распространения в мировой практике и, по литературным данным, применяется лишь на одном заводе «Ла-Оройа» (Перу) для переработки малокремнистых концентратов.

Обжиг цинковых концентратов в виде пульпы применяется на некоторых заводах Японии и Югославии. При этом способе упрощается схема подготовки концентратов к обжигу, уменьшаются капиталовложения и эксплуатационные расходы, сокращаются потери металла за счет упразднения переделов фильтрации и сушки. Вместе с тем усложняется переработка влажных сернистых газов, увеличивается коррозия оборудования и газоотводящих систем, сьем пара на 1 т обжигаемого концентрата уменьшается на 15–20 %. Поэтому обжиг пульпы для сухих привозных цинковых концентратов нецелесообразен. В отдельных случаях, когда обогатительная фабрика и цинковый завод находятся на одной территории, преимущества этого метода могут быть реализованы в конкретных условиях данного предприятия. Здесь уместно сказать об опыте Лениногорского цинкового завода по выводу загрязненной промывной кислоты из процесса путем подачи ее в обжиговые печи через форсунку. В ряде случаев промывная кислота может быть использована как для репульпации концентрата, так и для снижения температуры в кипящем слое при соблюдении условий, предохраняющих разрушение газоходной системы от коррозии.

При разработке новых конструкций печей КС учитывают следующие обстоятельства. Удельная производительность печей определяется, как уже отмечалось ранее, количеством дутья, подаваемого в печь, на единицу площади пода. При использовании только воздушного дутья (а в мировой практике наметилась тенденция создания новых, более производительных печей без применения кислорода) на каждый 1 м² площади пода можно при существующей практике подать только 600–675 м³ дутья в час. Большой расход дутья неизбежно приводит к увеличению пылевыноса и высокой температуре под сводом и, как следствие, к получению циклонной пыли низкого качества по содержанию сульфидной серы.

В связи с этим одно из направлений повышения единичной мощности печи состоит в механическом расширении площади пода с 30 до 90–100 м² при сохранении существующей напряженности дутья и соответственно удельной производительности печи 7–8 т/(м²·сут). Такие печи уже работают за рубежом, перерабатывая от 500 до 800 т концентрата в сутки. Одновременно с увеличением

площади пода коренным образом изменяют способ загрузки печи шихтой. Печи строят без форкамер, применяя скоростные ленточные питатели для забрасывания шихты в печь.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При проектировании новых гидрметаллургических цинковых заводов предусматривают установку в обжиге только одной печи необходимой мощности, обеспечивающей выпуск всего запланированного цинка. На время капитального ремонта этого единственного печного агрегата создают на складе огарка запас обожженного материала на 20–30 дней. Ремонт сернокислотной системы (также большой мощности) приурочивают ко времени ремонта обжиговой печи.

Разработки новых конструкций печей направлены на уменьшение пылевых выносов и снижение температуры газов под сводом при большей напряженности дутья. Для этого создают печи переменного сечения, когда площадь сечения печи в надслоевом пространстве значительно превосходит площадь пода. В такой печи происходит резкое снижение скорости газов в шахте печи, благодаря чему много вынесенных из слоя частиц материала, обжигаясь во взвешенном состоянии, снова возвращается в кипящий слой и выгружается из печи через сливной порог. Другое направление решения проблемы снижения пылевых выносов состоит в сооружении циклонов возврата, примыкающих к верхней части печи, которые позволяют принять газы с высокой температурой и большой запыленностью. При этом вынесенные из печи частицы более грубой пыли осаждаются в циклонах и снова возвращаются в печь. Происходит циркуляция относительно крупных частиц огарка. Более тонкие его частицы (хорошо обожженные) уносятся газами далее в пылеулавливающие устройства и там улавливаются, а крупные, оборачиваясь несколько раз в печи, дополнительно обжигаются и разгружаются через порог.

Чтобы сохранить оптимальную температуру газов под сводом печи, разрабатывают печи со встроенными в шахту печи охлаждающими элементами. Такую конструкцию печи испытывают на одном из отечественных заводов. В случае положительных результатов испытания появится возможность, подбирая различную поверхность охлаждения, снизить температуру газов в шахте и под сводом печи до заданной по технологическому режиму.

ВЫВОДЫ

Возможно, что ни одно из перечисленных направлений создания различных печей КС новой конструкции не сможет решить полностью

проблему интенсификации процесса обжига, поэтому представляется более реальным создание такой конструкции печи, которая включала бы преимущества каждого направления. Эта печь, по-видимому, должна иметь зону кипящего слоя большой высоты с весьма развитой поверхностью испарительного охлаждения, шахту переменного сечения с максимально возможным по конструктивным соображениям отношением объема надслоевого пространства к площади пода (V/S), встроенным котлом-утилизатором и циклонами возврата пыли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Ахметов, С. А.** Технология глубокой переработки нефти и газа. – Уфа : Гилем, 2002. – 255 с.
- 2 **Войцеховский, Б. В.** Каталитический крекинг. Катализаторы, химия, кинетика. – М. : Химия, 1990. – 119 с.
- 3 <http://www.intechco.ru> [Электронный ресурс],
- 4 **Мухленов, И. П., Добкина, Е. И., Дерюжкина, В. И.** Технология катализаторов. – М. : Химия, 1986. – 325 с.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Д. А. Азаматова¹, А. С. Никифоров², Ж. А. Төлебаева³, Н. Е. Нұрғалиев⁴
Қайнау қабатындағы күйдіру технологиясын жетілдіру

^{1,2,3,4}Энергетикалық факультеті,

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

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

D. A. Azamatova¹, A. S. Nikiforov², Zh. A. Tulebaeva³, N. E. Nurgaliev⁴

Improvement of fluidized bed firing technology

^{1,2,3,4}Faculty of Energy Engineering,

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

Material received on 06.02.19.

Мақалада технологиялық жетілдіру және қайнаған қабатта күйдіру, сондай-ақ анағұрлым өнімді күйдіру нештерінің жаңа құрылымдарын құру мәселелері қарастырылады. Бұл ретте күйдіру процесін интенсификациялау мәселесін шешу үшін катализаторларды күйдірудің ең оңтайлы бағыттары таңдалады. Мақалада күйдіру

технологиясын жетілдірудің басты жолдарының бірі үрлеу оттегімен байыту дәрежесін арттыру болып табылады. Газ көлемінің күрт төмендеуінен үрлеуде оттегі концентрациясының одан әрі артуы газ жүргізу жүйесі мен шаң ұстағыш құрылғыларды қайта құрусыз КС пештерінің өнімділігін арттыруға және күкірт қышқылы өндірісіне SO_2 жоғары құрамы бар тазартылған газдарды беруге мүмкіндік береді. Күкірт қышқылы өндірісінің техникалық деңгейін, сондай-ақ осы салада жүргізілген ғылыми-зерттеу жұмыстарын ескере отырып, жоғары шоғырланған күкірт газдарын қайта өңдеу шешілмейтін мәселе болып табылмайды деп есептеуге болады.

The article deals with the issues related to the improvement of technology and firing in the fluidized bed, as well as the creation of new designs of more productive kilns. In this case, the most optimal directions of firing catalysts are chosen to solve the problem of intensification of the firing process. The article notes that one of the main ways to improve the firing technology is to increase the degree of oxygen enrichment. In view of the sharp decrease in the volume of gases, a further increase in the oxygen concentration in the blast will increase the productivity of the KS furnaces without reconstruction of the gas flue system and dust collection devices and transfer the purified gases with a higher SO_2 content to sulfuric acid production. Taking into account the technical level of sulfuric acid production, as well as the research work carried out in this area, it can be considered that the processing of highly concentrated sulfurous gases will not be an insoluble problem.

ГРНТИ 50.01.85

**А. С. Аканова¹, Н. Н. Оспанова²,
Г. М. Абильдинова³, Д. Д. Есимова⁴**

¹магистр информатики, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²к.п.н., Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан;

³к.п.н., Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 050000, Республика Казахстан;

⁴к.п.н., зав. кафедрой «География и туризм», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан
e-mail: ²nazira_n@mail.ru

ЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ «БЮРО ПРОПУСКА»

В данной статье описана логическая схема работы модулей автоматизированной системы «Бюро пропусков», наряду с этим определены функции разгрузки работы пользователей (сотрудников) данной системы.

Ключевые слова: автоматизация, управление системы, пропуск, автоматизированная система.

В современное время используются очень большое количество автоматизированных систем пропуска посетителей и сотрудников на предприятиях. Основными целями данных систем являются автоматизация процедур идентификации и регистрации посетителей на входе и выходе, а так же у ответственных лиц; автоматизация процессов согласования и обработки списков допуска; автоматизация процессов согласования и обработки пропусков для специальных посетителей; предоставление инструмента для сопоставления соответствия заявленного и фактического времени пребывания посетителей. Одной из актуальных проблем при решении задач автоматического контроля и управления является разработка систем обнаружения и оценки параметров движения источников вторичного излучения [1]. Одним из перспективных путей в разработке таких систем является направление, использующее технологии «машинного зрения», которые находят применение в системах локации и навигации, в системах

контроля состояния охраняемых зон, природных объектов, окружающей среды, объектов вторжения [2], а также в системах медицинской и технической диагностики [3].

Большинство систем автоматизированного контроля и управления широко используют для пропуска в какую-либо ограниченную зону.

В нашем случае это предприятия, где как правило, устанавливается несколько видов пропусков (бесконтактных карточек).

Мы рассматриваем автоматизацию контроля путем идентификации карточек. Наша разработка отличается от вышесказанных исследований тем, что мы не идентифицируем движущиеся объекты, мы идентифицируем код с карточек, что является более простым решением для разработки пропускной системы. Пропуски могут быть постоянные, временные и разовые. Все виды пропусков оформляются и выдаются в бюро пропусков по письменным заявкам.

Постоянные пропуска выдаются сотрудникам объекта, принятым на постоянную работу, а также работникам других организаций, постоянно обслуживающих объект. Постоянные пропуска могут делиться на группы, их количество и назначение определяется инструкцией о контрольно-пропускном режиме. Пропуска уволенных с работы удаляются с базы данных персонала и перезаписываются в установленном порядке.

Временные пропуска выдаются лицам, находящимся на временной работе, командированным, и однодневным посетителям. Срок действия и порядок оформления временных пропусков определяется инструкцией о контрольно-пропускном режиме. Выдача временного пропуска осуществляется только при предъявлении документа, удостоверяющего личность.

Разовые пропуска (для посетителей и клиентов) выдаются на одно лицо и только для разового посещения предприятия и его подразделений. Пропуск выдается, оформляется и действителен при наличии документа, удостоверяющего личность.

Основными целями создания автоматизированной пропускной системы являются:

- защита законных интересов предприятия, поддержание порядка внутреннего управления;
- защита собственности предприятия, ее рациональное и эффективное использование;
- рост прибылей предприятия;
- внутренняя и внешняя стабильность предприятия;
- защита коммерческих секретов и прав на интеллектуальную собственность – автоматизация рабочего места сотрудника КПП.

Информация о событиях, вызванных предъявлением карточек, может быть использована в дальнейшем для получения отчетов по учету рабочего времени, нарушениям трудовой дисциплины и др. Момент первого входа через проходную, интерпретируется системой в процессе учета рабочего времени как начало, а момент последнего выхода – как конец рабочего дня владельца предъявленного электронного ключа. Если в течение рабочего дня какому-либо сотруднику необходимо неоднократно входить и выходить через проходную, то при формировании отчетов о рабочем времени, система суммирует отдельные промежутки времени пребывания его на территории организации.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основная функция автоматизированной системы выдачи пропусков является автоматизация рабочего места лиц осуществляющих выдачу пропуска со штрих-кодированием.

Для разработки программного обеспечения по выдаче пропусков потребовалось исследование рабочего места работника бюро пропусков и самой карты и идентификатора. Идентификатор пользователя – это устройство или признак, по которому определяется пользователь. В качестве идентификаторов используют разные «автономные носители признаков допуска: магнитные карточки, бесконтактные проксимити-карты, брелки «тач-мемори», различные радиобрелки, изображение радужной оболочки глаза, отпечаток пальца, отпечаток ладони, черты лица и многие другие физические признаки. Каждый идентификатор характеризуется определенным уникальным двоичным кодом» [4].

Следовательно автоматизированная система «Бюро пропусков» имеет 4 пользователя и их функции это:

- администратор, который принимает заявку и заполняет данные по удостоверению
- заведующий отделением, принимает у администратора информацию и определяет электронно-цифровую подпись, через электронное правительство
- куратор «Отдела информатизации и защиты информационных ресурсов» принимает информацию от заведующего отделом, подтверждает электронно-цифровую подпись
- лицо, принимающее конечную информацию, распечатывающий и выдающий пропуск.

Из выполняющих функции сотрудников, следует логическая схема выдачи пропуска, которая является основой для автоматизации системы «Бюро пропусков».

Логическая схема показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Логическая схема работы автоматизированной системы «Бюро пропусков»

Данная схема описывает логическую связь между пользователями и определяет функцию каждого пользователя. Схема выдачи очень проста и выдача пропусков не занимает много времени. Автоматизированная система «Бюро пропусков» имеет клиентские компоненты, которые разработаны таким образом, что дают возможность эффективно использовать время выдачи пропусков.

ВЫВОДЫ

В результате автоматизированная система отстраняет пользователя от лишних действий, это

- 1) отсутствие необходимости ручного поиска посетителей в списках, а так же ручного ввода данных о посетителе;
- 2) списки доступа интегрированы в ИС «БП», отсутствует необходимость составления бумажных списков, их согласования и распространения по КПП;
- 3) пропуски для специальных посетителей интегрированы в ИС «БП», специальные посетители получают пропуски на КПП в автоматическом режиме;
- 4) возможность получения информации о заявленном и фактическом времени пребывания посетителей из ИС «БП».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Странгуль, О. Н., Тарасенко, В. П. Корреляционно-экстремальные системы навигации и локации подвижных объектов // *АиТ.* – 2001. – № 7. – С. 201–210.

2 Виленчик, Л. С., Катулев, А. Н., Малевинский, М. Ф. Минимаксный метод оценки параметров изображения // *Изв. РАН. Теория и системы управления.* – 2000. – № 2. – С. 120–123.

3 Попова, Г. М., Степанов, В. Н. Анализ и обработка изображений медико-биологических микрообъектов // *АиТ.* – 2004. – № 1. – С. 131–142.

4 Ворона, В. А., Тихонов, В. А. Системы контроля и управления доступом. – М.: Горячая линия Телеком, 2010. – 272 е.: ил.

5 Аканова, А. С., Жукабаева, Т. К., Когабаев, Д. О. Модели данных аппаратно-программного комплекса контроля допуска сотрудников в помещении предприятия. – *Вестник ПГУ*, № 4.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

А. С. Аканова¹, Н. Н. Оспанова², Г. М. Абильдинова³, Д. Д. Есимова⁴

«Откізу бюросы» автоматтандырылған жүйенің логикалық ұйымдастырылуы

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{2,4}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

³Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

A. S. Akanova¹, N. N. Ospanova², G. M. Abildinova³, D. D. Esimova⁴

Logical organization of automated system «Pass office»

¹S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{2,4}S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Осы мақалада «Өткізу бюросы» автоматтандырылған жүйенің модульдерінің логикалық байланысы көрсетілген, сонымен қатар бағдарламаның қолданушыларының (қызметкерлерінің) жұмыс барысындағы жеңілдіктері айқындалған.

This article describes the logic of the modules of the automated system «Pass Office», along with the functions of the Users (employees) of the system.

ГРНТИ 44.31.01

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

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

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

³магистр строительства, преподаватель, кафедра «Строительства и строительных материалов», Рудненский индустриальный институт, г. Рудный, 111500, Республика Казахстан

e-mail: ¹Kamandar1960@mail.ru; ²aoleinik@mail.ru; ³tkenov.shokan@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

В работе исследуются различные варианты подключения отопительных приборов с целью оптимизации способа подключения и получения наиболее эффективной по температурным параметрам отопительной системы. Выполнены экспериментальные исследования по определению температурных полей в отопительных приборах, которые были дополнены численным исследованием эквивалентной математической модели в программе ANSYS.

Целесообразность и актуальность работы заключена в повышении требований к отопительным системам с позиций энергоэффективного проектирования и строительства.

Ключевые слова: отопительная система, радиатор отопления, энергоэффективность, теплоотдача.

ВВЕДЕНИЕ

В статье экспериментальными и численными методами исследована эффективность отопительных приборов (радиаторов) при различных вариантах их подключения к отопительной системе. Характер подключения отопительных приборов существенно меняет распределение температурных полей по поверхности радиатора и тем самым оказывает влияние на эффективность теплообмена с окружающим воздухом. Традиционно радиаторы отопления устанавливаются под окнами. Целесообразность

расположения приборов в непосредственной близости к окну состоит в том, что поднимающийся от радиатора теплый воздух начинает смешиваться с холодным воздухом, поступающим от окна, и препятствует поступлению холодных масс воздуха непосредственно в отапливаемое помещение. Дополнительной проблемой, особенно в современных условиях, является то, что отопительная система должна быть не только эффективной, но и экономной. Обеспечение подобного баланса представляет собой непростую задачу, решение которой определяет целесообразность и актуальность работы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для того чтобы понимать как подключить радиатор отопления, нужно четко осознавать в какую систему он будет интегрироваться:

Однотрубное отопление. Основывается на подаче воды в радиаторы, установленные в многоэтажном строении. Такое подключение радиатора отопления является самым простым. Однако при доступности монтажа такая схема имеет один серьезный недостаток – невозможно регулировать подачу тепла. Никаких специальных устройств такая система не предусматривает. Поэтому теплоотдача соответствует заложенной проектом расчетной норме.

Двухтрубное отопление. Рассматривая варианты подключения радиаторов отопления, естественно стоит уделить внимание и двухтрубной отопительной системе. Ее функционирование базируется на подаче горячего теплоносителя по одной трубе, а отводу охлажденной воды в обратном направлении по второй трубе. Здесь реализуется параллельное подключение отопительных устройств. Достоинством такого подключения является равномерность нагрева всех батарей. Кроме того интенсивность теплоотдачи можно регулировать вентилем, который монтируется перед радиатором.

Независимо от того реализовано последовательное подключение радиаторов отопления или параллельное функциональным предназначением этих приборов является не только обогрев помещения. Посредством батарей создается определенная защита (экран) от проникновения холода извне. Как раз этим и объясняется расположение батарей под подоконниками. При таком распределении радиаторов в местах наибольших потерь тепла, то есть в районе оконных проемов создается эффективная тепловая завеса.

Оптимальным считается расположение отопительных батарей, если они опущены от низа подоконника на 100 мм и подняты от уровня пола на 120 мм и установлены с зазором 20 мм от стены [1, 2].

Как известно, вода, а обычно именно она заливается в отопительную систему, может циркулировать принудительно или естественно.

Способы циркуляции теплоносителя и соответственно подключения приборов отопления показаны на рис 1.

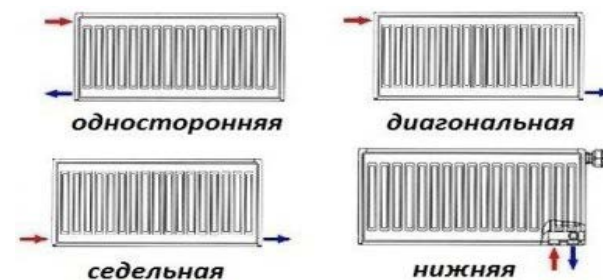
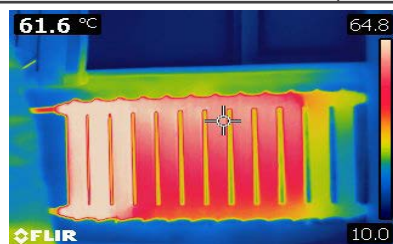


Рисунок 1 – Способы подключения радиаторов

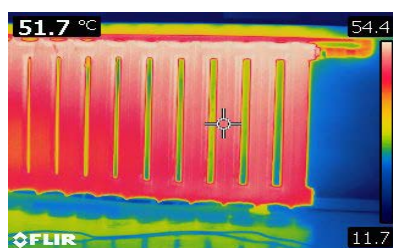
Способ № 1 – *одностороннее подключение*. Такое подключение батареи предполагает монтаж подводящей трубы и отводящей к одной и той же секции радиатора: подача сверху, обратка внизу. Однако если радиатор имеет большое число секций, то будут иметь место значительные теплопотери.

Способ № 2 – *нижнее подключение*. Актуально в тех системах, где трубопровод отопления скрыт под пол. В этом случае и подводящая теплоноситель труба, и отводящая монтируются к нижним патрубкам противоположных секций. У такого подключения батарей «слабым» местом является низкая эффективность, поскольку в процентном измерении теплопотери могут достигать 15 %. По логике вещей в верхней части радиаторы нагреваются неравномерно.

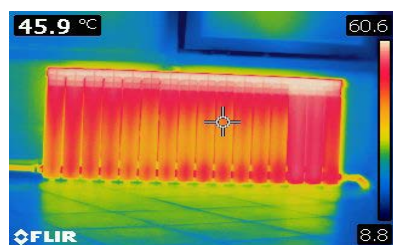
Способ № 3 – *перекрестное (диагональное) подключение*. Этот вариант рассчитан на подключение к отопительной системе батарей с большим количеством секций. Однако, такой способ несет теплопотери в углах радиатора.



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Тепловые измерения отдельных радиаторов с разным способом подвода труб: а – одностороннее, б – перекрестное, в – седельное подключения

Способ № 4 – седельное подключение. Этот вариант является самым рациональным с точки зрения максимальной теплоотдачи. Нижнее подключение в работе не рассматривалось, так как оно является разновидностью одностороннего подключения и имеет такую же эффективность.

В экспериментальной части, в ходе научного исследования, были проведены тепловые измерения отдельных радиаторов, с разным способом подвода труб.

При помощи лазерного термометра выявлены значения температур по поверхности радиаторов. Результаты экспериментальных исследований приведены на рис 2.

Анализ экспериментальных данных, позволяет выявить закономерности распределения температурных полей при различных вариантах подключения приборов.

Для одностороннего варианта подключения характерна высокая неравномерность нагрева радиатора с явно выраженными прямоугольными областями, имеющими почти одинаковую температуру нагрева (рис. 2,а). Максимальный разогрев наблюдается в первой области, охватывающей примерно треть часть радиатора, которая непосредственно связана с входом и выходом подключения. Значительное снижение температуры нагрева наблюдается во второй и третьей областях.

Выраженные треугольные области с примерно одинаковыми температурами нагрева формируются при диагональном подключении (рис. 2,б).

Наиболее равномерный нагрев отопительного прибора осуществляется при седельном подключении (рис. 2,в).

Для детальной визуализации теплового распределения по площади отопительных приборов при том или ином способе подключения экспериментальные исследования были дополнены расчетами температурных полей в программе конечно-элементного анализа ANSYS [3].

Результаты численных исследований приведены на рис 3.

Анализ температурных полей на рис. 3 показывает хорошее соответствие экспериментальных и численных данных.

Для численной оценки эффективности приборов введена условная численная характеристика представляющая собой интеграл температуры нагрева по поверхности отопительного прибора. Графики на рис. 4 иллюстрируют значения этой интегральной характеристики для различных вариантов подключения.

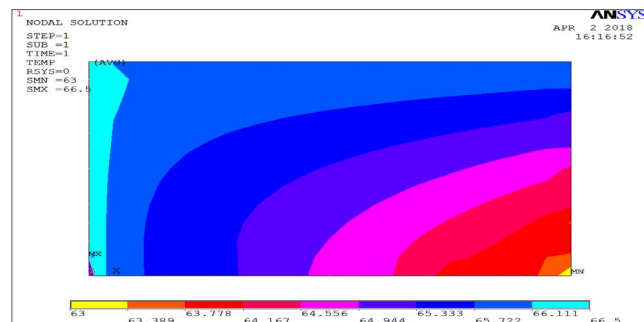
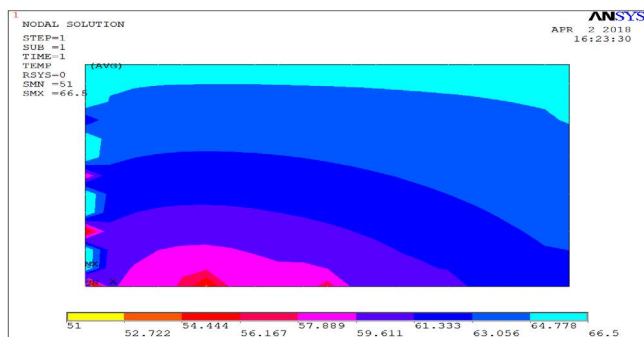
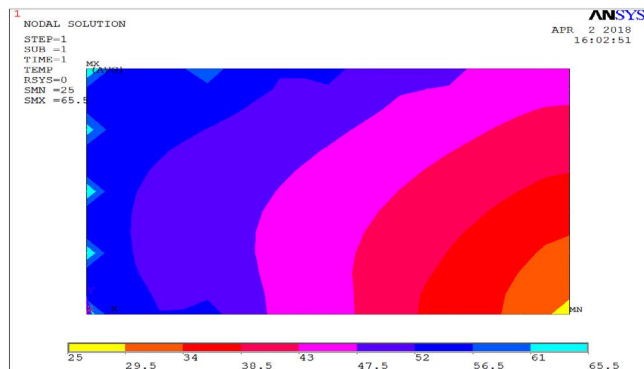


Рисунок 3 – Численные результаты распределения температурных полей:
а – одностороннее, б – перекрестное, в – седельное подключения

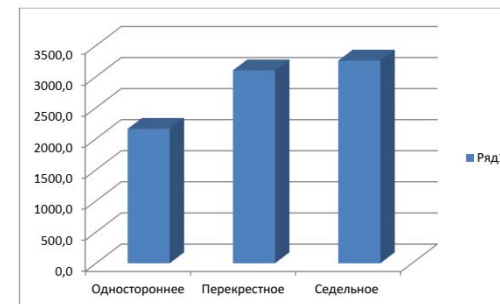


Рисунок 4 – График эффективности использования тепловых

ВЫВОДЫ

1 Самую низкую эффективность обеспечивает одностороннее подключение, при этом распределение температур по поверхности отопительного прибора очень неравномерное.

2 Перекрестное подключение на 50 % эффективнее одностороннего.

3 Седельное подключение дает наиболее равномерный нагрев поверхности радиатора и обеспечивает максимальную эффективность (на 60 % эффективнее одностороннего подключения). Подобный способ подключения является самым оптимальным из всех рассмотренных.

4 Таким образом, экономически выгодней и наиболее целесообразно будет монтировать системы именно этого подключения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СНиП РК 3.02-43-2007. Жилые здания
- 2 СНиП РК 3.02-43-2011. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
- 3 Басов, К. А. ANSYS: справочник пользователя. – М. : ДМК Пресс, 2005. – 640 с.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

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

Жылжымалық құрылғылардың қосымшаны қосылу сағаттарының жылутімділігін зерттеу

^{1,2,3}Рудный индустриалдық институты,
Рудный қ., 111500, Қазақстан Республикасы.
Материал 06.02.19 баспаға түсті.

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

Research of heat efficiency of different connection schemes of heating devices

^{1,2,3}Rudny Industrial Institute,
Rudny, 111500, Republic of Kazakhstan.
Material received on 06.02.19.

Бұл жұмыста жылытқыштарды қосудың әртүрлі нұсқалары қосылудың әдісін оңтайландыру және температура параметрлері бойынша ең тиімді жылу жүйесін алу мақсатында зерттеледі. Жылытқыш құрылғылардағы температура өрістерін анықтау үшін эксперименттік зерттеулер жүргізілді, олар ANSYS бағдарламасындағы баламалы математикалық модель сандық зерттеуімен толықтырылды.

Жұмыстың орындылығымен өзектілігі энергияны үнемдейтін жобалау және құрылыстұрғысынан жылу жүйелеріне қойылатын талаптарды арттыру болып табылады.

In this work, various options for connecting heaters are investigated in order to optimize the method of connection and to obtain the most efficient heating system in terms of temperature parameters. Experimental studies were performed to determine the temperature fields in heating devices, which were supplemented by a numerical study of the equivalent mathematical model in the ANSYS program.

The feasibility and relevance of the work lies in increasing the requirements for heating systems from the standpoint of energy-efficient design and construction.

ГРНТИ 73.29.81

Б. С. Ахметов¹, В. А. Лахно², А. К. Абуова³

¹д.т.н., профессор, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан;

²д.т.н., профессор, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, 01000, Украина

³докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан

e-mail: ¹bakhytzhana.akhmetov.54@mail.ru; ²lva964@gmail.com;

³akbala86@gmail.com

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье обоснована необходимость применения интеллектуальных компьютерных технологий для автоматизации процесса анализа чрезвычайных ситуаций (ЧС) на ж.д. транспорте с автоматической генерацией рекомендаций руководителям по их ликвидации в целях сокращения времени на выработку и принятие обоснованного решения. Показано, что при анализе ЧС на ж.д. особое значение приобретает разработка методик создания СППР, основанных на моделировании скоротечной техногенной ЧС как сложного динамического процесса с учетом причинно-следственных связей. Обоснована необходимость реализации модульного программного продукта для интеллектуального анализа ЧС и выработке оперативных рекомендаций руководителям по их ликвидации.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ, ЧС, железнодорожный транспорт, автоматизация, ликвидирование последствий, оперативный штаб.

ВВЕДЕНИЕ

Подготовка, принятие и реализация управленческих решений по осуществлению организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение скоординированных действий структурных подразделений на чрезвычайные ситуации (ЧС) на железнодорожном (ж.д.) транспорте с целью ликвидации последствий ЧС в возможно короткий срок, является главной задачей оперативных штабов. Оперативные штабы предприятий

«Казахстанские железные дороги» (КЖД), объединений, государственных предприятий, дирекций ж.д. перевозок, учреждений организаций и структурных подразделений создаются для непосредственного руководства, в пределах своей компетенции. Сейчас пункты управления ж.д. транспортом (УЖТ), по сути, являются соответствующими ситуационными центрами руководства реагированием на ЧС и представляют собой иерархическую систему, отражают структуру управления ж.д. транспортом. Действия разнородных по назначению подразделений функциональной подсистемы ж.д. транспорта по локализации опасных ситуаций и ликвидации их последствий определяются значительной сложностью, которая обусловлена влиянием разнохарактерных опасных факторов таких ситуаций на людей, технику и окружающей среды, а также сложностью организации управления этими подразделениями в сложных условиях их работы. Решение таких задач невозможно без широкого применения компьютеризированных систем, в том числе экспертных (ЭС) и систем поддержки принятия решений (СППР).

Для автоматизации оценки обстановки, сложившейся в результате возникновения и развития ЧС, необходимо иметь большое количество информации о характере развития ЧС во времени и пространстве, состоянии специальных подразделений и результатов их действий, обеспеченности материально-техническими средствами, средствами индивидуальной защиты и т.д., причем эта количество информации непрерывно растет вместе с развитием ситуации. Для минимизации последствий ЧС в условиях стремительного роста информационных потоков и дефицита времени встает необходимость в создании четко выстроенной системы автоматизированного оперативного информационно-аналитического обеспечения анализа обстановки, выработки и принятия решений по управлению реагированием на ЧС с широким применением современной вычислительной техники, информационных технологий и СППР. Сейчас в практику управления сложными динамическими многозвенными системами вошли управленческие системы типа СЦ.

При этом под СЦ понимается не только специально оборудованное помещение, но и соответствующие информационные, телекоммуникационные, программные и методические средства, обеспечивающие процесс доставки агрегации информации с целью выработки соответствующего решения.

Все вышесказанное и обусловило выбор темы нашего исследования, которое предполагает разработку моделей и методов построения интеллектуализированных (интеллектуальных) СППР по реагированию на ЧС на ж.д. транспорте.

Методы решения проблем управления в условиях ЧС и математические модели функционирования оперативных подразделений по ее ликвидации

рассмотрены в работах А. В. Филатова, К. Брушлинского, М. М. Соболева и других авторов [1,2]. Особое внимание при этом уделялось принципам построения и архитектуре автоматизированной СППР при тушении пожаров [2, 3], аспектам построения интегрированной экспертно-информационной СППР по ликвидации химических аварий, паводковых ситуаций и лесных пожаров [4], проблемам поддержки принятия решений по выявлению и ликвидации ЧС на основе динамических экспертных систем (ЭС) [3], интеллектуализации процесса поддержки принятия решений в нестандартных ситуациях на предприятиях с использованием информации о состоянии природной среды [4, 5].

Но стоит отметить, что многие публикации не содержат описательной информации, связанной с прогнозированием развития ЧС на ж.д. транспорте с целью выработки рекомендаций руководителям по ликвидации ее последствий [3–5]. Между тем ни одна из проанализированных работ не рассматривает применение специализированных интеллектуализированных СППР (ИСППР) для ликвидации ЧС на объектах ж.д. транспорта.

Отсутствие в настоящее время таких ИСППР значительно усложняет процесс анализа обстоятельств, которые сложились на железной дороге, увеличивает срок времени принятия своевременных, обоснованных решений руководителем ликвидации ЧС, что приводит к увеличению потерь от нее.

Указанное выше обуславливает необходимость сокращения времени на выработку и принятие обоснованного решения руководителями ликвидации ЧС на ж.д. транспорте техногенной природы за счет компьютеризации процессов идентификации таких ситуаций.

Цель исследования.

При анализе ЧС на ж.д. транспорте особое значение приобретает разработка методик создания СППР, основанных на моделировании скоротечной ЧС как сложного динамического процесса с учетом причинно-следственных связей. Это невозможно осуществить без современных информационных технологий.

Для реализации поставленной цели необходимо разработать программный продукт, который состоит из взаимосвязанных интеллектуальных модулей, способен выполнять интеллектуальный анализ ЧС и давать рекомендации руководителям по их ликвидации. При этом необходимо построить модели идентификации ЧС и процесса выработки рекомендаций по их ликвидации с учетом опыта экспертов и требований руководителей [5]. Выбор интеллектуальной системы для анализа ЧС на ж.д. транспорте необходимо обосновать на определенной цели исследования предметной области и на знаниях экспертов по решению подобных проблем.

Разработка надежного интеллектуального программного средства невозможна без использования качественных и быстродействующих динамично изменяющихся баз данных и знаний. При этом входные данные задаются вектором аргументов, содержащий общую информацию о ЧС техногенного характера на ж.д. транспорте.

База знаний (БЗ) должна содержать обобщенные знания по ликвидации ЧС (опыт экспертов и нормативные правила), а также знания о реальной ЧС. Эти знания находятся автоматически или генерируются из обобщенных знаний (знания представляются в виде нечетких логических высказываний, продукционных правил).

Разрабатываемая ИСППР должна иметь блок обработки данных и знаний, характерных для определенной ЧС с целью выработки рекомендаций по ее ликвидации [2, 4].

Принятие управленческих решений происходит с помощью интеллектуальных модулей, которые используют БЗ. Интеллектуальный модуль анализа ЧС является главным компонентом системы и способен автоматизировать процесс анализа.

На наш взгляд, а также основываясь на проведенном выше анализе предшествующих исследований в данной области, наиболее оптимальный способ автоматизировать данный процесс – использовать продукционные правила [1]. Это позволит построить гибкий аппарат расчета и предоставления рекомендаций рекомендуемых мер, сил и средств при ликвидации ЧС. Особенно это актуально в ситуациях, когда у пользователя системы будет очень малое количество входных данных.

Результаты выполнения действий предыдущей продукции могут использоваться в реализации действий или условий в следующей продукции до тех пор, пока ИСППР не предоставит практические рекомендации по количеству мер, сил и средств для ликвидации ЧС.

Кроме того, применение продукционной модели знаний как базовой, позволяет выполнить декомпозицию процесса анализа. То есть разбить задачу на более простые, функционально законченные задачи. Таким образом проектируемая ИСППР должна иметь модульную структуру, что делает ее удобной в эксплуатации и позволит масштабировать по мере имплементации в ее архитектуру новых функциональных модулей.

В зависимости от количества условий и действий при функционировании системы с целью устранения конфликтных ситуаций используют следующие типы правил:

- простое – одно условие и одно действие;
- составленное – много условий и действий;
- разветвленное – одно условие и много действий.

Интеллектуальный анализ предполагает определение параметров ликвидации ЧС, основываясь на применении продукционных правил с постулюмом и выработкой рекомендаций по ликвидации последствий ЧС.

Общий алгоритм работы ИСППР показан на рис. 1.

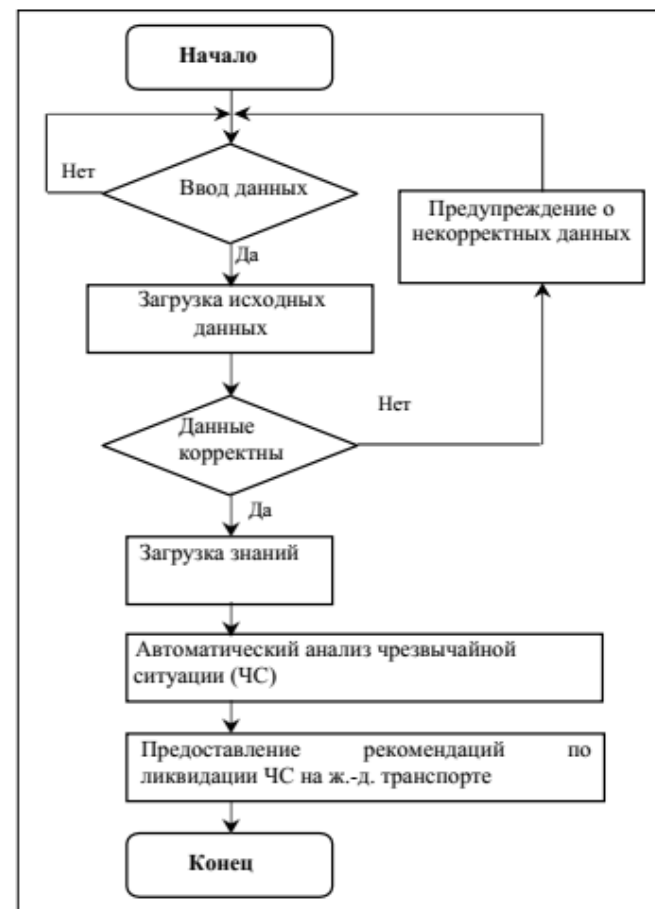


Рисунок 1 – Схема алгоритма работы интеллектуальной системы анализа ЧС на ж.д. транспорте и рекомендации руководителям по ликвидации их последствий

Структура ИСППР показана на рис. 2.

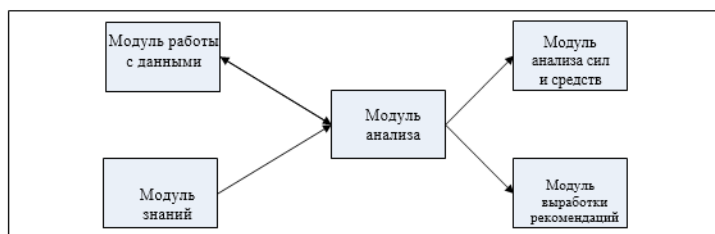


Рисунок 2 – Структура системы

В общем, ИСППР является мощным инструментом, способным анализировать информацию о ЧС и на основе этого анализа быстро и объективно рекомендовать необходимые средства для их ликвидации и предоставлять соответствующие рекомендации. Благодаря предложенной структуре ИСППР характеризуется гибкостью по введению и формированию новых данных и знаний и простотой их редактирования, а также предусматривает возможность проведения расчетов при любом уровне заполнения информационной базы данными.

Модуль ввода и редактирования данных базируется на объектно-ориентированной базе данных (ООБД). Дополнительный уровень абстракции способен обеспечить перехват и обработку запросов к БД и БЗ.

С помощью ООБД решаются следующие задачи:

- возможность отображения семантических связей между сложными информационными структурами;
- устраняется необходимость трансформировать данные с того формата, который поддерживается в СУБД.

Для реализации интеллектуального анализа ЧС на ж.д. транспорте создана база знаний, на основе которой работает интеллектуальный блок, разделяется на две части: алгоритмическую и неалгоритмическую, рис. 3.

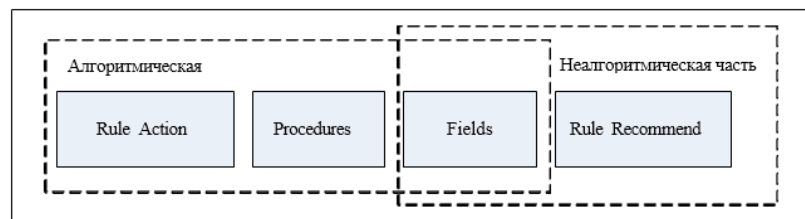


Рисунок 3 – Структура базы знаний системы

База знаний содержит производственные правила. Неалгоритмическая часть системы – это продукция, которые состоят из условий и рекомендаций. Алгоритмические (процедурные знания) в БЗ представляют собой пары правил и процедур. Процедуры (вызываемые, если правила сбываются) во всей своей совокупности создают алгоритм интеллектуального анализа ЧС на ж.д. транспорте.

Основные составляющие разрабатываемого программного продукта: БЗ и БД, модули для воспроизведения данных таблиц, для выполнения запросов, редактирование данных, интеллектуального анализа ЧС, предоставления рекомендаций.

Каждая составляющая программного обеспечения при трассировке конечного программного продукта должна тестироваться на работоспособность. Разрабатываемое программное обеспечение предусматривает также функцию рефакторинга и в результате обеспечит гибкость и понятность разработанного кода программы.

ВЫВОДЫ

– обоснована необходимость применения интеллектуальных компьютерных технологий для автоматизации процесса анализа ЧС на ж.д. транспорте с автоматической генерацией рекомендаций руководителям по их ликвидации в целях сокращения времени на выработку и принятие обоснованного решения;

– показано, что при анализе ЧС на ж.д. транспорте особое значение приобретает разработка методик создания СППР, основанных на моделировании скоротечной техногенной ЧС как сложного динамического процесса с учетом причинно-следственных связей;

– обоснована необходимость реализации модульного программного продукта для интеллектуального анализа ЧС и выработке оперативных рекомендаций руководителям по их ликвидации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ивашенко, А. В.** и др. Мультиагентные технологии для разработки сетевых систем управления // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2011. – Т. 116. – № 3.

2 **Геловани, В. А., Башлыков, А. А., Бритков, В. Б., Вязилов, Е. Д.** (2001). Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. – М. : Эдиториал УРСС, 2001. – 304. – 3.

3 **Кузнецов, О. П.** Интеллектуализация поддержки управляющих решений и создание интеллектуальных систем // Проблемы управления. – 2009. – № 3.1.

4 **Ямалов, И.** Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. – Litres, 2014.

5 **Трахтенгерц, Э. А.** Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений // Проблемы управления. – 2003. – № 1.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Б. С. Ахметов¹, В. А. Лахно², А. К. Абуова³

Темір жол көлігіндегі төтенше жағдайларды талдауға арналған зияткерлік технологиялар

^{1,3}Қазақ қатынас жолдары университеті,
Алматы қ., 050063, Қазақстан Республикасы;

²Украина биоресурстар және
табиғатты пайдалану ұлттық университеті,
Киев қ., 01000, Украина.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

B. S. Akhmetov¹, V. A. Lakhno², A. K. Abuova³

Intellectual technology for the analysis of emergency situations on the railway transport

^{1,3}Kazakh University of Railway Transport,
Almaty, 050063, Republic of Kazakhstan;

²National University of Life and
Environmental Sciences of Ukraine,
Kiev, 01000, Ukraine.

Material received on 06.02.19.

Мақала теміржолдағы төтенше жағдайларды (ЭЖ) талдау үдерісін автоматтандыру үшін зияткерлік компьютерлік технологияларды қолдану қажеттілігін негіздейді. ақпараттандырылған шешімдерді әзірлеуге және қабылдауға уақытты қысқарту мақсатында оларды жою туралы басшыларға автоматты түрде ұсыныс беру. Теміржолдағы төтенше жағдайларды талдау кезінде көрсетілген. Күштік қатынастарды ескере отырып, күрделі динамикалық процесс ретінде өтпелі техногендік төтенше жағдайларды модельдеуге негізделген ДСЖ құру әдістерін әзірлеу ерекше маңызды. Төтенше жағдайларды

интеллектуалды талдау үшін модульдік бағдарламалық қамтамасыз етуді енгізу және оларды жою үшін басшыларға арналған жедел ұсыныстарды әзірлеу қажеттілігі негізделген.

The article substantiates the need to use intelligent computer technologies to automate the process of analyzing emergency situations (ES) on the railway transport with automatic generation of recommendations to managers on their liquidation in order to reduce the time for the development and adoption of an informed decision. It is shown that in the analysis of emergencies on the railway. Of particular importance is the development of methods for creating DSS, based on modeling of transient man-made emergencies as a complex dynamic process, taking into account causal relationships. The necessity of the implementation of a modular software for intellectual analysis of emergencies and the development of operational recommendations for managers to eliminate them is substantiated.

Б. С. Ахметов¹, В. А. Лахно², Г. Т. Еркелдесова³

¹д.т.н., профессор, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан;

²д.т.н., профессор, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, 01000, Украина;

³докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан

e-mail: ¹bakhytzhana.akhmetov.54@mail.ru; ²lva964@gmail.com;

³gulzada888@mail.ru

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ
ДВИЖЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ТРАНСПОРТА
В УСЛОВИЯХ ВРЕМЕННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ**

В статье выполнен анализ состояния беспроводных технологий передачи данных и возможностей их применения на высокоскоростном железнодорожном транспорте (ВСЖТ). Анализ проведен с точки зрения информационного обмена и автоматизации задач диспетчеризации движения ВСЖТ в условиях временных ограничений на принятие решений. Статья содержит краткую презентацию технологии информационного обмена автоматизированной системы координации движения для ВСЖТ. Рассмотрены возможности технологии передачи данных GPRS. Предложена структура системы сбора навигационных данных для ВСЖТ с учетом требований к актуальности и оперативности поступления данных и модель передачи навигационных данных по каналам GPRS для повышения оперативности принятия диспетчерских решений по управлению движением подвижных единиц ВСЖТ в автоматизированном режиме.

Ключевые слова: высокоскоростной железнодорожный транспорт, диспетчеризация движением, информационный обмен, технологии мобильной связи.

ВВЕДЕНИЕ

Транспортная система Республики Казахстан, в том числе железнодорожный (ж.д.) транспорт является важным звеном экономики. При этом в последние годы следуя мировым трендам развития техники

и технологий на ж.д. транспорте в Казахстане активно стали развивать направление по внедрению высокоскоростного подвижного состава. Современные высокоскоростные железнодорожные транспортные системы (далее ВСЖТ) представляют сложную иерархическую систему. Интеграция современных спутниковых технологий, цифровых систем связи и передачи данных обеспечили высочайший уровень качества высокоскоростного железнодорожного транспорта. Как отмечают многие исследователи [1–3], важно не только оснастить подвижные ВСЖТ средствами спутниковой связи, но также обеспечить эффективную обработку параметров движения ВСЖТ на основе автоматизированных информационных технологий обработки данных и принятия решений.

Поэтому обеспечение безопасности движения, своевременности выполнения перевозок является достаточно актуальной задачей управления.

Обзор литературных источников. В работах [3–7] авторами был проведен детальный обзор и анализ различных информационных систем, позволяющих автоматизировать процессы диспетчерского управления ж.д. транспорта, в том числе ВСЖТ. Как показал анализ этих и других публикаций [5–9] по тематике нашего исследования, задача диспетчерского управления и координации движения в существующих автоматизированных системах на ж.д. транспорте требует дальнейшего обобщения. Об этом свидетельствует выполнение коррекции расписания движения преимущественно диспетчерами. Также отсутствуют системы и программные продукты, автоматизирующие этот процесс в режиме реального времени, например, для ВСЖТ.

По результатам анализа ряда публикаций [3–9] выявлено, что перспективным направлением исследований в данной предметной области является организация помощи в принятии решений машинистом и контроль актуальности данных, которые передаются на подвижные средства ВСЖТ. Поэтому предлагается дополнить существующую автоматизированную систему железнодорожного транспорта, в том числе ВСЖТ, за счет реализации автоматизированной информационной системы диспетчеризации движения. Последнее делает тематику статьи релевантной.

Цель работы. Разработка модели передачи навигационных данных по каналам GPRS для повышения оперативности принятия диспетчерских решений по управлению движением подвижных единиц высокоскоростного железнодорожного транспорта в автоматизированном режиме.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

С учетом выполненного обзора предлагается дополнить существующую автоматизированную систему ж.д. транспорта (в том числе ВСЖТ) за счет

реализации информационной системы диспетчеризации движения, которая представлена на рисунке 1.

Предложенная система (рисунок 1) имеет иерархическую структуру, компонентами которой являются автоматизированные рабочие места (АРМы) диспетчеров железных дорог, АРМ диспетчера КЖД, центры коммутации сообщений (SSGN) и каналы связи. На верхнем уровне иерархии находится АРМ диспетчера соответствующей диспетчерской зоны (ДЗ), а нижний уровень иерархии представлен подвижными объектами железных дорог, в частности ВСЖТ.

Основой разрабатываемой системы послужит стандарт связи, удовлетворяющий необходимым требованиям для функционирования системы в целом. Например, в качестве стандарта мобильной связи можно использовать стандарт GSM, см. рисунок 2.



Рисунок 1 – Информационная система автоматизации диспетчеризации движения в составе наземного интеллектуального комплекса по управлению ВСЖТ Республики Казахстан

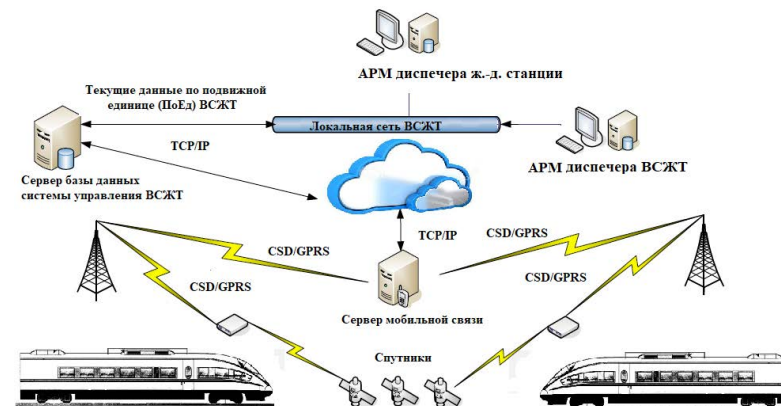


Рисунок 2 – Схема информационного обмена системы координации и диспетчеризации движения ВСЖТ Республики Казахстан

Для полноценного функционирования автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) необходимо использование навигационного оборудования и бортовых интеллектуальных комплексов [1, 2], которые установлены на подвижных средствах ВСЖТ. Они обеспечивают передачу информации о местонахождении ВСЖТ, а также принятие управленческих решений. При этом возникает следующая дилемма – увеличение количества ВСЖТ увеличит сетевую нагрузку в каналах связи. Это, в свою очередь, потребует применять более широкие полосы частот в сравнении с обычными для мобильных систем связи. По мере развития ВСЖТ в Республике Казахстан возникнет необходимость использовать высокоэффективные подходы по управлению каналными ресурсами. Тогда необходимо решить задачи по оцениванию существующих систем GPRS, обеспечивающих связь и передачу данных ВСЖТ.

Технология информационного обмена системы координации движения. В общем виде информационный обмен системы координации движения подвижных средств можно изобразить так, см. рис. 1. Навигационные сигналы спутников GNSS принимаются с помощью специальных GPS / GSM приемников, которые обрабатывают их и получают навигационные данные в координатной системе WGS-84 (широта, долгота, время и др.). В этой системе применяются приемники с частотой обновления информации как минимум 5 раз в секунду (5 Гц), поскольку они обеспечивают необходимую точность при вычислении местоположения объекта на карте.

Принимаются навигационные сигналы на частоте 1227,6 МГц при использовании GNSS Navstar / GPS и 1200 МГц при использовании

ГЛОНАСС. Для получения данных о местоположении (место-определения) поезда приемник должен «увидеть» не менее 4 спутников (иначе погрешность может быть значительной).

Использование технологии GPRS на ж.д. транспорте обусловило существенный прирост пропускного потенциала каналов передачи данных. Так, например, максимальная скорость передачи при условии использования 8 timeslot, может составить примерно 172 кбит/с. Также возможны варианты применения коммутации пакетов, что выгодно отличает данный подход от коммутации каналов в CSD / HSCSD [5–9].

Такой подход в итоге позволяет максимизировать эффективность использования ресурса базовых станций. Но в то же время для реализации этой технологии необходимо дополнить структуру сети новыми компонентами, например такими как SGSN, GGSN [3].

В случае возможности использования технологии EDGE [3–7], которая мало отличима от GPRS, также можно реализовывать информационный обмен на уже имеющихся сетях. Модернизация системы диспетчеризации при внедрении EDGE повлечет и необходимость решения других задач. Это, в частности, относится к вопросам, которые касаются изменений в схемах кодирования, а также модернизации в программном обеспечении на сетевых компонентах. Отметим, что, максимальная скорость, которую может предоставить EDGE, составляет порядка 474 кбит / с (8 timeslot примерно по 60 кбит) [7–9].

С помощью специальной матрицы полученные координаты пересчитываются в координатную систему навигационных карт, созданных для работы с системой координации движения подвижных средств ж.д. и ВСЖТ.

Выходные координаты передаются на сервер оператора мобильной связи с использованием технологии CSD / GPRS. Отметим, что координаты, которые были рассчитаны, используются для отображения местоположения подвижного состава на бортовых компьютерах ВСЖТ. Оператор мобильной связи должен обеспечивать скорость передачи информации с помощью канала GPRS не менее 50 кбит / с и свободную от общего трафика APN [3].

Серверная часть программного обеспечения находится на компьютере с постоянным подключением к сети Internet и IP-адресу. Задачи серверной части можно сформулировать так:

- получать данные с мобильных устройств о местонахождении (текущих координатах) ВСЖТ (или обычного ж.д. транспорта);
- обеспечивать безопасность соединения, кодирования и декодирования данных;
- хранить полученные данные.

Это обеспечивает надежность передачи и хранения данных о маршруте и параметры диспетчеризации ВСЖТ. А также это необходимо в задачах координации движения подвижного состава.

Учитывая возможность потери связи между мобильным оборудованием и сервером, необходимо предусмотреть специальные функции, которые позволяют передать на сервер все данные, которые были накоплены за период времени, когда объект не был в зоне покрытия GSM.

Клиентская часть (диспетчерское рабочее место) по сути является программным продуктом. Данный программный продукт способен работать на обычных компьютерах, которые имеют доступ в Интернет, а также получают данные как в реальном времени, так могут аккумулировать историю данных, поступающих от сервера базы данных (БД).

На сервере БД также хранятся данные GPS мониторинга о ВСЖТ.

Данные из БД можно визуализировать на электронных картах местности, с привязкой к текущему местонахождению объекта ВСЖТ.

Такое построение системы диспетчеризации и координации движения ВСЖТ на основе GPS-навигации позволяет диспетчеру оперативно принимать решения, необходимые для устранения конфликтных ситуаций на дороге.

Особое место среди информационных территориально распределенных систем занимают системы передачи данных для труднодоступных объектов – например система координации движения ВСЖТ. Особенностью таких систем передачи данных является, прежде всего, использование беспроводных каналов связи – радиоканала, спутниковых и мобильных каналов связи. В связи с этим особое значение приобретает задача оптимизации системы связи с такими параметрами, как время, стоимость и надежность доставки сообщения.

Отметим, что в разрабатываемой системе необходимо предусмотреть режим равного доступа подвижных средств ВСЖТ к предоставленным каналам связи. Абоненты должны иметь технологически равные возможности передавать пакеты данных, касающиеся состояния ВСЖТ или голосовые вызовы. Рассматривается возможность реализации сценария, при котором обслуживать голосовой трафик между диспетчером и машинистом ВСЖТ следует с более высоким приоритетом чем обслуживание пакетов GPRS. Это можно регулировать приоритетностью вызова или передачи данных. В проектируемой системе автоматизации диспетчерского управления также следует предусмотреть накопитель для обслуживания только пакетов GPRS.

Таким образом, перспективы дальнейших исследований могут быть сформулированы так:

- 1) формализовать задачи передачи навигационных данных для системы координации движения ж.д. и ВСЖТ. При этом следует принять во внимание оптимизационные задачи распределения средств и ресурса сетей GPRS;

2) выполнить оценку емкости и возможностей имеющейся сети GPRS на ж.д. транспорте для обеспечения необходимого качества услуг и скорости передачи данных.

ВЫВОДЫ

В работе проведен анализ состояния беспроводных технологий передачи данных и возможностей их применения с точки зрения информационного обмена и автоматизации в задачах диспетчеризации движения высокоскоростного ж.д. транспорта в условиях временных ограничений. При этом акцент сделан на требования, которые выдвигаются по отношению к системе координации движения ВСЖТ. В статье содержится описание технологии информационного обмена автоматизированной системы координации движения. В основе системы лежит использование мобильной связи. В частности, рассмотрены возможности технологии передачи данных GPRS. Также в статье предложена структура системы сбора навигационных данных для ВСЖТ с учетом требований к актуальности и оперативности поступления данных. Предложена модель передачи навигационных данных по каналам GPRS для повышения оперативности принятия диспетчерских решений по управлению движением подвижных единиц ВСЖТ в автоматизированном режиме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Борушко, Ю.М.** АСУ «Навигация и управление» на основе спутниковых технологий для железнодорожного транспорта / Ю. М. Борушко, С. Б. Семенов, Н. Н. Титов // Спутниковые технологии и системы цифровой связи на службе железных дорог. – М. : ВНИИАС, 2007. – С. 33–37.

2 **Скалозуб, В. В., Соловьев, В. П., Жуковицкий, И. В., & Гончаров, К. В.** Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) : пособие. – 2013.

3 **Гапанович, В. А., Розенберг, И. Н.** Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 4. – С. 5–11.

4 **Агафонов, Д. В.** Анализ целесообразности отделения железнодорожной инфраструктуры высокоскоростных магистралей в Российской Федерации // Интернет-журнал Науковедение. – 2017. – 9(1 (38)).

5 **Аркатов, Д. Б.** Модели декомпозиции и параллельной обработки данных автоматизированной системы координации движения подвижных средств // Проблемы информационных технологий. – 2012. – № 2. – С. 22–28.

6 **Лёвин, Б. А.** Инноватика в научном обеспечении транспортной безопасности // Мир транспорта. – 2016. – № 1. – С. 38–41.

7 **Davidsson, P.** et al. An analysis of agent-based approaches to transport logistics // Transportation Research part C: emerging technologies. – 2005. – Т. 13. – № 4. – С. 255–271.

8 **Fay, A.** A fuzzy knowledge-based system for railway traffic control // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2000. – Т. 13. – № 6. – С. 719–729.

9 **Ning, B.** et al. Intelligent railway systems in China // IEEE Intelligent Systems. – 2006. – Т. 21. – № 5. – С. 80–83.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Б. С. Ахметов¹, В. А. Лахно², Г. Т. Еркелдесова³

Уақыттық шектеулер жағдайында жоғары жылдамдықты көлік қозғалысын автоматтандыру және диспетчерлеу

^{1,3}Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы қ., 050063, Қазақстан Республикасы;

²Украина биоресурс тар және табиғатты пайдалану ұлттық университеті, Киев қ., 01000, Украина.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

B. S. Akhmetov¹, V. A. Lakhno², G. T. Yerkeldessova³

Automation and dispatching traffic of high-speed transport in terms of time constraints

^{1,3}Kazakh University of Railway Transport, Almaty, 050063, Republic of Kazakhstan;

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 01000, Ukraine.

Material received on 06.02.19.

Мақалада деректерді берудің сымсыз технологияларының жай-күйіне және оларды жоғары жылдамдықты темір жол көлігінде (ЖЖТК) қолдану мүмкіндіктеріне талдау жасалған. Талдау уақыттық шектеулер жағдайында шешімдерді қабылдау ЖЖТК қозғалысын диспетчерлендіру міндеттерін автоматтандыру және ақпараттық алмасу тұрғысынан жүргізілді. Мақалада ЖЖТК үшін қозғалысты үйлестірудің автоматтандырылған жүйесінің ақпараттық алмасу технологиясының қысқаша таныстыруы

откізілген. GPRS деректерді беру технологиясының мүмкіндіктері қарастырылды. Деректер түсуінің өзектілігі мен жеделділігіне қойылатын талаптарды ескере отырып, ЖЖТК үшін навигациялық деректерді жинау жүйесінің құрылымы және автоматтандырылған режимде ЖЖТК жылжымалы бірліктерінің қозғалысын басқару бойынша диспетчерлік шешімдер қабылдау жеделділікті арттыру үшін GPRS арналары бойынша навигациялық деректерді беру моделі ұсынылған.

The article analyzes the state of wireless data transmission technologies and the possibilities of their application in high-speed rail transport (HSRT). The analysis is carried out from the point of view of information exchange and automation of tasks of dispatching of movement of HSRT in the conditions of time restrictions on decision-making. The article contains a brief presentation of the technology of information exchange automated system of coordination of movement for HSRT. The possibilities of GPRS data transmission technology are considered. The structure of system collecting navigation data for HSRT subject to the requirements of the relevance and efficiency of receipt of the data and the model of the transmission of navigation data via GPRS to speed up the adoption of dispatching decisions for managing the movement of mobile units HSRT in the automated mode.

ГРНТИ 73.29.81

Б. С. Ахметов¹, В. А. Лахно², А. О. Оралбекова³

¹д.т.н., профессор, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан;

²д.т.н., профессор, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, 01000, Украина;

³докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан

e-mail: ¹bakhytzhana.akhmetov.54@mail.ru; ²lva964@gmail.com;

³ayaulym83@mail.ru

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ, ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ДЕТЕКТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Выполнен анализ предшествующих исследований в области неразрушающего контроля и технического диагностирования узлов и агрегатов подвижного состава ж.д. транспорта. Рассмотрены такие методы как вибрационный, акустический и тепловой контроль. Обоснована необходимость использования интеллектуальных технологий в задачах неразрушающего контроля и технического диагностирования узлов и агрегатов подвижного состава ж.д. транспорта. Рассмотрена возможность машинного обучения системы детектирования состояния ВСЖТ на основе кластеризации реализаций признаков неисправностей, которые могут быть выявлены разными средствами детектирования и диагностирования. Показано, что использование методов НерК и диагностирования отдельно друг от друга не всегда целесообразно. Обоснована перспективность решений по комплексной оценке результатов детектирования узлов и агрегатов подвижного состава ВСЖТ, основанных на применении в подобных автоматизированных комплексах детектирования, моделей с алгоритмами нечеткой кластеризации сотен признаков неисправностей систем ВСЖТ.

Ключевые слова: методы неразрушающего контроля, подвижной состав железных дорог, кластеризация признаков

ВВЕДЕНИЕ

Надежность, безопасность и долговечность в работе всех ключевых узлов и агрегатов подвижного состава железных дорог, и, в частности, высокоскоростного железнодорожного транспорта (ВСЖТ) в значительной мере связана с постоянным контролем за состоянием рабочих свойств отдельных агрегатов и узлов. При этом с развитием цифровых технологий все более широкое распространение получают методы контроля или детектирования состояния узлов и агрегатов подвижного состава без демонтажа оборудования или его вывода из работы. Эти технологии получили название – неразрушающий контроль [1, 2].

Как было показано рядом авторов [2–5], техническое обслуживание узлов и агрегатов подвижного состава (ПС) железнодорожного транспорта (ж.д. транспорта) на основе показателей фактического состояния оборудования, которые могут быть получены методами неразрушающего контроля, требует точных и надёжных результатов анализа измерений и применения интеллектуализированных автоматизированных технологий обработки различных данных, поступающей от средств контроля и измерения [3–5].

Поэтому тематика исследования, представленной в статье, представляется актуальной.

Цель исследования. Провести сравнительный анализ средств неразрушающего контроля и технического диагностирования узлов и агрегатов подвижного состава ж.д. транспорта на примерах таких методов как вибрационный, акустический и тепловой контроль.

В рамках статьи решаются такие задачи:

1 Выполнить анализ предшествующих исследований в области неразрушающего контроля и технического диагностирования узлов и агрегатов подвижного состава ж.д. транспорта и сравнить используемые методы, в частности рассмотреть такие методы как вибрационный, акустический и тепловой.

2 Обосновать необходимость использования интеллектуальных технологий в задачах неразрушающего контроля и технического диагностирования узлов и агрегатов подвижного состава ж.д. транспорта. Рассмотреть возможности машинного обучения системы детектирования состояния ВСЖТ на основе кластеризации реализаций признаков неисправностей, которые могут быть выявлены разными средствами детектирования и диагностирования.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

С развитием цифровых технологий методы технического неразрушающего контроля и технического диагностирования узлов

и агрегатов ПС ж.д. транспорта (в том числе ВСЖТ) стали весьма востребованными при техническом обслуживании высокотехнологичного оборудования на транспорте [3–5]. За последние годы были разработаны соответствующие нормативные документы, в частности ГОСТы [1].

Техническая диагностика (ТехД), в том числе с использованием таких методов как вибрационный, тепловой и акустический неразрушающий контроль (НерК), становятся неотъемлемой частью технического обслуживания ПС ж.д. транспорта. Как и при традиционных подходах к организации ТехД, применение неразрушающего контроля и диагностирования направлено на то, чтобы обеспечить безопасность, функциональную надёжность и эффективность работы как ПС в целом, так и отдельных узлов и агрегатов. Кроме того, применение систем НерК и ТехД ПС ж.д. транспорта и в частности ВСЖТ, способствует сокращению затрат на его обслуживание. Как результат уменьшаются потери в результате отказов или вывода ПС ж.д. транспорта в ремонт.

Проведение ТехД с использованием методов НерК узлов и агрегатов ПС ж.д. транспорта призвано решить такие задачи: обеспечить получение достоверных данных о состоянии узлов и агрегатов ПС; обеспечить оперативное получение информации о состоянии узлов и агрегатов ПС с целью предотвращения отказов и аварий.

При этом использование методов НерК и технического диагностирования ПС ж.д. транспорта может породить такие проблемы: вероятность не выявить существующую неисправность; вероятность получить ложную информацию о выявлении (обнаружении) неисправностей [3].

Многие исследования в сегменте повышения надежности и безотказности систем ж.д. транспорта (в частности ВСЖТ) направлены на создание и внедрение мобильных диагностических комплексов оценки состояния как подвижного состава, так и технических объектов инфраструктуры.

При этом приоритетными направлениями исследований остаются задачи по созданию: систем контроля и оценивания геометрических параметров железнодорожных путей для ВСЖТ; бесконтактного визуального обнаружения дефектов железнодорожных путей; бесконтактного визуального обнаружения дефектов подвижного состава; и другое.

Для технической реализации средств НерК в настоящее время используется много методов. В рамках данной статьи мы ограничились только тремя методами, которые нашли применение на ж.д. транспорте. Это вибрационный, акустический и тепловой НерК узлов и агрегатов ПС.

Так говоря о применении вибрационного метода в задачах диагностирования и мониторинга состояния узлов и агрегатов ПС ж.д. (в том числе ВСЖТ) можно отметить такие направления исследований и

реализации в соответствующих средствах, направленных на: измерения уровней вибрации отдельных узлов и агрегатов; проведение спектрального анализа; получение информации о контурных характеристиках объекта диагностирования; применение метода ударных импульсов; применение методов, связанных с анализом траектории движения узлов или в целом ПС и др. [5–7].

Для вибрационной диагностики ПС ж.д. транспорта (в том числе ВСЖТ) можно использовать переносные приборы, см. рис. 1, 2. Данное оборудование, по утверждению разработчиков, способно обеспечить выполнение задач, связанных с вибрационным контролем, оценкой технического состояния и выполнением регламентных работ вибрационной отладке узлов и агрегатов [3, 5]. При этом стоит отметить малые габариты технических средств измерителей вибрации, а также возможность задействовать данный арсенал приборов для задач, связанных с оперативным контролем состояния самых разных узлов и агрегатов ПС ж.д. транспорта. Приборы, представленные на рис. 1, способны обеспечить оперативное измерение параметров среднеквадратичных значений вибрационных скоростей узлов и агрегатов ПС ж.д. транспорта в диапазонах частот от 0,5 Гц до 10000 Гц. Однако речь идет именно о работающих узлах и агрегатах ПС. Удобна и форма визуализации результатов измерения, когда данные замеров выводятся на жидкокристаллические индикаторы.

Аппаратно-программные комплексы (см. рис. 2 – современные мощные средства вибрационного контроля системы «Вектор-2000» и «Прогноз-1») способны обеспечить эффективную диагностику тяговых редукторов и буксовых узлов. В качестве данных используется информация, полученная от индукционных датчиков. Датчики можно располагать в непосредственной близости от узлов и деталей ПС, например ВСЖТ. Данные комплексы способны обеспечивать постоянное измерение параметров технического состояния узлов на ходу поезда. А заявленная производителем точность измерений, например, величины выработки зубьев ведущих шестерён и зубчатых колес варьируется от десятых до сотых миллиметра. Благодаря этому можно своевременно выявлять сколы металла, несоблюдение технологий смазки и другие дефекты. Как результат такого НерК, например, возможен вывод по остаточному ресурсу работы шестерен редукторов ПС. Причем диагностирование возможно реализовать на уровнях тележек вагонов, например, для ВСЖТ.



Рисунок 1 – Малогабаритные приборы для проведения неразрушающего вибрационного контроля и диагностирования узлов и агрегатов



Рисунок 2 – Виброанализаторы для диагностирования состояния узлов на ж.д. транспорте

Основным назначением систем «Вектор-2000» и «Прогноз-1» является проведение диагностического и прогнозного оценивания по узлам и агрегатам вращения. К таким узлам и агрегатам можно отнести: соединительные муфты; шестерни; подшипники; рабочие колеса агрегатов; роторы; а также электромагнитные системы ПС ж.д. транспорта, в частности ВСЖТ.

Комплексы включают наборы датчиков вибрации и частоты вращения, а также программное обеспечение для автоматизации диагностики.

Отметим, что основным видом анализа для получаемых сигналов, является спектральный анализ. При этом можно использовать как данные, получаемые при низкочастотной, так и при средне частотной вибрации узлов.

К недостаткам данных устройств можно отнести достаточно узконаправленные изменения, а большая часть методов вибрационной диагностики предназначена лишь для конкретных узлов и агрегатов [5–7].

Методы теплового НерК – универсальные, точные, оперативные, высокопроизводительные способы неразрушающего контроля, которые предоставляют специалистам всесторонние возможности по комбинированию с иными методами НерК узлов и агрегатов ПС ж.д. транспорта.

Также эти методы позволяют широко использовать средства автоматизации при реализации контроля и управления технологическими процессами во время диагностирования и мониторинга текущего состояния узлов и агрегатов, например, букс тележек ж.д. транспорта, см. рис. 3, 4.

Отметим, что тепловой метод НерК узлов и агрегатов ПС ж.д. с точки зрения физической сущности основан на поиске в нарушениях термодинамического равновесия для детектируемых объектов в сравнении с окружающей средой. При этом на поверхностях объекта диагностирования возникают избыточные температурные поля. Отслеживая параметры изменений полей, можно получать информацию об интересующих свойствах объектов, которые диагностируются в текущий момент времени. В свою очередь температурные поля объектов диагностирования зависят от внутренних или наружных дефектов объекта. Например, под дефектами могут подразумеваться скрытые раковины, полости, или иные отклонения в узлах и деталях ПС.

Тепловые методы сочетаются со стандартными системами обработки информации [1].

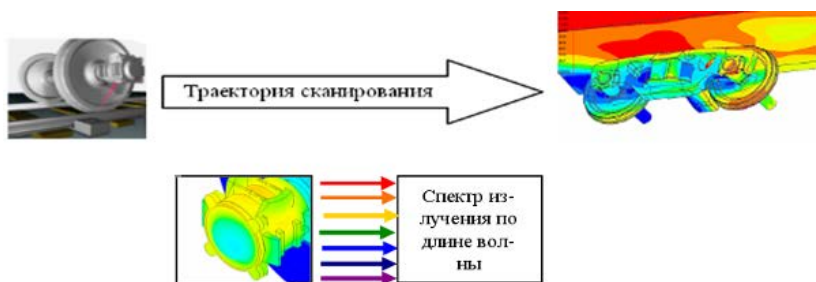
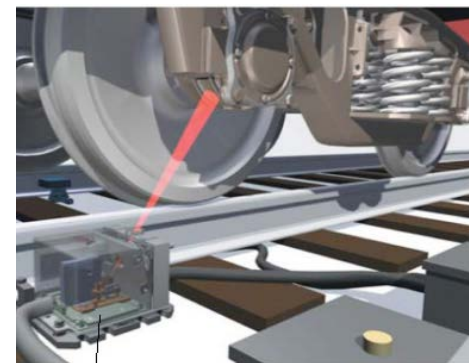


Рисунок 3 – Применение методов теплового контроля для мониторинга состояния элементов экипажной части ПС ж.д. транспорта



Камера

Рисунок 4 – Схема сканирования буксового узла приемником инфракрасного излучения

Методы проведения автоматизированного контроля состояния узлов и агрегатов ПС, рассмотренные выше, имеют как преимущества, так и недостатки, и нельзя однозначно отдать предпочтение тому или иному методу. Это продиктовано тем, что помимо сложности устройств, требований к точности измерений и ограничений в сроках диагностирования еще следует принять во внимание стоимость разработки, установки, требования к обслуживанию и др.

Поиск дефектов должен быть перманентным автоматизированным процессом. Причем вмешательство человека в процесс диагностирования должно быть минимизировано.

В этой связи, в последние годы стали появляться методы акустического НерК узлов и агрегатов ПС. Так, например, любое перемещение колеса ПС по рельсам сопровождается характерным звуком, который будет минимальным при движении идеальной колесной пары по прямой на ровном участке. Однако, поскольку в процессе эксплуатации возможна фиксация незначительных различий в диаметрах колес одной колесной пары, то даже на прямом участке пути будет наблюдаться небольшое проскальзывание колеса, имеющего меньший диаметр, которое и становится причиной возникновения звуков. Даже колесная пара с совершенно одинаковыми диаметрами колес будет выдавать скрип от проскальзывания одного колеса, идущего по внешней рейке в кривой, поскольку диаметр внутренней рельсы меньше и второе колесо проходит его быстрее. Данный эффект используется в различных устройствах, позволяющих реализовать акустический контроль узлов и агрегатов ПС, см. рис. 5.

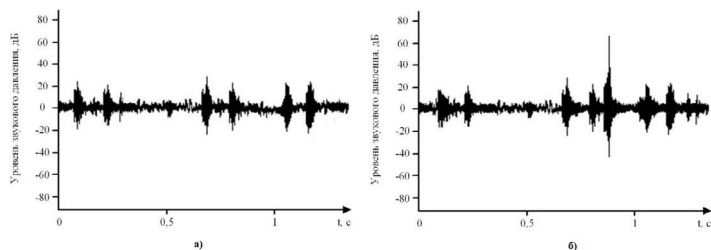


Рисунок 5 – Фрагмент автоматического анализа звука, сопровождающего прохождения подвижного состава неповрежденной (а) и поврежденной (б) поверхности катания колесной пары ПС ж.д. транспорта

Даже предварительно проведенный обзор исследований в области автоматизации бесконтактного детектирования состояния систем ВСЖТ показал, что существует актуальная научная задача развития математических методов и моделей для средств автоматизации бесконтактного детектирования состояния систем ВСЖТ [4–7]. В частности, перспективным представляется решение, основанное на применении в подобных автоматизированных комплексах детектирования моделей с алгоритмами нечеткой кластеризации сотен признаков неисправностей систем ВСЖТ.

Математическая постановка проблемы, решаемой в наших исследованиях, может быть сформулирована так: пусть в общем случае задан нечеткий алфавит классов детектируемых неисправностей (или объектов распознавания (ОбР) $\{OB_h^0 | h = \overline{1, H}\}$, где H – количество классов детектируемых неисправностей ВСЖТ (или ОбР – Об). Каждый из них характеризует функциональное состояние диагностируемых (детектируемых) систем и узлов ВСЖТ. В результате машинного обучения формируются учебные матрицы. Матрицы имеют вид «объект детектирования–свойство».

Кроме того система детектирования узлов ВСЖТ содержит алфавит $\|AL_{h,j}^i | i = \overline{1, N}; j = \overline{1, n}\|$, где N – количество диагностических функций в системе автоматического детектирования неисправностей ВСЖТ. Также на стадии обучения системы детектирования задан структурированный вектор параметров, влияющий на результативность машинного обучения: $q_h = \langle ob_h, di_h, \delta_i \rangle$, где di_h – кодовое расстояние, определяющее радиус контейнера класса распознавания OB_h^0 . (Далее будем полагать, что класс задан двоичной обучающей матрицей) [6,7], δ_i – рабочий допуск в i -м детектируемом признаке состояния диагностируемых систем ВСЖТ.

Наши исследования ведутся в таких направлениях: во время машинного обучения необходимо: 1) оптимизировать параметры вектора q_h ; 2) определить

критерий эффективности системы автоматизированного детектирования состояния систем ВСЖТ; 3) в процессе машинного обучения сформировать решающие правила для детектирования неисправностей, в частности путем оптимизации параметров контейнеров классов распознавания.

Полагаем, что запланированные нами исследования позволят повысить достоверность результатов процедур автоматической оценки неисправностей и дефектов компонентов ВСЖД и, соответственно, степень достоверности принимаемых решений по организации технического обслуживания и текущего ремонта.

ВЫВОДЫ

В работе выполнен анализ предшествующих исследований в области неразрушающего контроля и технического диагностирования узлов и агрегатов подвижного состава ж.д. транспорта. Рассмотрены такие методы как вибрационный, акустический и тепловой контроль.

Обоснована необходимость использования интеллектуальных технологий в задачах неразрушающего контроля и технического диагностирования узлов и агрегатов подвижного состава ж.д. транспорта.

Рассмотрены возможность машинного обучения системы детектирования состояния ВСЖТ на основе кластеризации реализаций признаков неисправностей, которые могут быть выявлены разными средствами детектирования и диагностирования.

Показано, что использование методов НерК и диагностирования отдельно друг от друга не всегда целесообразно. Одновременное диагностирование и детектирование несколькими методами однозначно дает более полную картину по объекту исследования. Обоснована перспективность решений по комплексной оценке, результатов детектирования узлов и агрегатов подвижного состава ВСЖТ, основанных на применении в подобных автоматизированных комплексах детектирования, моделей с алгоритмами нечеткой кластеризации сотен признаков неисправностей систем ВСЖТ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения Technical diagnostics. Terms and definitions [Текст]. Дата введения 1991-01-01. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 26.12.89 № 4143. Взамен ГОСТ 20911-75. Переиздание. – Ноябрь 2009 г. [Электронный ресурс], – <http://docs.cntd.ru/document/1200009481>.

**М. А. Бейсенбі¹, Ш. С. Мусабиева², А. К. Сампаева³,
Н. М. Кусикова⁴, А. У. Садвакасова⁵**

¹д.т.н., профессор, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010022, Қазақстан Республикасы;

²докторант, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010022, Қазақстан Республикасы;

³докторант, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010022, Қазақстан Республикасы;

⁴ф.-м.ғ.к., доцент, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010022, Қазақстан Республикасы;

⁵аға оқытушы, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010022, Қазақстан Республикасы;

e-mail: ¹beisembi_ma@mail.ru; ²maksat_edok@mail.ru;

³aynaSatpay@mail.ru; ⁴knms@mail.ru, ⁵asema_super@mail.ru

«ГИПЕРБОЛИКАЛЫҚ ОМБИЛИКА» СЫНЫБЫНДА ҚҰРЫЛҒАН КӨП ӨЛШЕМДІ ЖӘНЕ БЕЙСЫЗЫҚТЫ ЖҮЙЕЛЕРДІ ЗЕРТТЕУ

Мақалада көп өлшемді және бейсызықтық жүйе үшін апат теориясынан «гиперболикалық омбилика» апатының сыныбындағы бейсызықты объектілерді детерминделген бейберекетсіз режиміндегі басқару жүйесін құру әдісі ұсынылады. Робасты орнықтылықтың потенциалын жоғарлату, кепіл жүйесін «біртүрлі аттрактордың» туындауымен детерминделген бейберекетсіз режимінен қорғаудың негізгі себебі болатынын көрсетеді. Басқару жүйесін робасты орнықтылықтың потенциалын жоғарлатуымен зерттеу үшін, Ляпуновтың вектор функциясының градиентті-жылдамдықты әдісімен жүзеге асырылады.

Басқарудың заманауи мәселесі үшін туындайтын барлық күрделілік және басқару объектілердің бейсызықтығы, белгісіздік және ақпараттың толық болмау шартындағы басқару жүйесінің орнықсыздық талаптарымен сипатталады. Соңғы жылдары динамианың бейберекетсіз мүмкіндіктері бейсызықты жүйелерде

үлкен көлемде анықталған болатын. Қазіргі уақытта, басқарудың шынайы объектілері бейсызықты екені жалпы мойындалған және бейсызықты динамикалық жүйелердің негізгі қасиетінің бірі болатын «біртүрлі аттрактордың» туындауымен детерминделген бейберекетсіз режимдердің туындауы болып табылады.

Кілтті сөздер: басқару, робастық орнықтылық, бейсызықты жүйе, біртүрлі аттрактор, гиперболикалық омбилика.

КІРІСПЕ

Қазіргі уақыттағы заманауи автоматты басқару теориясының маңызды бағыттарының бірі болып – белгісіздік шартында басқару жүйелерін талдау мен синтездеу табылады. Бұл келесідей әртүрлі факторлармен байланысты, яғни техникалық объектілердің және технологиялық үрдістердің математикалық модельдерін нақты білмеуі, модельдің сипаттамасын қысқартуы, күрделілік дәрежесін төмендету немесе қолданыстағы бейсызықтылықты елемей жіберіп алуда [1, 2]. Робастықтық мәселесі бүгінгі күнде басқару теориясында маңызды мәселелердің бірі болып тұр. Белгісіздік шартында басқару жүйелерін талдау мен синтездеу үшін көптеген әдістер өңделген.

Басқару жүйелеріндегі робастық орнықтылықты зерттеудің өзектілігі келесідей басқарылады, біріншіден, биология, техника және т.с.с. басқару жүйелерінде пайда болумен байланысты, ғылымның заманауи қажеттіліктері мен оның практикалық есептердегі қосымшаларында; екіншіден, инженерлік практикасымен тікелей байланысты шешілмеген есептердің көп болуында.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Заманауи шарттарында ғылыми зерттеудің өзекті мәселесі болып, робасты орнықтылық потенциалы жоғарылатылған басқару жүйелерін талдау мен синтездеу әдістерін зерттеу мен өңдеуде табылады.

Апаттар теориясынан алынған құрылымдық орнықты бейнелеу сыныбындағы сызықтық динамикалық объектілер үшін басқару заңдылықтарын таңдауда, оған деген ұсынылып отырған тәсілдер мен басқару жүйесін құру концепциясы, робасты орнықтылық потенциалы шектеулі жоғарылатылған автоматтандырылған басқару жүйесін құруға мүмкіндік береді [6, 7].

Үшпараметрлік құрылымдық орнықты бейнелеуде («гиперболикалық омбилика» апаты) үш басқарушы параметр және екі фазалық координаттар бар, олар басқару жүйелерін жобалауда көптеген мүмкіншіліктер береді. Сонымен қатар, басқару жүйелерін бейсызықтық нысандар үшін үшпараметрлік

құрылымдық орнықты бейнелеу сыныбы көрсеткіштер сапасы жағынан бірнеше артықшылықтарға ие [8, 16, 15].

Басқарудың бейсыздықты стационарлы жүйесі келесі теңдеумен сипатталсын:

$$\dot{X} = f(X) + Bu, \quad X \in R^n, \quad u \in R^m \quad (1)$$

мұндағы $f(\bullet)$ - $n(f(\bullet) \in R^n)$ өлшемінiң вектор-функциясы болып табылады, $u(t)$ -м өлшемінiң вектор – функциясы болады, олар үшпараметрлік құрылымды-орнықты бейненің түрінде берілген.

$$u_i = -X_i^3 - X_{i+1}^3 - k_{i,i+1}^o X_i X_{i+1} + k_i X_i + k_{i+1} X_{i+1}, \quad i = 1, \dots, n-1 \quad (2)$$

Басқару матрицасы қарапайымдылық үшін диагоналды түрде берілген.

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & b_{mm} \end{pmatrix}$$

Бейсыздықты стационарлы объект мына теңдеумен сипатталады:

$$\dot{X} = f(X) \quad (3)$$

Басқару объектісінің ашық түрінің теңдеу жағдайын келесі түрде ұсына аламыз:

$$\begin{aligned} \dot{X}_1 &= f_1(X_1, \dots, X_n) \\ \dot{X}_2 &= f_2(X_1, \dots, X_n) \\ &\dots \\ \dot{X}_n &= f_n(X_1, \dots, X_n) \end{aligned} \quad (4)$$

(4) теңдеуінің оң жағындағы барлық функциясын апат теориясының қатарлық теоремасын пайдалана отырып, каноникалық түріне келтіреміз.

Бірнеше рет айтылғандай, детерминделген бейберекетсіздіктің қасиеті, бифуркация, өзін-өзі ұйымдастыру орнықтылықтың қасиетімен анықталады және жүйенің наразылығының алуан түрлі жауабымен байланысты. Осыған байланысты $X_{s1}, \dots, X_{s2}, \dots, X_{sn}$, «стандартты жағдайын» енгіземіз, мұндағы $\{X_{si}\}$ айнымалы жағдайдың жиынын ұсынады, ішкі ауытқулармен немесе сыртқы наразылықтармен үздіксіз зерттеледі. Егер, біз, толығымен игерілмеген жүйемен жұмыс жасасақ, яғни жүйеде сыртқы наразылықтар мен басқарулар әсер етпесе, онда $X_s = (X_{s1}, \dots, X_{sn})$ стационарлы шешімнің уақытының тәуелсіз болуына сәйкес болады. Мұндай нәтиже, жүйеде детерминделген бейберекетсіздіктің және мінез – құлықтың күрделі типінің жоқтығын білдіреді. Осыдан, күрделі мінез – құлықтың және детерминделген бейберекетсіздіктің пайда болуын, $X_s = (X_{s1}, \dots, X_{sn})$ -тан жаңа типтің шешімі ретінде қарастыру керек.

Қалыпты жағдайды қарастыратын орнықтылықты анықтауға мүмкіндік беретін, формализмнің қандай болатынын қарастырайық. Орнықтылық теориясының негізгі қиындығы мынамен байланысты, яғни айнымалысы көп саны бар болып, берілген мәселені сипаттайтын болса.

$(u(t) = 0)$ басқару кезінде X -тың өзгеруі және $(z(t) = 0)$ наразылық тудыратын ықпалы нөлге тең болса, яғни жүйенің бос қозғалысын мына түрде жазуға болатын болса:

$$\frac{dX}{dt} = f(X) \quad (5)$$

мұндағы $f(\bullet)$ – кеңістікте бар вектор-функция, онда $X = (X_1, \dots, X_n)^T$ векторы анықталған. Бұл вектор-функция әдетте бейсыздықты.

Жоғарыда енгізілген X_s стандартты жағдайы (5) теңдеуінің жеке шешуі болады. Осыдан:

$$\frac{dX_s}{dt} = f(X_s)$$

Ұсынылған (5) көмегімен x үшін келесі теңдеуді алуға болады:

$$\frac{dx}{dt} = f(X_s + x) - f(X_s)$$

Өрине, бұл теңдеуді ыдыратуға болады, оның оң жағы кез келген стандартты X_s жағдайына жақын. Егер f функциясы X – бойынша полином түріне ие болса, онда ол мүшелердің соңғы санына әкеліп соқтырады. Бірақ, күрделі жағдайларда f функциясы X -бойынша басқа да тәсілдеріне

(9) жүйесінің (11), (13) және (14) стационарлы жағдайдың орнықтылығын Ляпуновтың вектор-функциясының градиентті-жылдамдықты әдісімен зерттейміз.

1 (11) стационарлы жағдайдың орнықтылығын қарастырайк. (9)-дан $V(x) = (V_1(x), V_2(x), \dots, V_n(x))$ кезіндегі вектор-функциясынан антиградиенттің векторының компоненттерін табамыз:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_1} = b_{11}x_1^3 + \frac{1}{2}b_{11}k_{12}x_1x_2 - b_{11}\left(k_1 + \frac{a_{11}}{b_{11}}\right)x_1 \\ \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_2} = b_{11}x_2^3 + \frac{1}{2}b_{11}k_{12}x_1x_2 - b_{11}\left(k_2 + \frac{a_{11}}{b_{11}}\right)x_2 \\ \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_3} = -a_{13}x_3, \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_4} = -a_{14}x_4, \dots, \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_n} = -a_{1n}x_n \\ \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_1} = b_{22}x_1^3 + \frac{1}{2}b_{22}k_{12}x_1x_2 - b_{22}\left(k_1 + \frac{a_{21}}{b_{22}}\right)x_1 \\ \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_2} = b_{22}x_2^3 + \frac{1}{2}b_{22}k_{22}x_1x_2 - b_{22}\left(k_2 + \frac{a_{22}}{b_{22}}\right)x_2 \\ \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_3} = -a_{23}x_3, \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_4} = -a_{24}x_4, \dots, \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_n} = -a_{2n}x_n \\ \dots \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_1} = -a_{n1}x_1, \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_2} = -a_{n2}x_2, \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_3} = -a_{n3}x_3, \dots, \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_{n-1}} = b_{nn}x_{n-1}^3 + \frac{1}{2}b_{nn}k_{n-1,n}x_{n-1}x_n - b_{nn}\left(k_{n-1} + \frac{a_{n,n-1}}{b_{nn}}\right)x_{n-1} \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_n} = b_{nn}x_n^3 + \frac{1}{2}b_{nn}k_{n-1,n}x_{n-1}x_n - b_{nn}\left(k_n + \frac{a_{nn}}{b_{nn}}\right)x_n \end{cases} \quad (15)$$

(9)-дан жүйенің координаттарына жылдамдықтың вектор компоненттерінің проекциясын анықтаймыз.

Ляпуновтың вектор-функциясынан уақыт бойынша толық туындыны табамыз, вектор жылдамдығына (15) вектор градиентінің скалярлы туындысы ретінде.

$$\begin{aligned} \left(\frac{dV(x)}{dt}\right) &= -b_{11}^2 \left[x_1^3 + \frac{1}{2}k_{12}x_1x_2 - \left(k_1 + \frac{a_{11}}{b_{11}}\right)x_1 \right]^2 - b_{11}^2 \left[x_2^3 + \frac{1}{2}k_{12}x_1x_2 - \left(k_2 + \frac{a_{12}}{b_{11}}\right)x_2 \right]^2 - \\ &- a_{13}^2x_3^2 - \dots - a_{1n}^2x_n^2 - b_{22}^2 \left[x_1^3 + \frac{1}{2}k_{12}x_1x_2 - \left(k_2 + \frac{a_{21}}{b_{22}}\right)x_1 \right]^2 - b_{22}^2 \left[x_1^3 + \frac{1}{2}k_{12}x_1x_2 - \left(k_2 + \frac{a_{22}}{b_{22}}\right)x_2 \right]^2 - \\ &- a_{23}^2x_3^2 - \dots - a_{2n}^2x_n^2 - \dots - a_{n1}^2x_1^2 - a_{n2}^2x_2^2 - \dots - b_{nn}^2 \left[x_{n-1}^3 + \frac{1}{2}k_{n-1,n}x_{n-1}x_n - \left(k_{n-1} + \frac{a_{n,n-1}}{b_{nn}}\right)x_{n-1} \right]^2 - \\ &- b_{nn}^2 \left[x_n^3 + \frac{1}{2}k_{n-1,n}x_{n-1}x_n - \left(k_n + \frac{a_{nn}}{b_{nn}}\right)x_n \right]^2 \end{aligned} \quad (16)$$

(16)-дан, Ляпунов вектор-функциясынан уақыт бойынша толық туынды, теріс-белгі функция екенін көре аламыз, осыдан, жүйенің асимптотикалық шарты жеткілікті орындалады.

(15)-тің градиенттерінің компоненттері бойынша Ляпуновтың вектор-функциясын скалярлы пішінде құрамыз.

$$\begin{aligned} V_1(x) &= \frac{1}{4}b_{11}x_1^4 + \frac{1}{4}b_{11}k_{12}x_1^2x_2 + \frac{1}{2}b_{11}\left(k_1 + \frac{a_{11}}{b_{11}}\right)x_1^2 + \frac{1}{4}b_{11}x_2^4 + \frac{1}{4}b_{11}k_{12}x_1^2x_2^2 - \\ &- \frac{1}{2}b_{11}\left(k_2 + \frac{a_{12}}{b_{11}}\right)x_2^2 - \frac{1}{2}a_{13}x_3^2 - \dots - \frac{1}{2}a_{1n}x_n^2 + \frac{1}{4}b_{22}x_1 + \frac{1}{4}b_{22}k_{12}x_1^2x_2 - \\ &- \frac{1}{2}\left(k_1 + \frac{a_{21}}{b_{11}}\right)x_1^2 + \frac{1}{4}b_{22}x_2^4 + \frac{1}{4}b_{22}k_{12}x_1x_2^2 - \frac{1}{2}\left(k_2 + \frac{a_{22}}{b_{22}}\right)x_2^2 - \frac{1}{2}a_{23}x_3^2 - \dots - \\ &- \frac{1}{2}a_{2n}x_n^2 - \dots - \frac{1}{2}a_{n1}x_1^2 - \frac{1}{2}a_{n2}x_2^2 - \dots - \frac{1}{2}a_{n,n-1}x_{n-2}^2 + \frac{1}{4}b_{nn}x_{n-1}^4 + \\ &+ \frac{1}{4}b_{nn}k_{n-1,n}x_{n-1}^2x_n - \frac{1}{2}b_{nn}\left(k_{n-1} + \frac{a_{n,n-1}}{b_{nn}}\right)x_{n-1}^2 + \frac{1}{4}b_{nn}x_n^4 + \frac{1}{4}b_{nn}k_{n-1,n}x_{n-1}x_n^2 - \\ &- \frac{1}{2}b_{nn}\left(k_2 + \frac{a_{nn}}{b_{nn}}\right)x_n^2 \end{aligned} \quad (17)$$

$V(x)$ Ляпунов функциясының оңды немесе теріс анықтылықтың шартын (17)-ден анық көреміз, сол үшін апат теориясының Морс леммасын пайдалана аламыз.

Морс леммасы бойынша (17) Ляпуновтың функциясын (11) стационарлы жағдайының аумағында жергілікті түрде (9) теңдеу жағдайын ескере отырып, квадраттық түрде келесідей ұсына аламыз [8]:

$$\begin{aligned} V_{1j}(x) &\approx [(b_{11} + b_{22})k_1 + a_{11} + a_{21} + \dots + a_{n1}]x_1^2 - [(b_{11} + b_{22})k_2 + a_{12} + a_{22} + \dots + a_{n2}]x_2^2 - \\ &- \dots - [(b_{n-1,n-1} + b_{nn})k_n + a_{1n} + a_{2n} + \dots + a_{nn}]x_n^2 \end{aligned} \quad (18)$$

(18) квадраттық түрінен анықтылықтың оңды шарты:

$$\begin{cases} (b_{11} + b_{22})k_1 + a_{11} + a_{21} + \dots + a_{n1} < 0 \\ (b_{11} + b_{22})k_2 + a_{12} + a_{22} + \dots + a_{n2} < 0 \\ \dots \\ (b_{n-1,n-1} + b_{nn})k_n + a_{1n} + a_{2n} + \dots + a_{nn} < 0 \end{cases} \quad (19)$$

Осылайша, (11) орнықтылықтың стационарлы жағдайының облысы (19) теңсіздік жүйесінің орындалуымен анықталады.

2 (13) және (14) орнықтылықтың стационарлы жағдайын зерттейміз. (9) теңдеуінің жағдайын (13) пен (14) стационарлы жағдайға байланысты

ауытқуларда ұсынамыз. (13) немесе (14) стационарлы жағдайы келесідей жазылады:

$$\begin{cases} \dot{x} = -b_{11}x_1^3 - b_{11}x_2^3 - b_{11}k_{12}x_1x_2 - 3b_{11}\sqrt{k_1 + \frac{a_{11}}{b_{11}}x_1^2} - 3b_{11}\sqrt{k_2 + \frac{a_{12}}{b_{11}}x_2^2} - \\ - 2b_{11}\left(k_1 + \frac{a_{11}}{b_{11}}\right)x_1 - 2b_{11}\left(k_2 + \frac{a_{12}}{b_{11}}\right)x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \\ \dot{x} = -b_{22}x_1^3 - b_{22}x_2^3 - b_{22}k_{12}x_1x_2 - 3b_{22}\sqrt{k_1 + \frac{a_{21}}{b_{11}}x_1^2} - 3b_{22}\sqrt{k_2 + \frac{a_{22}}{b_{22}}x_2^2} - \\ - 2b_{22}\left(k_1 + \frac{a_{21}}{b_{22}}\right)x_1 - 2b_{22}\left(k_2 + \frac{a_{22}}{b_{22}}\right)x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n \\ \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dot{x}_n = a_{n1}x_1 + \dots + a_{n2}x_2 + \dots + b_{nn}x_{n-1}^3 - b_{nn}x_n^3 - b_{nn}k_{n-1}x_{n-1}x_n - \\ - 3b_{nn}\sqrt{k_{n-1} + \frac{a_{n,n-1}}{b_{n,n-1}}x_{n-1}^2} - 3b_{nn}\sqrt{k_n + \frac{a_{nn}}{b_{nn}}x_n^2} - 2b_{nn}\left(k_{n-1} + \frac{a_{n,n-1}}{b_{nn}}\right)x_{n-1} - 2b_{nn}\left(k_n + \frac{a_{nn}}{b_{nn}}\right)x_n \end{cases} \quad (20)$$

Градиент векторына жылдамдық векторының скалярлы туындысы ретінде, Ляпуновтың вектор-функциясының уақыты бойынша толық туындысын табамыз [8]:

$$\begin{aligned} \frac{dV(x)}{dt} = & -b_{11}^2 \left[x_1^3 + \frac{1}{2}k_{12}x_1x_2 + 3\sqrt{k_1 + \frac{a_{11}}{b_{11}}x_1^2} + 2\left(k_1 + \frac{a_{11}}{b_{11}}\right)x_1 \right]^2 - \\ & - b_{11}^2 \left[x_2^3 + \frac{1}{2}k_{12}x_1x_2 + 3\sqrt{k_2 + \frac{a_{12}}{b_{11}}x_2^2} + 2\left(k_2 + \frac{a_{12}}{b_{11}}\right)x_2 \right]^2 - a_{13}^2x_3^2, \dots, -a_{1n}^2x_n^2 \\ & - b_{22}^2 \left[x_1^3 + \frac{1}{2}k_{12}x_1x_2 + 3\sqrt{k_1 + \frac{a_{21}}{b_{22}}x_1^2} + 2\left(k_1 + \frac{a_{21}}{b_{22}}\right)x_1 \right]^2 - \\ & - b_{22}^2 \left[x_2^3 + \frac{1}{2}k_{12}x_1x_2 + 3\sqrt{k_2 + \frac{a_{22}}{b_{22}}x_2^2} \right]^2 - a_{23}^2x_3^2, \dots, -a_{2n}^2x_n^2 - \\ & \dots \dots \dots \dots \dots \\ & - a_{n1}^2x_1^2 - a_{n2}^2x_2^2, \dots, - \\ & - b_{nn}^2 \left[x_{n-1}^3 + \frac{1}{2}k_{n-1,n}x_{n-1}x_n + 3\sqrt{k_{n-1} + \frac{a_{n,n-1}}{b_{nn}}x_{n-1}^2} + 2\left(k_{n-1} + \frac{a_{n,n-1}}{b_{nn}}\right)x_{n-1} \right]^2 - \\ & - b_{nn}^2 \left[x_n^3 + \frac{1}{2}k_{n-1,n}x_{n-1}x_n + 3\sqrt{k_n + \frac{a_{nn}}{b_{nn}}x_n^2} + 2\left(k_n + \frac{a_{nn}}{b_{nn}}\right)x_n \right]^2, \end{aligned} \quad (21)$$

(21)-ден Ляпунов вектор-функциясының уақыт бойынша толық туындысы теріс-белгі түрінде болатыны көрініп тұр, осыдан, (20) жүйесінің асимптотикалық орнықтылықтың жеткілікті шарты орындалады.

Ляпуновтың вектор-функциясының градиент компоненттері бойынша Ляпунов вектор-функциясының скалярлы пішінін құраймыз:

$$\begin{aligned} V(x) = & \frac{1}{4}b_{11}x_1^4 + \frac{1}{4}b_{11}k_{12}x_1^2x_2 + b_{11}\sqrt{k_1 + \frac{a_{11}}{b_{11}}x_1^2} + b_{11}\left(k_1 + \frac{a_{11}}{b_{11}}\right)x_1^2 + \\ & + \frac{1}{4}b_{22}x_2^4 + \frac{1}{4}b_{22}k_{12}x_1^2x_2 + b_{22}\sqrt{k_2 + \frac{a_{12}}{b_{22}}x_2^2} + b_{11}\left(k_2 + \frac{a_{22}}{b_{22}}\right)x_2^2 - \frac{1}{2}a_{13}x_3^2 - \dots - a_{1n}x_n^2 + \dots, + \\ V(x) = & -\frac{1}{2}a_{n1}x_1^2 - \frac{1}{2}a_{n2}x_2^2 - \dots + \frac{1}{4}b_{nn}x_{n-1}^4 + \frac{1}{4}b_{nn}k_{n-1}x_{n-1}^2x_n + b_{nn}\sqrt{k_{n-1} + \frac{a_{n,n-1}}{b_{nn}}x_{n-1}^2} + \\ & + b_{nn}\left(k_{n-1} + \frac{a_{n,n-1}}{b_{nn}}\right)x_{n-1}^2 + \frac{1}{4}b_{nn}x_n^4 + \frac{1}{4}b_{nn}k_{n-1,n}x_{n-1}x_n^2 + b_{nn}\sqrt{k_n + \frac{a_{nn}}{b_{nn}}x_n^2} + b_{nn}\left(k_n + \frac{a_{nn}}{b_{nn}}\right)x_n^2 \end{aligned} \quad (22)$$

(13) немесе (14) орнықтылықтың стационарлы жағдайының шарты келесі теңсіздік жүйесімен анықталады:

$$\begin{cases} (b_{11} + b_{22})k_1 + a_{11} + a_{21} > \frac{1}{2}(a_{31} + a_{41} + \dots + a_{n1}) \\ (b_{11} + b_{22})k_2 + a_{12} + a_{22} > \frac{1}{2}(a_{32} + a_{42} + \dots + a_{n2}) \\ (b_{33} + b_{44})k_3 + a_{33} + a_{43} > \frac{1}{2}(a_{13} + a_{23} + \dots + a_{n3}) \\ (b_{33} + b_{44})k_4 + a_{34} + a_{44} > \frac{1}{2}(a_{14} + a_{24} + \dots + a_{n4}) \\ \dots \dots \dots \dots \dots \\ (b_{n-1,n-1} + b_{nn})k_{n-1} + a_{n-1,n-1} + a_{n,n-1} > \frac{1}{2}(a_{1,n-1} + a_{2,n-1} + \dots + a_{n,n-1}) \\ (b_{n-1,n-1} + b_{nn})k_n + a_{n-1,n} + a_{nn} > \frac{1}{2}(a_{1n} + a_{2n} + \dots + a_{n-2,n}) \end{cases} \quad (23)$$

Осылайша, үшпараметрлі құрылымды-орнықты бейненің сыныбында құрылған бейсызықты ММО жүйесі басқару объектінің белгісіз параметрлерінің өзгеруінде кең шеттерде орнықты бола алады. (13) пен (14) орнықтылық стационарлы жағдайы (23) теңсіздігі орындалғанда ғана туындайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Шынайы басқару объектілері, бейсызқты, көпөлшемді болады және басқару жүйесі олармен өңделуде және белгісіздік шартында функцияланады. Басқарудың бейсызқты динамикалық объектілерінің негізгі қасиеті, детерминделген бейберекетсіз режиміндегі «біртүрлі аттрактордың» туындауымен функциялану болып табылады. Басқару объектілерінің детерминделген бейберекетсіз режимі апатқа және дағдарысқа әкеліп соқтырады, және бейберекетсіздік белгісіз шарттарда жүйенің стационарлы жағдайындағы орнықтылықты жоғалту пішінінде туындайды.

Детерминделген бейберекетсіз үрдістерді басқару мәселесін, апаттардың гиперболикалық омблика сыныбындағы потенциалы жоғарлатылған робасты орнықтылықтың басқару жүйесін құру жолымен шешу ұсынылады. Басқару жүйесін зерттеу, Ляпунов вектор-функциясының градиентті-жылдамдықты әдісімен өндіріледі.

Басқару жүйесінің орнықты стационарлы жағдайының аймағы, тұйықталған жүйенің белгісіз параметрлері үшін қарапайым теңсіздік жүйесі түрінде алынған. Потенциалы жоғарылатылған робасты орнықтылықтың басқару жүйесі, апаттардың гиперболикалық омблика сыныбында құрылған кез келген белгісіз параметрлердің өзгеру кезіндегі робасты орнықтылықты қамтамасыз етеді. Осыдан, детерминделген бейберекетсіз режим, үрдістің даму сценаріінен алынып тасталады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 Лоскутов, А. Ю., Михайлов, А. С. Основы теории сложных систем. – М. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. – 620 с.
- 2 Брок, У. Теория хаоса – М. : Наука 2011. – 424 с.
- 3 Eds R. J. Field, L. Gyorgyi. Chaos in chemistry and biochemistry. – World Scientific. – 1992.
- 4 Eds E. Mosekilde, L. Mosekilde. Complexity, chaos and biological evolution. – NATO ASI Series, Ser. B: Physics. – New York; London : Plenum Press, 1991. Vol. 270.
- 5 Андриевский, Б. Р., Фрадков, А. Л. Избранные главы теории автоматического управления. Гл. 13, Управление нелинейными колебательными и хаотическими системами. – СПб. : Наука, 1999.
- 6 Емельянова, С. В., Емельянова, С. К., Коровина, С. К. Нелинейная динамика и управление. – М. : Физмат-лит., 2001, – Т. 1,2.
- 7 Бейсенби, М. А. Модели и методы системного анализа и управление детерминированным хаосом в экономике. – Астана, 2011 – 201 с.

8 Бейсенби, М. А. Исследование робастной устойчивости систем автоматического управления методом функции А. М. Ляпунова. – Астана, 2015. – 204 с.

9 Поляк, Т. Б., Щербаков, П. С. Робастная устойчивость и управление. – М. : Наука, 2002. – 303 с.

10 Dorato, P., Vedrali, K. Recent Advance in Robust Control. – New York: IEE Press 1990.

11 Кунцевич, В. М. Управление в условиях неопределенности. Гарантированные результаты в задачах управления и идентификации, 2007 – 620 с.

12 Liao, X., Yu, P. Absolute stability of nonlinear control systems – New York.: Springer Science. Business Media B. V., 2008 – P. 390.

13 Гилмор, Р. Прикладная теория катастроф: в 2-х томах. Т. 1. – М. : Мир, 1984.

14 Постон, Т., Стюарт, И. Теория катастроф и ее приложения. – М. : Наука, 2001. – № 6.

15 Gregoize Nicolis, Ilya Prigogine. Exploring Complexity An introduction, /W.H. Freeman and Company. – New York, 1989.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

М. А. Бейсенби¹, Ш. С. Мусабаяева², А. К. Сатпаева³, Н. М. Кисикова⁴, А. У. Садвакасова⁵

Исследование многомерных и нелинейных систем управления построенных в классе «гиперболическая омблика»

^{1,2,3,4,5}Факультет Информационных технологий,

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,

г. Астана, 010022, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

М. А. Beisenbi¹, Sh. S. Mussabayeva², A. K. Satpayeva³, N. M. Kissikova⁴, A. U. Sadvakasova⁵

Investigation of multidimensional and nonlinear control systems constructed in the class «hyperbolic omblique»

^{1,2,3,4,5}Faculty of Information Technologies,

L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Astana, 010022, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

В статье предлагается метод построения систем управления детерминированными хаотическими режимами нелинейных объектов в классе катастроф гиперболическая омблика из теории катастроф для многомерных и нелинейных систем. Показано, что увеличение потенциала робастной устойчивости является основным фактором защиты гарантирующим системы от режима детерминированного хаоса с порождением «странных аттракторов». Исследования системы управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости производится градиентно-скоростным методом вектор функций Ляпунова.

Для современных задач управления характерна вся возрастающая сложность и нелинейность объектов управления, требования устойчивости систем управления в условиях неопределенности и неполноты информации. В последние годы возможность хаотичности динамики была обнаружена в огромном числе нелинейных систем. В настоящее время общепризнано, что реальные объекты управления являются нелинейными и одним из основных свойств нелинейных динамических систем является порождение режима детерминированного хаоса с образованием «странных аттракторов».

The article proposes a method for constructing control systems for deterministic chaotic regimes of nonlinear objects in the class of catastrophes, a hyperbolic reflection from catastrophe theory for multidimensional and nonlinear systems. It is shown that the increase in the robust stability potential is the main protection factor guaranteeing the system from the regime of deterministic chaos with the generation of «strange attractors». Investigations of the control system with a high potential for robust stability are made by the gradient-velocity method of the vector of Lyapunov functions.

Modern control problems are characterized by the increasing complexity and non-linearity of control objects, the requirements for the stability of control systems under conditions of uncertainty and incompleteness of information. In recent years, the possibility of chaotic dynamics has been found in a huge number of nonlinear systems. At present, it is generally accepted that real control objects are nonlinear and one of the main properties of nonlinear dynamic systems is the generation of a regime of deterministic chaos with the formation of «strange attractors».

ГРНТИ 44.31.35

**С. С. Беркетов¹, Д. А. Азаматова², Ж. А. Тулебаева³,
Г. А. Айтмагамбетова⁴, Д. Г. Антикеев⁵**

¹к.т.н., Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистр теплоэнергетики, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³магистр техники и технологии, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴магистр теплоэнергетики, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵магистрант, кафедра «Теплоэнергетика», Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ²student_azamatova@mail.ru; ³tulebaeva.zhanar@mail.ru;

⁴gul_2904@mail.ru; ⁵dan82@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОТЕЛЬНЫХ НА БАЗЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ СЖИГАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ

В статье проведен анализ результатов экспериментов по сжиганию различных твердых топлив и отходов на каталитической теплофикационной установке. Котельные – широко распространенный элемент современной энергетической инфраструктуры. И практически все они основаны на высокотемпературном факельном сжигании топлив и являются одним из основных источников загрязнения атмосферы теплом и вредными веществами. В числе других «слабых мест» традиционных котельных – низкий КПД, высокая взрывоопасность и высокие эксплуатационные затраты. В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработками ученых в области сжигания топлива в присутствии катализаторов. Каталитические установки успешно работают на любом топливе и легко переводятся на работу с одного

вида топлива на другое. КТУ неизменно сохраняют высокий КПД при работе в разных режимах.

Ключевые слова: катализатор, кипящий слой.

ВВЕДЕНИЕ

Появление каталитических отопительных установок может стать началом глобального процесса модернизации всей системы теплоснабжения страны.

КПД использования тепла каталитических тепловых установок – 92–95 %. Но главное преимущество котельных в том, что они абсолютно экологичны. Область их применения обширна: от отопления и горячего водоснабжения индивидуальных домов, промышленных и общественных зданий.

Идея каталитических теплофикационных установок проста. Вещество, служащее катализатором, активизирует процесс «сгорания» органического топлива, резко повышая его КПД до таких значений, которые сейчас не обеспечивает ни одна другая энергетическая установка в мире. А если учесть, что установки носят в основном локальный характер (можно использовать как стационарные – встроенные, так и мобильные – передвижные), то отпадает необходимость в прокладке дорогостоящих теплосетей (в которых, к тому же значительная часть энергии просто теряется).

Сегодня модели каталитических установок работают на жидком топливе. Однако сам принцип действия КТУ таков, что они легко поддаются технической модернизации с переводом на любой другой вид топлива. Уже существует и находится в опытно-промышленной эксплуатации установка, работающая на твердом топливе.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Всем традиционным отопительным системам с факельным сжиганием топлива присущи общие недостатки, основными из которых являются: большой выброс в атмосферу токсичных продуктов сгорания (оксидов азота и серы, монооксида углерода, бензпиренов), существенно превышающий санитарные нормы и поэтому затрудняющий использование таких установок в городской черте; повышенные капитальные затраты за счет больших габаритов систем, обусловленных в основном низкими коэффициентами теплоотдачи от горячих дымовых газов к теплообменным поверхностям; взрывопожароопасность систем; высокие требования к конструкционным материалам, которые должны быть жаростойкими и долговечными. Стоимость оборудования для обезвреживания дымовых газов сопоставима со стоимостью основного технологического оборудования таких установок. Эти

затраты резко возрастают с увеличением объема сжигаемого низкосортного топлива (особенно твердого) и ужесточением природоохранных требований.

В начале 80-х годов в Институте катализа СО РАН Г. К. Боресковым и Э. А. Левицким была предложена нетрадиционная технология сжигания жидких, газообразных и твердых топлив в присутствии катализаторов [1], которая позволяет ликвидировать многие недостатки высокотемпературного сжигания топлив.

В основу технологии заложено сочетание четырех принципов: применение катализаторов полного окисления веществ; сжигание топлив в псевдооживленном (кипящем) слое частиц катализатора; сжигание смесей топлива и воздуха в соотношении, близком к стехиометрическому; совмещение тепловыделения и теплоотвода в едином псевдооживленном слое.

В качестве топлива могут быть использованы: жидкое топливо – дизельное, мазут, сырая нефть, жидкие органические отходы; твердое топливо – ископаемые угли, торф. Еще больший интерес вызвала модификация КТУ, рассчитанная на сжигание ила водоочистных сооружений и отходов. Как правило, утилизация отходов коммунального хозяйства каждого населенного пункта часто становится «головной болью» для местной власти. И тут появляется возможность не только уничтожить залежи с соблюдением экологических и санитарных нормативов, но еще и извлечь из этого процесса тепло, то есть – прибыль.

Однако, одним из важных достоинств каталитических установок является возможность эффективно сжигать твердые топлива низкого качества и различного вида отходы, содержащие горючие компоненты.

Необходимость решения проблем сжигания низкокачественных топлив и защиты атмосферы от вредных примесей привела энергетиков к технологии сжигания топлив в кипящем слое инертного материала, способной решить эти проблемы одновременно [2]. Главное достоинство такой технологии – возможность снизить выбросы оксидов серы непосредственно при сжигании топлив за счет добавки к топливу известняка, поглощающего оксиды серы. Из других достоинств технологии следует отметить сравнительно низкую (800–1000 °С) и постоянную по объему температуру в зоне горения топлива. При этих температурах образуется незначительное количество «термических» оксидов азота, зола не расслаивается и не расплавляется, элементы оборудования не зашлаковываются и меньше подвержены коррозии. Обеспечиваются высокие коэффициенты теплоотдачи. В кипящем слое возможно сжигание низкосортных топлив и отходов с высоким содержанием золы и влаги. Применение низкосортных, более дешевых топлив снижает себестоимость производства тепла, а возможность использовать горючие

отходы превращает топку с кипящим слоем в хорошее устройство для обезвреживания вредных отходов.

Тем не менее, сжигание топлив в кипящем слое инертного материала имеет ряд недостатков. Диапазон регулирования мощности топки крайне ограничен. Горение топлива происходит как в кипящем слое, так и в пространстве над слоем, что вынуждает увеличивать габариты котла. Сжигание топлив в присутствии катализатора позволяет ликвидировать многие недостатки, свойственные технологиям сжигания топлив, как в факеле, так и в кипящем слое [2, 3]. Сжигание топлив в кипящем слое частиц катализатора дает возможность совмещать тепловыделение и теплоотвод едином кипящем слое присутствие катализатора позволяет уменьшить температуру сжигания органического топлива до 350–750 °С, что снижает требования к термохимическим свойствам конструкционных материалов и сокращает их эрозионный износ. Исследования по каталитическому сжиганию различных твердых углеродсодержащих материалов (ископаемые угли, торф, твердые отходы промышленности, сельского и коммунального хозяйств) на лабораторных и стендовых установках с псевдоожиженным слоем катализатора показали высокую эффективность такого сжигания, а также значительное снижение выбросов токсичных продуктов с дымовыми газами по сравнению со сжиганием в кипящем слое инертного материала [4]. В частности, известно, что сжигание твердых топлив в слоевых топках и кипящем слое инертного материала с присутствием в них хлорсодержащих соединений может вызвать образование значительных количеств хлорированных бензодиоксинов и бензофуранов, представляющих особую опасность для человека и окружающей среды.

Для исследования процесса сжигания твердых топлив и обработки конструкции теплогенератора в Институте катализа СО РАН на базе серийной каталитической котельной на жидком топливе [5] создана демонстрационная каталитическая тепловая установка (КТУ) промышленной мощности 230 кВт, работающая на твердом топливе.

Результаты экспериментов по сжиганию различных твердых топлив и отходов на демонстрационной КТУ изучаются в работах ученых многих стран, в виде сравнительных характеристик теплогенераторов с факельным и каталитическим способами сжигания твердых топлив.

ВЫВОДЫ

Опытная и промышленная эксплуатация каталитических тепловых установок для сжигания твердых топлив в псевдоожиженном слое катализатора подтверждает данные об их высокой эффективности, полученные ранее при лабораторных и стендовых испытаниях [5]. Несмотря

на ряд существующих проблем, следует отметить, что по сравнению с традиционными способами сжигания, наличие катализатора позволяет уменьшить потери теплоты через стенки аппаратов, облегчить запуск системы в работу и управление процессом, а также исключить протекание вторичных эндотермических реакций с образованием токсичных продуктов.

Новая котельная на базе каталитической установки обеспечит:

- Отсутствие образования сажи и шлака,
- Уменьшение себестоимости получаемого тепла не менее 35 %,
- Снижение эмиссии вредных выбросов (NO_x , SO_2 , CO) в атмосферу,
- Возможность эффективного сжигания низкосортных топлив (низкокалорийный уголь, торф);
- Возможность эффективного использования в качестве топлива природного газа;
- Улучшение условий труда обслуживающего персонала;
- Автоматизацию всех технологических процессов (от подготовки угля до выгрузки золы).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Боресков, Г. К. Гетерогенный катализ. – М.: Наука, 1986. – 67 с.
- 2 Баскаков, А. П., Манцев, В. В. Котлы и топки с кипящим слоем – М.: ЭАИ, 1995. – 119 с.
- 3 <http://www.intechco.ru> [Электронный ресурс].
- 4 Симонов, А. Д., Языков, Н. А., Федоров, И. А. Каталитические тепловые установки для промышленного значения. – Новосибирск: НГУ, 2012.
- 5 Симонов, А. Д., Языков, Н. А. Пат. 2057988 (РФ). Способ сжигания топлива. Патент России № 2057988, БИ № 10, 1996.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

С. С. Беркетов¹, Д. А. Азаматова², Ж. А. Төлебаева³,
Г. А. Айтмагамбетова⁴, Д. Г. Антикеев⁵

Каталитикалық қондырғылар негізінде әр түрлі қатты отындарды жағуға арналған қазандықтардың қолдану ерекшеліктері

^{1,2,3,4,5}Энергетикалық факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

S. S. Berketov¹, D. A. Azamatova², Zh. A. Tulebaeva³, G. A. Aitmagambetova⁴,
D. G. Antikeev⁵

Features of application of boiler houses on the basis of catalytic installations for combustion of different types of solid fuels

^{1,2,3,4,5}Faculty of Energy Engineering,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада каталитикалық жылуфикация қондырғысында түрлі қатты отындар мен қалдықтардың жануы бойынша эксперименттердің нәтижелері талданады. Қазандықтар қазіргі заманғы энергетикалық инфрақұрылымның кең таралған элементі болып табылады. Олардың барлығы отынның жоғары температурада алаулық жағғылуына негізделген және жылу мен зиянды заттармен атмосфераның ластануының негізгі көздерінің бірі болып табылады. Дәстүрлі қазандықтардың басқа «әлсіз жақтары» арасында төмен тиімділік, жоғары жарылыс қаупі және жоғары пайдалану шығыны бар. Мақалада катализаторлардың қатысуымен жанармай жану саласында ғалымдардың дамуына байланысты мәселелер талқыланады. Каталитикалық қондырғылар кез-келген отынмен сәтті жұмыс жасайды және бір типтегі жанармайдың жұмысына оңай ауысады. КЖҚ әр түрлі режимде жұмыс істеген кезде жоғары тиімділікті үнемі қолдайды.

In the article the analysis of results of experiments on combustion of various solid fuels and a wastage on catalytic heating installation is carried out. Boiler houses – a widespread element of the modern power infrastructure. And practically all of them are based on high-temperature torch combustion of fuels and are one of the main sources of air pollution by heat and harmful substances. Among other «weak points» of traditional boiler houses – the low efficiency, high potential of explosion and high operating costs. In the article the questions, the bound to developments of scientists in the field of combustion of fuel in the presence of catalysts are considered. Catalytic installations successfully use any fuel and are easily transferred to work from one type of fuel on another. KTU steadily keep high efficiency during the work in the different modes.

ГРНТИ 44.31.35

С. С. Беркетов¹, Р. Ш. Гафуров²

¹к.т.н., 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: ²25.17.grs@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ УСТАНОВКИ КОТЛА КВ-ТК-100-150 ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ВЫБЫВАЮЩЕЙ МОЩНОСТИ НА ПЕРИОД РЕКОНСТРУКЦИИ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с работой водогрейных котлов КВ-ТК-100-150, а также исследование вариантов установки данного котлоагрегата на период реконструкции. Проводится сравнение котла работающего на органическом топливе и электрокотла. В отличие от котлов работающих на различных видах органического топлива (природный газ, нефтепродукты, уголь или древесные отходы), электрические котлы обладают рядом особенностей, которые при определенных условиях компенсируют высокую стоимость электроэнергии как основного энергоносителя. Необходимо отметить, что электроэнергия является наиболее совершенным видом энергии и выработка ее в настоящее время производится с большими затратами топлива по сравнению с затратами его при выработке тепла.

Ключевые слова: водогрейный котел, электрокотел, производственно-отопительная котельная, производственное теплоснабжение, применение электрокотлов.

ВВЕДЕНИЕ

Современная производственно-отопительная котельная – это сложное сооружение, которое состоит из котлов и вспомогательного оборудования, размещенных в помещении котельной или вне ее пределов и предназначенных для производства технологического пара нужных параметров, отопления и горячего водоснабжения.

Кроме котельного агрегата – основного источника теплоснабжения, в котельной устанавливаются пароводяные подогреватели сетевой и горячей воды для отопления, бытового горячего водоснабжения и производственно-технологических нужд. Для подогрева холодной воды и утилизации низкопотенциальных тепловых выбросов устанавливаются водо-водяные теплообменники. Подготовка воды требуемого качества осуществляется в деаэраторе и оборудовании химводоочистки. Перемещение потоков воды, воздуха, требуемого для горения топлива, и продуктов сгорания происходит с помощью питательных и циркуляционных насосов, дутьевых вентиляторов и дымососов. Для надёжной и безаварийной работы котельной насосы и тягодутьевые устройства должны быть снабжены современными схемами электропривода, а её оборудование оснащено системами автоматизации.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Теплопотребление производственных и административно-бытовых помещений значительно изменяется в течение года. Чтобы иметь правильное представление о нагрузке котельной и грамотно планировать её работу, реальное проектирование рекомендуется выполнять для четырех характерных режимов:

а) максимального зимнего, при минимальной расчётной температуре наружного воздуха; этот режим определяет максимальную паропроизводительность и тепловую мощность котельной, по которой выбирается число и тип котлоагрегатов и теплофикационных теплообменников.

б) расчетно-контрольного, соответствующего средней за наиболее холодный месяц температуре наружного воздуха и возможному аварийному останову одного из котлов.

в) среднеотопительного, рассчитываемого по средней за отопительный сезон температуре наружного воздуха. По среднеотопительному режиму можно подсчитать годовой расход теплоты.

г) летнего, характеризующего работу котельной при отсутствии отопительных нагрузок. Расход пара на производственно-технологические цели принимается максимальным в течение суток, а по горячему водоснабжению средним за неделю.

Источником тепла называется комплекс оборудования и устройств, с помощью которых осуществляется преобразование природных и искусственных видов энергии в тепловую энергию с требуемыми для потребителей параметрами.

Для целей теплоснабжения практическое значение на ближайшую перспективу имеют органическое и ядерное топливо, геотермальная и солнечная энергия.

К искусственным видам энергии, которые используются для выработки тепла на теплоснабжение, относятся «вторичные энергоресурсы» промышленных предприятий и электрическая энергия.

Рассмотрим несколько источников энергии, которые могут быть использованы для производственного теплоснабжения и являются доступными для нашего региона: органическое топливо и электрическая энергия.

В Павлодарской области по данным за март 2018 года было выработано 12797,4 млн.кВтч электроэнергии.

Сравним отопительные котлы использующие различные источники энергии.

Пылеугольный водогрейный котел типа КВ-ТК-100-150 тепловой производительностью 100 Гкал/час предназначен для снабжения теплоснабжения промышленных и жилищно-бытовых объектов. Котлы типа КВ-ТК-100-150 изготавливаются для работы в основном режиме (при установке в отдельно стоящих промышленных и промышленно-отопительных котельных) и в отдельных случаях – для работы в пиковом режиме (при установке на ТЭЦ для покрытия пиков теплофикационных нагрузок). Котел выполнен однокорпусным, П-образной компоновки и предназначен для работы на Экибастузском угле.

Водогрейный котел типа КВ-ТК-100 теплопроизводительностью 100 гкал/час изготовлен Барнаульским котельным заводом и рассчитан на сжигание твердого топлива в пылевидном состоянии.

Котел выполнен по П-образной компоновке и состоит из:

- восходящего газохода;
- поворотной камеры;
- отпусного газохода.

В восходящем газоходе расположена топочная камера открытого типа, полностью экранированная трубами $d=60 \times 4$ мм с шагом $S=80$ мм. Между трубами приварены полосы 20×60 мм. Фронтальной и задние экраны образуют скаты холодной воронки, что предохраняет от сухого удаления шлака.

Экраны топочной камеры состоят из 12 вертикальных панелей – блоков. В верхней части топочной камеры задний экран разведен в четырехрядный фестон с шагами $S_1=320$ мм и $S_2=270$ мм.

Поворотный газоход также как и топка экранированы цельносваренными газоходными панелями.

В выпускном газоходе размещены пакеты конвективной части. Змеевики конвективных пакетов изготовлены из труб $d=32 \times 3$ мм и расположены в шахматном порядке с шагами $S_1=80$ мм и $S_2=60$ мм.

Под конвективными пакетами расположен двухтопочный трубчатый воздухоподогреватель, изготовленный из труб $d=40 \times 1,5$ мм,

расположенных в шахматном порядке. Топочные газы проходят внутри труб воздухоподогревателей. Воздух омывает поверхность труб снаружи.

В центральной трубе горелки встроена растопочная форсунка и газовый запальник с ионизационными датчиками.

На котле предусмотрена установка непрерывного шлакоудаления, состоящая из двух транспортеров переходных шлаковых бункеров и двух однофазных шлаковых дробилок.

Для очистки конвективных поверхностей нагрева предусмотрена дробеочистка. Для очистки топочных экранов соответственно обдувочные аппараты типа ОМ-0,35.

Котлоагрегаты КВ-ТК-100 могут эксплуатироваться в двух режимах:

- основном, при подогреве сетевой воды от 70 до 150 °С;
- пиковом, при подогреве сетевой воды от 110 до 150 °С.

В основном режиме сетевая вода поступает в задний экран конвективной шахты (отпускной газоход). После боковых экранов каждый поток делится на два подпотока, каждый из которых проходит через боковые экраны конвективного газохода и через вход газохода.

После промежуточной камеры подпотоки вновь объединяются и уже двумя потоками сетевой воды проходят через боковые экраны топки. После боковых экранов топки два потока сетевой воды проходят параллельно фронтальной и задней экраны топки, а затем к потребителю.

К вспомогательному оборудованию котла КВ-ТК-100 относятся:

- молотковая мельница типа ММТ-1500 250/735 (3 шт);
- центробежный сепаратор пыли типа СПУ-1500 (3 шт);
- питатель сырого угля типа СПУ-750-8310 (3 шт);
- дутьевой вентилятор ВДМ-20-II (1 шт);
- дымосос типа ДН 24/2 – 062 (1 шт);
- паровые калориферы типа КВБ-11 (16 шт).

Котел электрический водогрейный КЭВ-2500/10 предназначен для получения горячей воды за счет тепла, выделяемого электрическим током при прохождении его непосредственно через воду, и применяются для отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных помещений, как в закрытых, так и в открытых отопительных системах.

В электродных котлах нагрев воды происходит в результате пропускания через нее переменного электрического тока. Конструктивно электродный котел представляет собой емкость с размещенными в ней электродами и действует как проточный водонагреватель. Главной особенностью всех электродных котлов является очень высокий коэффициент полезного действия (96–98 %). Вода в электродных котлах одновременно является и теплоносителем, и элементом электрической сети, поэтому должна обладать

как определенной проводимостью (чтобы проходил электрический ток), так и определенным сопротивлением (во избежание короткого замыкания). Еще одной особенностью этих устройств является их способность самонастраиваться в зависимости от заданной потребителем температуры теплоносителя и его количества в отопительном контуре, выходя на равновесный режим с некоторой задержкой. Это связано с тем, что по мере разогрева теплоносителя уменьшается его сопротивление. Электродные котлы сами отключаются от электросети при коротком замыкании, утечке теплоносителя и превышении заданной температуры.

Трехфазные электродные водогрейные котлы применяются для отопления и горячего водоснабжения крупных зданий и небольших поселков. Котлы на напряжение 0,4 кВ выполняются с пластинчатыми электродами, наиболее приемлемыми для воды с низкой удельной электропроводностью. Электродные водогрейные котлы на напряжение 6–10 кВ изготавливаются с цилиндрическими и кольцевыми электродами. Котлы с цилиндрическими электродами применяются при высоком удельном сопротивлении воды. Котлы с кольцевыми электродами применяются для нагрева воды с низким удельным сопротивлением.

Цилиндрический корпус электродного водогрейного котла имеет входной и выходной патрубки для воды. Внутри котла между днищем и диафрагмой установлены три фторопластовые камеры с отверстиями в нижней части для прохода воды в межэлектродное пространство. Размещенные в камерах фазные электроды выполнены из концентрических стальных колец, соединенных между собой сваркой. Нулевые электроды, расположенные над фазными, выполнены аналогично фазным. Нулевые электроды закреплены жестко на подвеске, связанной с электроприводом. Регулирование мощности осуществляется электроприводом за счет изменения расстояния между фазным и нулевым электродами.

Электротеплоснабжение является одной из форм централизованного теплоснабжения потребителей. Простота конструктивного исполнения электроотопительных приборов, возможность точного поддержания температурного режима в отапливаемых помещениях и экономия в связи с этим первичных энергетических ресурсов у потребителя, более широкие возможности автоматизации процесса позволяют при помощи электрических схем теплоснабжения реализовать и определенные преимущества, характерные для индивидуальных схем теплоснабжения, прежде всего их мобильность.

Электроэнергия широко применяется для теплоснабжения в ряде капиталистических стран: США, Канаде, Швеции и др. Ее применение имеет определенные преимущества: возможность использования энергии

непосредственно у потребителей, относительная простота подачи и применения, легкость регулирования и измерения величины нагрузки.

ВЫВОДЫ

По причине того, что электроэнергия является наиболее совершенным видом энергии и выработка ее в настоящее время производится с большими затратами топлива по сравнению с затратами его при выработке тепла установка котельного агрегата КВ-ТК-100-150 для компенсации выбывающей мощности взамен электродкотлов КЭВ-2500/10 на период реконструкции можно считать целесообразной. Так как общий КПД современной КЭС составляет 35–42 %, КПД же котельных составляет 70–90 %, поэтому прямая трансформация электроэнергии в тепло на различных электродкотлах и электронагревателях энергетически нецелесообразна.

Но следует учесть, что в отличие от котлов работающих на различных видах органического топлива (природный газ, нефтепродукты, уголь или древесные отходы), электрические котлы обладают рядом особенностей, которые при определенных условиях компенсируют высокую стоимость электроэнергии как основного энергоносителя. Так, электрические котлы характеризуются сравнительной простотой устройства; они компактны и не требуют специально оборудованного места для установки, не ставят проблем доставки и хранения топлива (как жидкие и твердотопливные котлы, а также котлы на сжиженном газе), удаления золы и шлака (как твердотопливные котлы). В плане удобства эксплуатации конкуренцию электродкотлам составляет лишь отопительное оборудование на магистральном природном газе, подводка которого требует времени и капитальных вложений, да и возможна далеко не всегда. В отличие от котлов других видов, электрическим не требуются устройства дымохода и подвода воздуха в камеру сгорания (как снаружи, так и из помещения); их работа не сопровождается вредными выбросами в атмосферу (в месте эксплуатации котла) и не сопряжена с опасностью отравлений и взрыва при утечке газа, воспламенения иного топлива.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов работающих под давлением. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 122 с.
- 2 **Прузнер, С. А., Златопольский, А. Н.** Организация планирования и управление энергетическим предприятием. – М. : Высшая школа, 1981. – 237 с.
- 3 **Батурин, В. В.** Отопление, вентиляция, газоснабжения. – М. : Энергия, 1959. – 162 с.

4 Правила технической эксплуатации ЭС и сетей. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 266 с.

5 **Виноградов, Ю. И., Векштейн, Л. М., Соболев, И. Д.** Промышленное теплоснабжение. – «Техника», 1975.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

С. С. Беркетов¹, Р. Ш. Гафуров²

Зерттеу нұсқаларын орнату қазандық кВ-ТК-100-150 өтеу үшін кететін қуатын қайта жаңарту кезеңіне

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

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

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

S. S. Berketov¹, R. S. Gafurov²

Research of options for installation of boilers kV-TK-100-150 during the period of reconstruction to redress the outgoing power

^{1,2}Faculty of Energy Engineering,

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

Material received on 06.02.19.

Мақалада сұрақтар жұмысына байланысты су жылытатын қазандар КВ-ТК-100-150, сондай-ақ зерттеу нұсқаларын орнату осы агрегатын қайта жаңарту кезеңіне. Салыстыру жүргізіледі қазандықтың жұмыс істейтін шектелген отын және электродкотла. Өзгелікте қазандықтардың жұмыс істейтін әртүрлі органикалық отынның (табиғи газ, мұнай өнімдері, көмір немесе ағаш қалдықтары), электр қазандар бірқатар ерекшеліктерге ие, олар белгілі бір жағдайларда өтейді жоғары электр энергиясының құны ретінде негізгі энергия тасымалдаушы. Атап оту қажет, бұл электр энергиясы болып жасалған түрі энергия мен әзірлеу, оның қазіргі уақытта үлкен шығындармен отын бойынша шығындармен салыстырғанда, оны өндіру кезінде жылы.

The article deals with issues related to the operation of water boilers KV-TK-100-150, as well as the study of options for installing this boiler for the reconstruction period. A comparison is made of an organic boiler and an electric boiler. Unlike boilers operating on various types of organic

fuel (natural gas, petroleum products, coal or wood waste), electric boilers have a number of features that, under certain conditions, compensate for the high cost of electricity as the main energy source. It should be noted that electric power is the most advanced type of energy and its production is currently carried out with large expenditures of fuel compared to its costs in the production of heat.

ГРНТИ 61.43.29

Я. В. Горячев¹, А. С. Никифоров²

¹магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистр, д.т.н., Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ²aleke4599@mail.ru

РАЗРАБОТКА СОЖИГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА ПРИНЦИПЕ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОТЫ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ

В статье раскрывается один из инструментов энергосбережения и повышения энергоэффективности в промышленности. Рассматриваются основные виды рекуператоров. Применение новых устройств, технологий повысит надежность, долговечность и эффективность промышленного оборудования.

Ключевые слова: Энергосбережение, энергоэффективность, рекуперация.

ВВЕДЕНИЕ

Использование тепла отходящих газов промышленных нагревательных печей осуществляется в основном за счет установки рекуператоров для подогрева дутьевого воздуха и газообразного топлива. Получили распространение металлические и керамические рекуператоры. В промышленности применяются игольчатые, трубчатые, термоблоки, металлические рекуператоры.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Подогрев воздуха осуществляется при помощи рекуператоров или регенераторов. Рекуператоры более компактны, дешевле и эффективнее регенераторов, легче в обслуживании. Металлические рекуператоры применяют для подогрева воздуха до 350–400 °С, рекуператоры из жаропрочных сплавов – для подогрева воздуха до 700 °С. При более высоких температурах подогрева применяют керамические рекуператоры, обладающие меньшей газоплотностью и компактностью чем металлические.

Для догрева применяют керамические рекуператоры, обладающие меньшей газоплотностью и компактностью чем металлические. Основными типами рекуператоров, применяемых в настоящее время, являются трубчатые, игольчатые и термоблоки. Рекуператоры должны быть долговечны, обладать незасоряемостью, газоплотностью, небольшим сопротивлением прохождению воздуха и газа, небольшим удельным расходом металла удобством замены элементов, компактностью и невысокой стоимостью. Подача подогретого воздуха вместо холодного вносит изменения в размеры форсунок и трубопроводов. Перевод уже существующих устройств на подогретый воздух изменяет их пропускную способность, а следовательно, и производительность по топливу.

При работе на подогретом воздухе улучшается распыление топлива и его сгорание, укорачивается факел..

1) Вследствие пропуска через форсунку низкого давления всего воздуха, потребного для горения, подогрев воздуха приводит к увеличению размеров форсунки или некоторому ограничению производительности.

В механических форсунках и форсунках высокого давления увеличиваются только размеры регистров и воздухопадающих капалов; размеры же самих форсунок остаются без изменения;

2) Выходящий из трубы мазут подвергается сильному нагреву до горения; в случае столкновения частиц мазута со стенками форсунки или отдельными нагретыми деталями возможно образование коксовых отложений.

Рассмотрим керамика-металлический рекуператор, включающий круглые корундовые трубы длиной 250 мм, соединяемые шамотными фланцами, и чугунные ребристые трубы.

Недостатки указанной конструкции заключаются в наличии двух отдельных частей рекуператора (керамической и металлической), увеличивающих габариты рекуператоров, что исключает возможность его установки в дымоходе печи, Наиболее близким к изобретению по технической сущности является узел воздухоподогревателя, содержащий установленные в трубных досках теплообменные трубы, снабженные на входе соосно размещенными защитными вставками, закрепленными в решетке, расположенной параллельно трубной доске, При этом концы вставок свободно установлены в полости теплообменных труб, а их решетка соединена с трубной доской механическим приводом для ее перемещения вместе со вставками в направлении продольных осей теплообменных труб.

Недостаток известного узла воздухоподогревателя заключается в том, что лишь верхняя часть металлических теплообменных труб защищена от воздействия механических или агрессивных составляющих, содержащихся в

дымовых газах. Это приводит к повышенному износу незащищенной рабочей поверхности труб и снижает надежность работы конструкции в целом, Другим недостатком является наличие трубной решетки с механическим приводом для ее перемещения, что не только усложняет конструкцию узла воздухоподогревателя, но и требует специальной защиты привода и решетки от воздействия агрессивного теплоносителя, например дымовых газов, при температуре 1100–1200 °С. Указанный недостаток также влияет на надежность работы воздухоподогревателя. Кроме того, наличие подвижного элемента в конструкции воздухоподогревателя снижает его газоплотность и уменьшает надежность работы.

Цель – повышение эксплуатационной надежности путем защиты теплообменных труб от перегрева и воздействия агрессивных составляющих теплоносителя.

Поставленная цель достигается тем, что в рекуператоре, содержащем верхнюю и нижнюю доску и установленные в воздуховоде теплообменные трубы, снабженные соосно размещенными огнеупорными вставками, огнеупорные вставки размещены по всей длине теплообменных труб и выполнены высотой 0,5–1,0 внутреннего диаметра теплообменных труб, причем нижние вставки свободно оперты на кольцевые пазы нижней доски, а верхние выходят за пределы верхней доски на высоту равную 0,5–0,8 высоты вставок, наружный и внутренний диаметры которых соответственно равны.

Сопоставительный анализ показывает, что отличительными признаками заявляемого рекуператора являются размещение по всей длине теплообменных труб огнеупорных вставок высотой 0,5–1,0 внутреннего диаметра теплообменных труб; свободное размещение нижних вставок в кольцевых пазах нижней доски, а верхних выступающими за пределы верхней доски на высоту 0,5–0,8 высоты вставок; регламентация наружного и внутреннего диаметров огнеупорных вставок в зависимости от внутреннего диаметра теплообменных труб.

Наличие внутренней футеровки в виде огнеупорных вставок, размещенных по всей длине теплообменных труб, позволяет защитить всю рабочую поверхность металлических труб от взаимодействия с агрессивными дымовыми газами, а также исключить их перегрев при резких колебаниях температуры дымовых газов, что обеспечивает надежную эксплуатацию устройства. В процессе работы огнеупорные вставки, раскаляясь от контакта с дымовыми газами, передают тепло теплообменным трубам излучения, что исключает контакт агрессивных газов с теплообменными трубами, а эффективность теплопередачи при этом практически не снижается. При необходимости для поддержания температуры подогреваемого воздуха увеличивают количество или длину труб в рекуператоре. Вставки в

металлических трубах не должны создавать монолитной внутренней футеровки, чтобы исключить ее растрескивание при изменении температуры дымовых газов. Вставки, выполненные в виде колец с регламентированной высотой, составляющей 0,5 – 1,0 внутреннего диаметра теплообменных труб, обеспечивают наличие большого количества кольцевых швов в футеровке, которые и предохраняют ее от растрескивания, повышая надежность работы рекуператора. При выполнении вставок высотой меньше 0,5 диаметра трубы увеличивается количество кольцевых вставок и вероятность образования щелей между вставками, что ведет к прорыву дымовых газов к стенкам труб и их перегреву. При высоте каждой вставки больше диаметра трубы происходит растрескивание футеровки и усложняется монтаж вставок из-за их зависания в трубе, что снижает эксплуатационную надежность работы рекуператора. Для обеспечения свободного расширения футеровки вдоль оси теплообменной трубы каждая нижняя вставка устанавливается в кольцевом пазу нижней доски, а верхняя выступает за пределы верхней доски на высоту $0,5 \text{ в} \gg 0,8$ наружного диаметра вставки. Футеровка имеет одностороннюю опору на нижнюю плиту, обеспечивающую надежное крепление вставок от бокового смещения кольцевым пазом и возможность свободного теплового расширения вверх вдоль оси теплообменной трубы. Кольцевой паз позволяет удерживать нижние вставки за плечики и строго центрировать их относительно оси труб. При отсутствии кольцевого паза возможно смещение нижних вставок относительно оси труб, что уменьшает площадь опоры заплечиков вставок и может вызвать разрушение всей футеровки труб. Таким образом, наличие кольцевого паза повышает эксплуатационную надежность рекуператора. Верхние вставки защищают входную часть рекуператора и верхнюю доску от перегрева. Кроме того, независимое Тепловое расширение вставок позволяет использовать верхнюю выступающую часть как подвижную футеровку для компенсации различных термических расширений футеровки и металлических труб, исключаяющей разуплотнение рекуператора. Жесткое соединение металлических труб с верхней и нижней досками, позволяет использовать эти доски как мембранные компенсаторы термических напряжений возникающих при разности температур между трубами и доскам

ВЫВОДЫ

Благодаря наличию отличительных признаков и совокупности параметров предлагаемый рекуператор приобретает новое техническое свойство, обеспечивающее защиту теплообменных труб от перегрева и взаимодействия с агрессивными составляющими теплоносителя независимо от термического расширения теплообменных труб и футеровки в процессе эксплуатации без нарушения газоплотности воздухопроводов.

По сравнению с другими, предлагаемый рекуператор обладает следующими преимуществами:

- надежно защищает всю поверхность теплообменных труб от взаимодействия с дымовыми газами;
- исключает необходимость компенсации теплового расширения труб и футеровки;
- обеспечивает газоплотность конструкции в целом при простоте сборки и эксплуатации;
- обеспечивает долговечность работы рекуператора, что свидетельствует о высокой надежности конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Тебеньков, Б. П.** Рекуператоры для промышленных печей. – М. : Металлургия, 1975. – 296 с.
- 2 **Злотин, В. Е., Злотин, Д. В., Калинин, Н. М.** Эффективные рекуператоры тепла нового поколения. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2428.
- 3 **Ключников, А. Д.** Высокотемпературные технологические процессы и установки. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 336 с.
- 4 **Лисиенко, В. Т., Щелоков, Я. М., Ладыгичев, М. Г.** Христоматия энергосбережения. Справочное издание в 2-х книгах / Под ред. В. Г. Лисиенко. – М. : Теплотехник, 2005. – 768 с.
- 5 Металлические трубчатые петлевые рекуператоры [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kerammash.ua/rus/index.html>.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Я. В. Горячев¹, А. С. Никифоров²

Шығарылған газдардың жылуды қалпына келтіру қағидасы бойынша жану құрылғыларын әзірлеу

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

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

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

Ya. V. Goryachev¹, A. S. Nikiforod²**Development of burning devices on the principle of heat recovery of exhaust gases**^{1,2}Faculty of Energy Engineering,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақала энергияны үнемдеу және өнеркәсіптегі энергия тиімділігін арттыру құралдарының бірін көрсетеді. Жылу алмастырғыштардың негізгі түрлері қарастырылады. Жаңа құрылғыларды, технологияларды қолдану өнеркәсіптік жабдықтардың сенімділігін, ұзақ мерзімділігі мен тиімділігін арттырады.

The article reveals one of the tools for energy saving and energy efficiency in industry. The main types of heat exchangers are considered. The use of new devices, technologies will increase the reliability, durability and efficiency of industrial equipment.

ГРНТИ 44.31.35

**В. С. Гуляков¹, А. С. Вусихис²,
Л. Б. Толымбекова³, А. К. Жунусов⁴**¹к.т.н., с.н.с., Институт металлургии, Уральское отделение Российской академии наук, г. Екатеринбург, 620016, Российская Федерация;²к.т.н., с.н.с., Институт металлургии, Уральское отделение Российской академии наук, г. Екатеринбург, 620016, Российская Федерация;³доктор PhD, асоц. профессор (доцент), кафедра «Металлургия», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;⁴к.т.н., асоц. профессор (доцент), кафедра «Металлургия», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстанe-mail: ¹gvs49@mail.ru; ²vas58@mail.ru; ³lyazat-t@mail.ru;⁴zhunusov_ab@mail.ru**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
КОМПОЗИЦИОННОГО ТОПЛИВА
НА ОСНОВЕ ВОДО-МАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ**

В настоящее время актуальны задачи энергосбережения и экологической безопасности при работе энергетических топливных установок. Для решения этих задач интерес представляют водотопливные эмульсии.

Металлургия в настоящее время является одной из самых энергоемких и экологически-проблемных отраслей. Одной из основных причин недостаточного внимания металлургов к композиционному топливу – высокие требования к качеству топлива. Более подробное изучение этих вопросов позволит расширить сферу использования композиционного углеводородного топлива в металлургии, что снизит экологическую и энергетическую напряженность.

В статье рассмотрены вопросы энергосбережения за счет использования композиционного топлива, полученного в различных агрегатах путем эмульгирования смеси мазута и воды. Проанализировано влияние способа его изготовления на механизм горения. Проведено сравнение эффективности применения.

Ключевые слова: топливо, водо-топливная эмульсия, экология, кавитационная обработка.

ВВЕДЕНИЕ

В силу различных причин содержание воды в топочном мазуте в виде отдельных слоев в массе топлива может повышаться до 15–20 %, что существенно превышает предельно допустимые значения (1,5 %). Использование такого топлива резко снижает стабильность работы энергетических установок. Это может привести к срыву факела, взрыву скопившихся горючих газов при повторном зажигании и т.п. В настоящее время подготовка мазута к сжиганию сводится в основном к двум операциям: обезвоживанию и нагреву, что требует больших площадей, капитальных и эксплуатационных затрат. Альтернативой этому является использование в качестве топлива специально приготовленных водомазутных эмульсий (ВТЭ), представляющих собой топливную матрицу с равномерно распределенными в ней ультрадисперсными каплями воды [1, 2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Качественные характеристики ВТЭ в значительной степени зависят от конструкции того устройства, с помощью которого ее получают.

Подготовку водо-топливной эмульсии можно осуществлять, используя различные технологии: механическую, гидродинамическую, ультразвуковую, виброкавитационную [3–8].

При использовании механических устройств создается сильная турбулизация и перемешивание потока при помощи решеток. В этом случае для устойчивости работы необходимо использовать только предварительно очищенное топливо.

Принцип действия гидродинамических устройств напоминает работу мясорубки. В отличие от механических устройств в данном случае на подготовку водо-мазутной эмульсии затрачивается дополнительная электроэнергия.

Установки, использующие для создания водо-топливных эмульсий ультразвуковые колебания, требуют больших затрат энергии для получения достаточно тонких эмульсий и имеют небольшую производительность.

Виброкавитационная технология обеспечивает трехступенчатую обработку смеси – смешение, диспергирование и гомогенизацию.

Водно-мазутная смесь имеет заметно меньшую вязкость, чем чистый мазут, поэтому облегчается процесс перекачки топлива [1]. Это позволяет эффективно использовать для сжигания некондиционные высоковязкие мазуты. В качестве водной фазы можно использовать загрязненные промышленные стоки предприятий. Наличие в ВТЭ 10–15 % воды обеспечивает наибольший экономический эффект и одновременное снижение газовых выбросов, а наибольший экологический эффект в части

утилизации загрязненных органическими продуктами вод реализуется при уровне водной фазы до 50 %.

Высокую эффективность применения ВТЭ объясняют следующим. Процесс горения капли тяжелого жидкого топлива включает прогрев и испарение капли, воспламенение и горение паров, пиролиз и выгорание углеродного остатка. При попадании в зону горения капли ВТЭ во время ее интенсивного нагрева происходит практически мгновенное испарение содержащихся в капле высокодисперсных частиц водной фазы. Водяной пар разрывает каплю, происходит вторичное, более тонкое дробление топлива. В результате увеличивается поверхность контакта топлива с воздухом, улучшается качество топливо-воздушной смеси. В этом случае ускорение и полнота протекания процесса горения ВТЭ в полной мере позволяют компенсировать затраты теплоты на испарение влаги [9, 10].

Описанный выше механизм горения характерен для эмульсий, изготовленных с использованием механической и гидродинамической технологий.

Изготовление эмульсий с помощью кавитационного гидроударного ультразвукового воздействия более эффективно. Оно сопровождается протеканием сложных физико-химических процессов, в результате которых молекулярные цепочки органического топлива рвутся, образуя большое количество активных сторон молекул. Кроме того, с помощью кавитации происходит разрыв самих молекул с образованием свободных валентно ненасыщенных радикалов углеводородов, имеющих большую способность к возгоранию, чем замкнутые молекулы. При этом полимерные цепочки молекул воды также подвергаются разрушению. Вода переходит в мелкодисперсное состояние с образованием свободных радикалов Н и ОН, которые участвуют в процессе горения значительно активнее, образуя со свободными радикалами органического топлива нестабильные легко окисляемые соединения. При горении такого топлива факел более равномерно заполняет топочную камеру за счет турбулентных пульсаций, сопровождающих этот процесс. Это приводит к выравниванию температурного поля топки с увеличением в ней средней температуры; повышению светимости факела, благодаря увеличению поверхности излучения; существенному снижению недожога топлива, что позволяет снизить количество вдуваемого воздуха и уменьшить связанные с ним теплотопотери. Одновременно в факеле происходят каталитические реакции, ведущие к уменьшению вредных газовых выбросов: окислов азота в 2–5 раз, сернистого ангидрида в 2–3 раза, оксида углерода в 2–2,5 раза. Температура уходящих газов уменьшается по сравнению с обезвоженным мазутом на 30–35 °С.

Таким образом, кавитационное гидроударное ультразвуковое воздействие на водомазутную смесь позволяет формировать новое композиционное топливо с высокой степенью интенсификации его горения. Использование в качестве добавки к топливу замазученной технической воды, образующейся при разогреве мазута паром, а также различных углеводородных отходов в виде отработанных масел, смазывающих и охлаждающих жидкостей, красок, парафинов, гудронов, битумов и смол решает проблему их утилизации.

Доказательством более высокой эффективности применения ВТЭ, изготовленной методом кавитационного гидроударного ультразвукового воздействия по сравнению с ВТЭ, полученной механическим перемешиванием, является результат замены эмульгированного мазута, который используется в доменных печах АО «АрселорМиттал Темиртау» по штатной технологии, на композиционное топливо, изготовленное на установке, работающей по виброкавитационной технологии. Сравнительный анализ показателей работы печей обнаружил снижение расхода кокса минимум на 15 кг/т чугуна, при повышении производительности до 11822 т чугуна в сутки.

Металлургия в настоящее время является одной из самых энергоемких и экологически-проблемных отраслей.

Одной из основных причин о недостаточном внимании металлургов к композиционному топливу – высокие требования к качеству топлива: теплотворная способность, содержание серы, воды, золы, жидкоподвижность и т.д., которые изучены недостаточно.

С использованием новых достижений в производстве гидроударных кавитационных устройств на металлургическом комбинате АО «Миттал Стил Темиртау» внедрили в производство технологию отопления вращающейся печи для обжига известняка композиционным топливом на основе мазута и воды производительностью 10–15 т/час [11, 12]. В период испытаний отмечено: приготовленное топливо не расслаивается и может храниться более 10 лет, получено снижение расхода мазута на печах обжига известняка примерно на 30 %, сокращение сверхнормативных выбросов сажи и CO, выбросов SO₂ в среднем на 3,3 г/с и оксидов азота в среднем на 0,1 г/с. При подготовке композиционного топлива использовалось в среднем 15 % технической «замазученной» воды, что обеспечило сокращение объемов сброса мазута в канализацию в среднем до 100 т в месяц.

Аналогичных результатов достигли и при использовании кавитационного топлива для обогрева сушильного барабана ОАО «Асбестовский горно-обогатительный комбинат». Испытания показали, что после введения в топливо 20 % воды, при той же производительности агрегата коэффициент расхода воздуха вырос, а реальный расход топлива в пересчете на

обезвоженный мазут снизился в 2 раза, тепловой КПД агрегата увеличился с 28,75 % до 44,08 %, т.е. на 15,33 %. В тоже время происходит уменьшение потерь тепла с отходящими газами с 24,25 % до 21,38 %, химического недожога с 0,36 до 0,13 %, потерь тепла из рабочего пространства с 36,48 % до 24,94. Содержание в отходящих газах CO и оксидов азота снизилось в 2,5 раза, SO₂ в 10 раз [13–15].

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенные исследования показали высокую эффективность использования композиционного топлива, полученного в специальном кавитационном реакторе эмульгированием смеси мазута и воды в различных пропорциях по сравнению с ВТЭ, полученными другими методами, для сокращения энергетических затрат и улучшения экологической обстановки и целесообразности дальнейшего проведения изысканий использования композиционного топлива в металлургических агрегатах.

Работа выполнена по Государственному заданию ИМЕТ УрО РАН в рамках Программы фундаментальных исследований государственных академий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Волков, А. Н.** Сжигание газов и жидкого топлива в котлах малой мощности. – Л. : Недра, 1989. – 160 с.
- 2 **Гущин, С. Н.** Эффективный способ сжигания влагосодержащего мазута в плавильных печах / С. Н. Гущин, С. Г. Денисенко, Б. М. Шавельзон, О. В. Черепанов // Металлургическая теплотехника : сборник трудов – Днепропетровск : Пороги, 2005. – С. 176–185.
- 3 **Павлов, Б. П., Батуев, С. И., Щевелев, К. В.** Подготовка водомазутных эмульсий для сжигания в топочных устройствах. В кн.: Повышение эффективности использования газообразного и жидкого топлива в печах и отопительных котлах. – Л. : Недра, 1983. – 216 с.
- 4 **Промтов, М. А.** Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика. Монография. – М. : Машиностроение – 1, 2001. – 260 с.
- 5 **Иванов, В. М.** Топливные эмульсии и суспензии / Иванов В. М., Канторович Б. В. – М. : Металлургиздат, 1963. – 183 с.
- 6 **Новиков, Б. М.** Виброкавитационные технологии приготовления высокстабильных топливных композиций / Б. М. Новиков, Ю. А. Пименов, В. В. Черников // Инновации, 1997. – № 1. – С. 34–36.

7 **Акудин, Р. Ю., Балахничев, Н. А.** Подготовка мазута к сжиганию в кавитационном реакторе // Энергетик, 1986. – № 9. – С. 8–9.

8 **Гуляков, В. С.** Применение топлива, изготовленного с использованием кавитационного гидроударного ультразвукового воздействия / В. С. Гуляков, О. Ю. Шешуков, Е. Б. Суханов, А. С. Вусихис А. С., И. В. Некрасов, Л. И. Леонтьев // XIV Симпозиум по горению и взрыву : тез. докл. – Черногловка. – 13–17 октября 2008 г. – С. 53.

9 **Фролов, С. М.** Горение капли эмульгированного топлива / С. М. Фролов, В. С. Полянский, В. Я. Басевич, А. А. Беляев // Тезисы докладов XXV Академических чтений по космонавтике 2001. – М. : Издательство «Война и мир».

10 **Фролов, С. М.** Горение чистого и эмульгированного топлива / Фролов, В. С. Полянский, В. Я. Басевич, А. А. Беляев // Совершенствование мощностных, экономических и экологических показателей ДВС. – Владимир : Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2001. – С. 29–33.

11 **Бабенко, А. А., Гуляков, В. С., Зазуля, В. М.** / Энегетические и экологические аспекты использования композиционного топлива при обжиге известняка во вращающихся печах АО «Миттал Стил Темиртау» сборник научных трудов – 3 международной научно-практической конференции : Научно-технический прогресс в металлургии // Темиртау, 2005.

12 **Бабенко, А. А., Гуляков, В. С., Зазуля, В. М.** / Энегетические аспекты использования композиционного топлива при обжиге известняка во вращающихся печах АО «Миттал Стил Темиртау» сборник научных трудов – Новые технологии и материалы в металлургии // Екатеринбург : УрО РАН, 2005. – С. 49–53.

13 **Гуляков, В. С.** Улучшение экологической ситуации за счет совершенствования технологии утилизации жидких отходов / Гуляков В. С. Вусихис А. С., Брянцева О. С. // Экономические и экологические проблемы природопользования в горно-металлургическом комплексе : Материалы Международной научно-технической конференции «Государственное регулирование и стратегическое партнерство в горно-металлургическом комплексе», 23 апреля 2009г. – Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2009. – С. 51–54.

14 **Гуляков, В. С., Вусихис, А. С., Кудинов, Д. З., Ченцов, В. П.** Применение в металлургических агрегатах жидких топлив, приготовленных с использованием кавитационного гидроударного воздействия // Тезисы докладов XX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. – Екатеринбург, 2016. – Т. 3. – С. 148.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

В. С. Гуляков¹, А. С. Вусихис², Л. Б. Толымбекова³, А. К. Жунусов⁴

Су-мазутты эмульсия негізіндегі композициялық отынды қолдану тиімділігі

^{1,2}Ресей ғылым академиясының Уралыск бөлімі,
Металлургия институты,
Екатеринбург қ., 620016, Ресей Федерациясы;

^{3,4}С. Торайғырова атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 06.02.19 баспаға түсті.

V. S. Gulyakov¹, A. S. Vusihs², L. B. Tolymbekova³, A. K. Zhunusov⁴

Efficiency of the use of composite fuel on the water and fuel oil emulsions basis

^{1,2}Metallurgy Institute, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, 620016, Russian Federation;
^{3,4}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 06.02.19.

Қазіргі таңда отынды энергетикалық қондырғыларды пайдалануда экологиялық қауіпсіздік және энергия үнемдеу міндеттері өзекті болып табылады. Осы мәселелерді шешу үшін су-отынды эмульсияларға қызығушылық туындап отыр. Қазіргі уақытта металлургия энергияны қарқынды пайдалану және экологиялық тұрғыдан проблемалы өндірістердің бірі болып табылады. Металлургиядағы композициялық отынға назарының жетіспеушілігінің бір негізгі себебі – отынның сапасына жоғары талаптар қойылған. Бұл мәселелерді толық зерделеу металлургиядағы көмірсутекті композициялық көміртекті отынды пайдалану ауқымын кеңейтеді, ол қоршаған орта мен энергетикалық шиеленісті төмендетеді.

Мақалада мазут және суды қоспаларын эмульсиялаумен әртүрлі агрегаттарда алынған композициялық отынды қолдану арқылы энергия үнемдеу сұрақтары қарастырылған. Оны жасау әдісінің жану механизміне әсері сараланды. Қолдану тиімділігіне салыстырулар жүргізілді.

At present, the urgent tasks are energy saving and environmental safety during the operation of energy fuel installations. To solve these problems of interest are water-fuel emulsions.

Metallurgy is currently one of the most energy-intensive and environmentally-problematic industries. One of the main reasons for the lack of attention of metallurgists to composite fuel is the high demands on the quality of fuel. A more detailed research of these issues will expand the scope of the use of composite hydrocarbon fuel in metallurgy, which will reduce environmental and energy tensions.

The article discusses the issues of energy saving through the use of composite fuel produced in various units by emulsifying a mixture of fuel oil and water. The influence of the method of its manufacture on the combustion mechanism is analyzed. A comparison of the effectiveness of the application is made.

ГРНТИ 66.047.7:66-912

**А. М. Достияров¹, Р. А. Умирзаков²,
М. Т. Абдирова³, А. К. Мергалимова⁴**

¹д.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³м.т.н., преподаватель, Алматинский государственный колледж энергетики и электронных технологий. г. Алматы, 050013, Республика Казахстан;

⁴м.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан

email: ¹dost51@mail.ru; ²ars_uran@mail.ru; ³muhabbatabdirova@mail.ru;

⁴almagul_mergalimova@mail.ru

ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА НА РЕЖИМ СУШКИ ЗЕРНА И НА ТОКСИЧНОСТЬ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

В статье рассматривается влияние теплогенератора, режимов его работы с различными переменными и при различных условиях на режим сушки зерна и на токсичность продуктов сгорания. Своевременное и правильное выполнение процедуры сушки зерна является чрезвычайно важным аспектом. Предложено несколько вариантов получения оптимального результата. В результате проведенных исследований предложенный способ сушки зерна способствует улучшению его качества, сокращает время созревания зерна, а также корректирует зерновую массу с точки зрения влагосодержания и зрелости зерна. Следует также отметить, что данный метод, способствует улучшению характеристик зерна и его внешнего вида. Предлагаемый способ приостанавливает жизнедеятельность микроорганизмов и вредителей. Практическая и теоретическая значимость работы заключается в возможности применения полученных данных на практике и в исследованиях по вопросам сушки зерна.

Ключевые слова: сушка зерна, теплогенератор, токсичность продуктов сгорания, режим сушки, влажность зерна, Формула, температурный режим.

ВВЕДЕНИЕ

При уборке урожая мы получаем зерно с избыточным содержанием влаги. Влажное зерно не подлежит длительному хранению, поскольку быстро портится. Своевременно и правильно проведенная процедура сушки не только повышает стойкость зерна при хранении, но и способствует улучшению его качества, ускорению дозревания зерна, выравниванию зерновой массы по содержанию влаги (на уровне кондиционного значения) и степени зрелости (на уровне полной спелости), улучшению цвета и внешнего вида, остановливанию жизнедеятельности микроорганизмов и вредителей [1].

Важнейшей характеристикой зерна является термоустойчивость, определяемая его влажностью, температурой нагрева, продолжительностью нагрева и температурой сушильного агента. Зерно в процессе сушки, термостатирования и охлаждения претерпевает ряд глубоких изменений, связанных с биохимическими и физико-химическими превращениями, происходят изменения в его коллоидной и капиллярно-пористой структуре. Сохранение и улучшение качества зерна при сушке обеспечивается применением различных технологических схем и режимов сушки. При этом общим для всех технологических систем высокотемпературной сушки зерна является:

1 приём и хранение зерна до сушки в объёмах, обеспечивающих стабильную работу зерносушильного оборудования;

2 предварительная очистка зерна и формирование партий зерна, однородных по своим показателям и назначению;

3 формирование транспортных потоков зерна, обеспечивающих технологическую схему сушки (прямоточную, рециркуляционную, с предварительным нагревом или без предварительного нагрева зерна);

4 подготовка сушильного агента заданных параметров и распределение его по зонам сушки;

5 подготовка охлаждающего воздуха, в том числе с использованием искусственного холода;

6 проведение тепломассообменных процессов (предварительный нагрев, отлёжка, сушка и охлаждение зерна);

7 выгрузка зерна с формированием партий зерна с заданными параметрами;

8 активное вентилирование зерна, в том числе с дополнительным охлаждением и его досушкой в процессе охлаждения;

9 хранение зерна [2].

Применение метода системного анализа позволяет определить основные критерии технологических потоков при сушке зерна и их взаимодействие

с внешней средой. При этом только совокупность вышеперечисленных операций может обеспечить сушку зерна и сохранение его качества, т.е. технологический поток представляет собой целостную систему процессов, а характеристикой технологического потока, отражающей меру его организованности и системности технологии, определяемой в результате диагностики, является уровень целостности.

Для количественной оценки различных уровней организации технологических процессов и расчёта уровня целостности технологической системы по показателям стабильности её составляющих появилась возможность объективно оценить надёжность функционирования технологических систем сушки зерна.

В настоящее время можно выделить четыре способа конвективной сушки зерна: высокотемпературная сушка; высокотемпературная сушка с применением активного вентилирования (двухстадийная сушка); сочетание высокотемпературной и низкотемпературной сушки; низкотемпературная сушка активным вентилированием [3].

Важным элементом технологической системы является теплогенератор, который обеспечивает температурный режим сушки и экологичность системы. Нами предлагается для теплогенератора использовать воздушную форсунку с регулированием лопаток выходного завихрителя, которая в технологической системе будет обеспечивать необходимую интенсивность горения в теплогенераторе, а также уменьшение образования токсичных NO_x .

Совершенствование и перспективы развития теплогенератора связаны с возможностью регулирования параметров выходящего газа, улучшением их аэродинамики и снижением токсичности. В результате обобщения экспериментальных данных и использования основ теории горения были определены следующие основные принципы организации рабочего процесса, конструирования компактного теплогенератора:

1 Разделение рабочего объема камеры сгорания на две зоны горения и смешения. В настоящее время средняя температура выходящих газов $T_T = 750 \div 950 \text{K}$ и общее значение коэффициента избытка воздуха $\alpha_{\Sigma} = 4 \div 10$.

В пространстве, ограниченном корпусом 1 теплогенератора, жаровой трубой 2 выделяют объём зон горения I и смешения II (рис.1). В переднюю часть объёма жаровой трубы (зону горения) направляют первичный воздух G_I – такую часть общего расхода воздуха G_B , которая обеспечивает образование высокорекреакционной смеси, быстро сгорающей при достаточно высокой средней температуре процесса.

В зону горения I в поток первичного воздуха G_I форсункой 5 подается топливо G_T . Оставшаяся часть воздуха G_{II} – вторичный воздух, – минуя зону горения со скоростью ω_2 , через специальные отверстия поступает в

зону смешения II жаровой трубы. Перемешиваясь с продуктами сгорания, выходящими из зоны горения I, и охлаждая их, он обеспечивает заданную температуру газа на выходе из теплогенератора.

2) Постепенный (ступенчатый) подвод первичного воздуха по длине зоны горения. Для жидкого топлива, в отличие от природного газа, постепенный рассредоточенный подвод первичного воздуха в зону горения еще более необходим. Так, например, капля жидкого топлива перед сгоранием должна прогреться и испариться. Для горения быстро испаряющихся самых мелких капель в самом начале зоны горения требуется небольшое количество первичного воздуха G_1 , который целесообразно подавать у устья форсунки 5 через фронтное устройство 3, обеспечивая необходимую для химической реакции температуру в этой зоне.

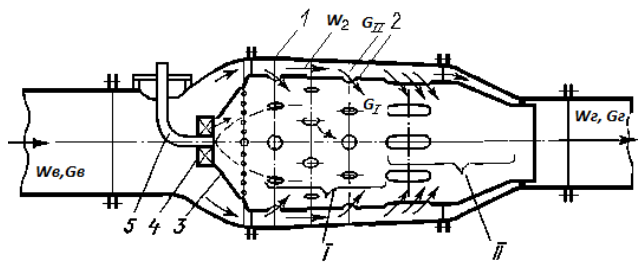


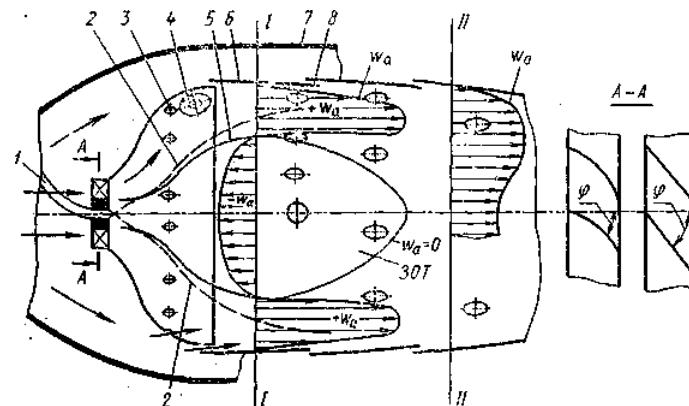
Рисунок 1 – Схема теплогенератора

При ступенчатом подводе боковых струй первичного воздуха обеспечивается догорание мелких и горение испаряющихся средних и крупных капель также в оптимальных температурных условиях. Кроме того, дополнительно турбулизуется общий поток, интенсифицируется процесс перемешивания и горения в целом. Для полного выгорания топлива в идеальном случае в зону горения следует подать вполне определенное количество воздуха. Как уже отмечалось, избыток воздуха нужен для облегчения и гарантирования смесеобразования, предупреждения химического недожога топлива и снижения уровня диссоциации, высокого при повышенных температурах процесса.

При проектировании на основе теоретических представлений о процессе горения и накопленного опыта задаются определенной закономерностью распределения воздуха, часто как показано на рис. 1 штриховой линией. Расход первичного воздуха в зоне горения G_1 , а, следовательно, коэффициент его избытка $\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{G_1}{G_T \cdot L_0}$ зависят от типа теплогенератора, вида топлива и организации рабочего процесса.

Обеспечение турбулизации потока в зоне горения влияет на эффективность процесса горения. В результате интенсифицируются процессы тепло- и массообмена, улучшается смесеобразование и возрастает скорость распространения пламени. Турбулизация потока достигается установкой во фронтном устройстве 3 передней торцевой части жаровой трубы 2 воздушной форсунки 4 с лопаточными завихрителями воздуха, а также организацией радиального течения струй воздуха, выходящих через отверстия в стенках по длине жаровой трубы.

Поскольку значительные форсировки рабочего объема жаровой трубы теплогенератора определяют средние скорости движения потока намного больше, чем турбулентная скорость и Траспространения фронта пламени, для удержания факела в определенной области передней части зоны горения необходимо проведение специальных мероприятий. Для стабилизации фронта пламени используют лопаточные завихрители, располагаемые во фронтном устройстве жаровой трубы. Устанавливаемая за ними зона обратных токов (ЗОТ) с пониженным статическим давлением на оси камеры, которое обусловлено эжекцией газа кольцевой струей, вытекающей из лопаточного завихрителя в расширяющийся канал, и центробежным эффектом, стабилизирует положение фронта пламени, обеспечивающего зажигание всей топливоздушной смеси. Схема полей осевых скоростей ω_a в различных сечениях по длине жаровой трубы в зоне горения (без учета воздействия боковых струй воздуха), дана на рисунке 2.



1 – форсунка; 2 – конус топлива; 3 – отверстия; 4 – возможная зона отрыва потока; 5 – граница зоны обратных токов; 6 – обечайка жаровой трубы; 7 – корпус; 8 – щель для охлаждающего воздуха.

Рисунок 2 – Схема течения газов в зоне горения

Радиальные и тангенциальные скорости зависят от конструкции фронтального устройства и параметров потока, например, при использовании лопаточного завихрителя от угла φ наклона лопаток по отношению к оси камеры. Обычно $\varphi = 45\div 65^\circ$ в зависимости от конструкции фронтального устройства. При больших углах φ эффективность лопаточного завихрителя снижается вследствие возрастания потерь давления.

3) *Оптимальное распределение концентраций 4 топлива по сечениям зоны горения.* Целесообразно, например, подавать полый конус 3 топлива в области потока, примыкающие снаружи к зоне обратных токов, где градиент осевых скоростей w_a потока максимален, что обеспечивает хорошее смешение топлива с воздухом. При такой схеме смесеобразования попадание топлива на стенку жаровой трубы и внутрь зоны обратных токов надо исключать.

Отмеченные основные принципы организации рабочего процесса, конструирования и расчета теплогенератора в каждом конкретном случае дополняются другими положениями, связанными с особенностями проектируемого теплогенератора. Так, например, при высоких параметрах воздуха на входе в значительно теплонапряженных высокотемпературных камерах сгорания ($\alpha_s = 2\div 3$ и менее) положение о делении рабочего объема на зоны горения и смешения можно заменить более перспективным принципом обеспечения равномерного микрофакельного сжигания топлива в небольшом (особенно по длине) объеме. Выполнение этого принципа возможно, если предварительно подготовить горючую смесь к сгоранию, испарить топливо, частично перемешать его с воздухом и т.д. Принцип обеспечения стабилизации пламени часто связан с необходимостью создания не одного, а нескольких поясов стабилизации по сечению и длине зоны горения, что способствует реализации принципа микрофакельного горения, обеспечивая большую устойчивость процесса, а, следовательно, повышение теплонапряженности рабочего объема камеры сгорания.

Наконец, требование о снижении уровня токсичности газов может обусловить необходимость организации не одной, а двух зон горения при двухстадийном сжигании топлива, причем с регулируемыми избытками воздуха или создания гомогенных камер сгорания с предварительным полным смесеобразованием.

Поэтому при создании инженерной методики по оценке выбросов NO_x следует устанавливать зависимость времени пребывания газов от геометрии микрофакельного фронтального устройства и условий распределения воздуха в зоне горения.

В рассматриваемой камере с МФУ закрутка потока на входе приводит к образованию золы обратных токов (ЗОТ), что обеспечивает устойчивую работу камеры в широком диапазоне параметров. ЗОТ в этих условиях

достигает 30–40 % всего объема первичной зоны камеры сгорания. Рециркуляция газов через ЗОТ увеличивает время пребывания продуктов сгорания в зоне высоких температур, что естественно, должно учитываться методикой расчета выхода окислов азота.

В отличие от микрофакельных устройств (МФУ) для газа, конструкция МФУ жидкого топлива должна обеспечить предварительную подготовку горючей смеси в предкамере, специальных форсунках или в воздухоподводящих каналах, а также обеспечить рассредоточение поверхности фронта в виде множества микрофакелов по входному сечению зоны горения [4]. Одним из приемов приближения к микрофакельному сжиганию является компоновка перфорированного конуса с воздушной форсункой. В воздушных (или пневматических) форсунках кинетическая энергия потока воздуха тратится на дробление топливной струи, поэтому требуется большое количество воздуха для получения высокого качества распыливания. В составе камеры сгорания ГТД с перфорацией фронта исследовалась воздушная форсунка-стабилизатор [5]. Воздух, поступающий в горелку, закручиваясь лопатками входного регистра, подхватывает струи топлива, вытекающие из топливной трубки при избыточном давлении и перемешивается с ним. Затем топливоздушная смесь, обтекая конус стабилизации и проходя выходной регистр, выходит закрученным потоком в зону горения камеры, разбрасывая топливоздушную смесь вдоль перфорированного фронтального конуса камеры [6]. При этом идет развитое микрофакельное горение по фронту. В этой части роль стабилизаторов выполняют затененные секторы перфорации.

Камера сгорания исследовалась на экспериментальном стенде при сжигании керосина марки ТС-1 (на стенде МГТУ им. Н. Э. Баумана) [7] и природного газа (на стенде АУЭС) [8] в несколько этапов:

1 установка оптимальных углов лопаток входного и выходного завихрителей воздушной форсунки;

2 доводка микрофакельного фронтального устройства камеры сгорания ГТД при сжигании природного газа.

Выбор угла установки лопаток входного завихрителя влияет на качество смешения топливоздушной смеси и на гидравлические потери в горелочном устройстве [9]. На рисунке 3 показана зависимость коэффициента сопротивления от угла установки лопаток.

Зависимость коэффициента сопротивления $\xi_{\text{вх}}$ от угла установки (β_1) приведена в работах [10], которые показывают, что при $\beta > 40^\circ$ резко увеличиваются гидравлические потери, а уменьшение β_1 до 30° и менее снижает генерацию турбулентности в камере горелки. Для сжигания топлива тяжелых фракций можно использовать воздушную форсунку-стабилизатор,

но следует выполнить как показано в [11] центральное сквозное отверстие 8 для эжекции высокотемпературных продуктов сгорания в камеру подготовки топливоздушной смеси.

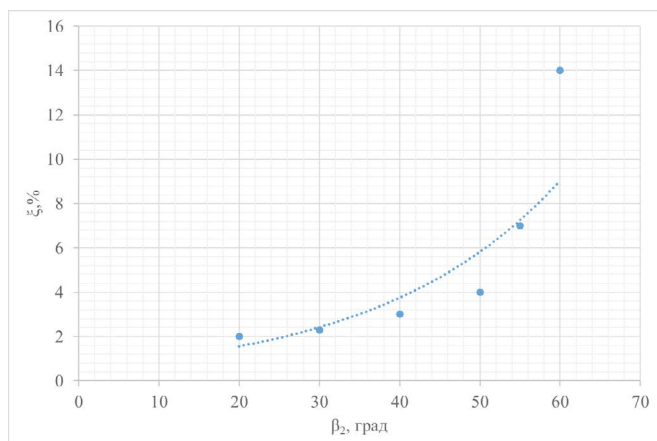


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента сопротивления от β_2

Перфорирование пластины имеет определенные преимущества при использовании их в камерах сгорания с предварительной подготовкой обедненной смеси.

Качество смешения определялось из результатов эксперимента по зависимости $\eta_r = f(\alpha_\Sigma)$ и $C_{NOx} = f(\alpha_{фр.})$ (рис. 4, 5).

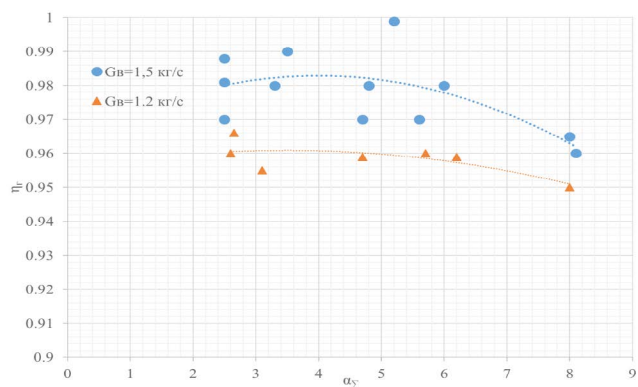


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента полноты сгорания в воздушной форсунке от суммарного коэффициента избытка воздуха

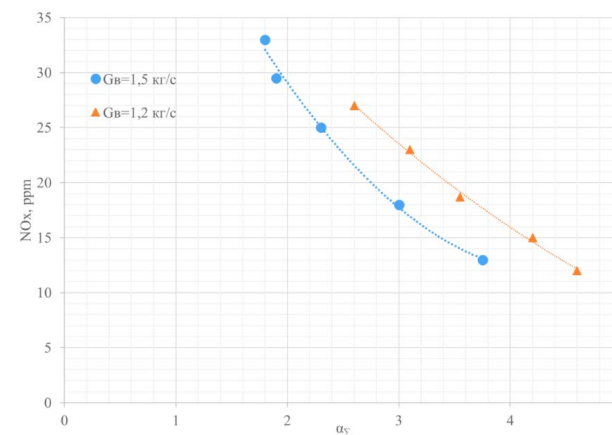


Рисунок 5 – Зависимость выхода NO_x от коэффициента избытка воздуха в зоне горения

Влияние закрутки потока воздуха конструктивными элементами вихревых горелочных устройств на интенсивность горения топлива и выход NO_x неоднократно подтверждались экспериментами [12]. Это же влияние четко прослеживалось и в опытах с «воздушными» форсунками [13]. Данное обстоятельство позволяло определить существенное влияние углов установки профилей в МФУ на эмиссию NO_x . С целью проверки этого предположения были выполнены специальные исследования на вариантах камеры сгорания, оборудованной «воздушной» форсункой-стабилизатором (ВФС), выполненные авторами в работе [14] с разными углами закрутки выходного потока топливоздушной смеси.

На рисунках 6,7 показано влияние угла установки элементов выходного регистра ВФС β_2 для двух вариантов камеры сгорания с различными углами раскрытия фронтального участка жаровой трубы ($\theta = 70^\circ$ и 120°). Из проведенных исследований на углах $\beta_2 = 20^\circ; 30^\circ; 40^\circ$ и 60° следует, что для варианта камеры с $\theta = 70^\circ$ наименьший выход NO_x наблюдался при $\beta_2 = 20^\circ$, а для варианта $\theta = 120^\circ$ – при $\beta_2 = 30^\circ$. Объяснение полученных результатов можно дать, анализируя структуру потока в головном участке жаровой трубы, которая определяет распределение температурного поля и существенным образом влияет на параметр времени пребывания продуктов сгорания в огневой зоне, что отмечается исследованиями работы [15].

Таким образом, увеличение угла закрутки потока в ВФС увеличивало размеры зоны обратных токов (ЗОТ), а значит, и долю циркулирующих газов, что увеличивало «время пребывания» в высокотемпературной зоне. В

соответствии с этим эмиссия NO_x при $\beta_2 = 40^\circ$ становилась большей, чем при $\beta_2 = 30^\circ$. Здесь же следует отметить, что при малых значениях β_2 на варианте жаровой трубы с $\theta = 120^\circ$ происходил отрыв потока от стенок переходного конуса, при этом количество газа, циркулирующего здесь, значительно превосходило таковое в центре камеры, т.е. собственно в ЗОТ, что также увеличивало суммарное «время пребывания» и предопределяло повышенный выход NO_x в продуктах сгорания.

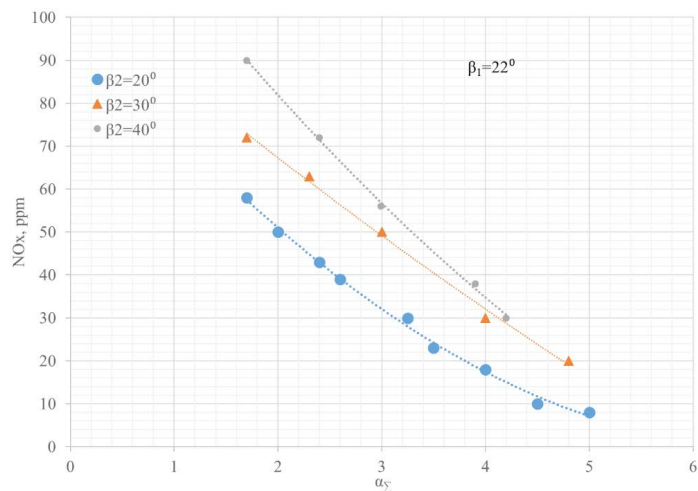


Рисунок 6 – Влияние углов установки входного и выходного завихрителей и угла раскрытия фронта жаровой трубы на выход NO_x

Наибольшая эмиссия NO_x при экспериментах наблюдалась при $\beta_2 = 20^\circ$, что объяснялось увеличенными размерами рециркуляционных зон (в т.ч. и в периферийных участках переходного конуса). В целом же ухудшение результатов по выбросам NO_x при $\beta_2 = \text{idem}$ в сравнении с вариантами ВФС, где осуществлялась предварительная крутка потока на входных завихрителях ($\beta_1 = 22^\circ$ и 40° – см. Рисунки 6,7), что было вызвано существенным снижением качества предварительной подготовки горючей смеси по тракту ВФС. Последнее еще раз косвенно подтверждало необходимость такой «подготовки» в элементах конструкции МФУ.

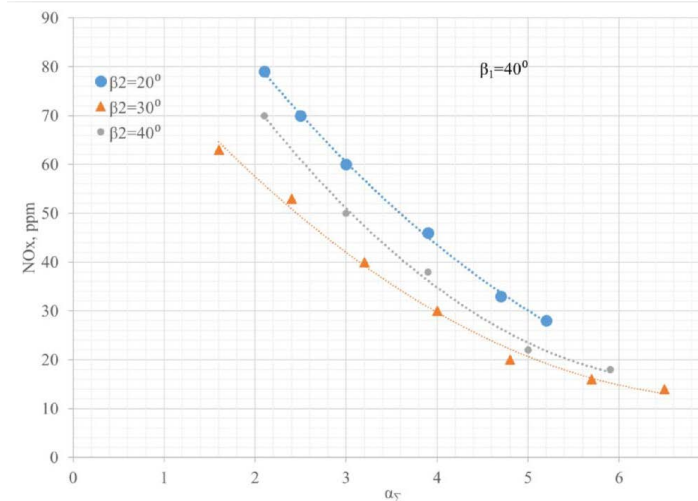


Рисунок 7 – Влияние углов установки входного и выходного завихрителей и угла раскрытия фронта жаровой трубы на выход NO_x

Анализ результатов показывает, что правильная перфорация повышает эффективность процесса горения, увеличивает полноту сгорания топлива и снижает образование окислов азота, особенно при работе камеры в расчетном режиме. В воздушных горелках очень важно правильно выбрать соотношение массовых расходов воздуха и топлива (для жидких топлив = от 3 до 5). Существенное влияние на качество горения оказывает угол конусности фронтальной части жаровой трубы. Поэтому для детального изучения влияния угла установки лопаточных завихрителей, а также перфорации фронта и ступенчатого подвода охлаждающего воздуха следует провести численное моделирование процесса в горелке и в первичной зоне камеры сгорания.

Для расчета концентрации окислов азота с учетом вышеуказанного, была предложена следующая методика. В зоне горения выделяется прямой поток и зона обратных токов. Прямой поток разбивается на i – поясов, ограниченных поверхностями каровой трубы, зоны обратных токов и сечениями проходящими по осям отверстия для подвода вторичного воздуха перпендикулярно оси каровой трубы. При известном распределении потоков воздуха объемная концентрация окислов азота в зоне горения может быть определена по уравнению:

$$(C_{NO})_i = \sum_{i=1}^n n_i \cdot (C_{NO})_i + 2G_{обр} \cdot \sum_{i=1}^n (C_{NO})_i + G_{обр} \cdot (C_{NO})_{зот} / G_1 \quad (1)$$

где: n – число поясов;

G_i – расход воздуха через i-ой пояс, [кг/с];

$G_{обр}$ – расход рециркулирующих газов через ЗОТ, [кг/с];

G_1 – суммарный расход воздуха через зону горения, [кг/с];

$(C_{NO})_i$ – объемная концентрация окислов азота в i-ом поясе, [об, %];

$(C_{NO})_{зот}$ – объемная концентрация окислов азота в i-ом ЗОТ, [об, %].

Объемная концентрация окислов азота NOx в каждой зоне рассчитывается

по уравнению:

$$(C_{NO})_j = 37 \cdot 10^{11} \sqrt{(C_{O_2})_j \cdot (C_{H_2})_j} \cdot \exp\left(-\frac{65000}{T_{эфj}}\right) \cdot \sqrt{0,1 \cdot \frac{P_B}{T_{эфj}}} \cdot \tau_{npj} \quad (2)$$

где: $j = n + 1$ – число зон (число поясов плюс ЗОТ);

τ_{npj} – время пребывания продуктов сгорания в j-ой зоне, [сек]; $\tau_{npj} = \frac{V_j}{\theta_j}$;

V_j – объемный расход газа через j-ую зону, $\left[\frac{m^3}{c}\right]$;

$T_{эфj}$ – эффективная температура в j-ой зоне камеры, [K];

P_a – давление воздуха на входе в камеру сгорания, [МПа];

$(C_{O_2})_j$ и $(C_{N_2})_j$ – объемные концентрации кислорода и азота в j-ой зоне.

Для микрофакельного сжигания с достаточным основанием можно считать равномерным распределение коэффициента избытка воздуха в зоне горения. В этом случае можно предположить, что существует средняя эффективная температура, определяющая выброс окислов азота, которая зависит от величин a_c , T_B , потерь тепла и коэффициента полноты сгорания топлива. Для этих условия уравнения (1) и (2) для камер с одним рядом отверстий может быть образовано:

$$(C_{NO})_k = 13 \cdot 10^{11} \left[\frac{\alpha_c (\alpha_c - 1) L_o^3}{(1 + \alpha_c \cdot L_o)^3} \right]^{0,5} \cdot \exp\left(-\frac{65000}{T_{эф,сп}}\right) \cdot \sqrt{\frac{0,1 \cdot P_B}{T_{эф,сп}}} \cdot K [K_{фр} \cdot \tau_1 + 2K_{обр}(\tau_1 + \tau_2) + K_{обр} \cdot \tau_{ЗОТ}] \cdot \frac{\alpha_c}{\alpha_\Sigma}; [млн^{-1}]$$

где: a_c – коэффициент избытка воздуха в зоне горения;

L_o – стехометрический коэффициент;

α_Σ – суммарный коэффициент избытка воздуха из камеры сгорания;

$K_{фр} = \frac{C_{фр}}{G_1}$ – относительный расход воздуха через фронтное устройство

камера сгорания;

$\tau_1, \tau_2, \tau_{ЗОТ}$ – время пребывания в зонах, соответственно, до отверстия вторичного подвода воздуха, после отверстия и в ЗОТ;

$K_{обр} = \frac{C_{обр}}{G_1}$ – относительный расход воздуха через зону обратных токов.

ВЫВОДЫ

Для расчета необходима знать размеры зоны обратных токов и количество рециркулирующих в ней газов. Эти величины зависят от геометрии фронтного устройства, параметров течения и размеров отверстия по длине каровой трубы. Результаты расчетов о предложенной методике и сопоставление с экспериментальными данными показано на рис.1. Расхождение данных не превышает 12 % во всем диапазоне параметров исследованных режимов, что позволяет рекомендовать эту методику для использования.

Предложенная методика расчета концентрации окислов азота с учетом структуры потока позволяет еще на стадии проектирования провести выбор геометрии фронта камеры сгорания не только с точки зрения обеспечения минимальных гидравлических потерь и устойчивость.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Зерносушение и зерносушилки / В. И. Жидко, В. А. Резчиков, В. С. Уколов. – М. : Колос, 1982. – 239 с.
- 2 Гинзбург, А. С. Основы теории и техника сушки пищевых продуктов. – М. : Пищевая промышленность, 1973 – 528 с.
- 3 Цугленок, Н. В. Теоретические основы интенсификации процесса сушки зерна / Н. В. Цугленок, С. К. Манасян // Аграрная наука на рубеже веков : мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2005. – С. 134–135.
- 4 Пчелкин, Ю. М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. – М. : Машиностроение, 1984. – 280 с.
- 5 Газотурбинные камеры сгорания с закрученным движением воздушных потоков / А. В. Сударев, В. А. Маев. – М. : [б. и.], 1968. – 50 с.
- 6 Lefebvre, A. H., Ballal, D. R. Gas turbine combustion : Alternative Fuels and Emissions. Third Edition. – Taylor & Francis, 2010.
- 7 Umyshev, D. R., Dostiyarov, A. M., Tumanov, M. Y., Wang, Q. Experimental investigation of v-gutter flameholders // Thermal Science. (2017(a)). – 21(2). – 1011–1019.
- 8 Umyshev, D. R., Dostiyarov, A. M., Tyutebayeva, G. M. Experimental investigation of the management of NOx emissions and their dependence on different types of fuel supply // Espacios. (2017(b)). – 38(24). – 17.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

*А. М. Достияров¹, Р. А. Умирзаков², М. Т. Абдирова³, А. К. Мергалимова⁴***Жылу генераторы жұмысының астықты кептіру режиміне және жану өнімдерінің уыттылығына әсері**^{1,2,4}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³Алматы мемлекеттік энергетика колледжі

және электрондық технологиялар,

Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

*A. M. Dostiyarov¹, R. A. Umirzakov², M. T. Abdirov³, A. K. Mergalimov⁴***The effect of the heat generator operation on the grain drying mode and on the toxicity of combustion products**^{1,2,4}S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

³Almaty State College of Power and Electronic Technologies,

Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада жылу генераторының әсер етуі, оның әртүрлі айнымалы және әр түрлі жағдайларда жану өнімдерінің уыттылығына әсер етуі қарастырылады. Астықты кептіру процедурасын уақтылы және дұрыс орындау өте маңызды аспект болып табылады. Оңтайлы нәтиже алудың бірнеше нұсқасы ұсынылды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде астықты кептірудің ұсынылған тәсілі оның сапасын жақсартуға ықпал етеді, астықтың пісу уақытын қысқартады, сондай-ақ астықтың ылғалдылығы мен жетілуді тұрғысынан астық массасын түзетеді. Сондай-ақ, бұл әдіс астықтың сипаттамасын және оның сыртқы түрін жақсартуға ықпал ететінін атап өткен жөн. Ұсынылған әдіс микроорганизмдер мен зиянкестердің тіршілігін тоқтатады. Жұмыстың практикалық және теориялық маңыздылығы алынған деректерді астықты кептіру мәселелері бойынша практикада және зерттеулерде қолдану мүмкіндігіне негізделеді.

This article examines the heat generator impact, its operation modes with different variables and under different conditions on the drying regime of the grain and on the toxicity of the combustion products. Timely and

correct implementation of the procedure for drying grain is an extremely important aspect. We proposed several options for obtaining the optimal result. As a result of the research, the proposed method of grain drying contributes to the improvement of its quality, reduces the ripening time of the grain, and adjust the grain mass in terms of moisture content and grain maturity. It should also be noted that this method, contributes to the improvement of the grain's characteristics, and its appearance. The proposed method suspends the vital activity of microorganisms and pests. The practical and theoretical importance of this work lies in the possibility of applying the obtained data both in practice and in studies on the matter of grain drying.

**К. М. Дюсенов¹, А. Б. Кайдар²,
М. Б. Кайдар³, Б. К. Шапкенов⁴**

¹к.т.н., профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²м.т. и т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

³менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹kdyussenov@yandex.ru; ²argin_intel@mail.ru;

³m.kaidar@amangeldygas.kz; ⁴argin_intel@mail.ru

ЭКОНОМИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАГРЕВА ВОДЫ

Проблемы энергосбережения в технологии нагрева воды заставляют вновь обратиться к процессам высокочастотного (ВЧ) электромагнитного нагрева, обеспечивающим высокую скорость локального нагрева проводящих материалов в любой среде. Для обеспечения энергосбережения и высокой скорости нагрева воды необходим соответствующий выбор частоты нагрева, конструкции индукторного устройства и оптимизация режимов процесса. ВЧ-нагрев в диапазоне частот 1200–1500 кГц характеризуется большей зависимостью от величины мощности и электрофизических характеристик материалов. При мощности нагрева 1 кВт напряженность поля достигает $4,5 \cdot 10^4$ А/м, а время нагрева воды – 5–7 с.

Воздействие энергии высокочастотных (ВЧ) электромагнитных колебаний позволяет осуществлять высокопроизводительный бесконтактный нагрев в различных средах проводящих материалов, при резонансном режиме потребление электроэнергии снижается в 10 и более раз по сравнению обычным нагревом.

Ключевые слова: энергосбережение, технологии нагрева воды, высокочастотные электромагнитные колебания, индукторные устройства, векторы напряжённости, индукции магнитного и электрического поля; удельная электрическая проводимость, магнитная и электрическая постоянные, объёмная плотность электрических зарядов, вектор плотности тока.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие силовой электроники и микропроцессорной техники даёт новые возможности для построения сложных алгоритмов, направленных на решение поставленных задач. Современные схемные решения, позволяющие формировать токи высокой частоты, как правило, строятся на базе полностью управляемых IGBT транзисторов с высокой коммутационной способностью, что обеспечивает возможность беспрепятственного получения частот тока в диапазоне нескольких килогерц. На этой элементной базе возможно создание электротехнического комплекса для индукционного нагрева воды. Из строя он может выйти, в худшем случае, через 40 лет. Микровибрация внутри индукционного нагревателя обеспечивает ему 100 % защиту от накипи.

КПД индукционного нагревателя составляет 99 %, работа его бесшумна. Он не требует сервисного обслуживания. Монтаж нагревателя не требует специальных знаний и не требуется особо переоборудовать существующую систему отопления. Малые габариты котла позволяют устанавливать его в любом помещении. Индукционный нагреватель обеспечивает полную автономность в получении тепла и горячей воды. За счет использования в системе антифриза или масла полностью исключается разрыв труб при аварийном отключении электричества.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для квазистационарного электромагнитного поля уравнения Максвелла имеют вид [1]:

$$\begin{cases} \operatorname{rot}(\mathbf{H}) = \mathbf{J} = \gamma \cdot \mathbf{E}; \\ \operatorname{rot}(\mathbf{H}) = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -\mu\mu_0 \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}; \\ \operatorname{div} \mathbf{B} = 0; \\ \operatorname{div} \mathbf{D} = \operatorname{div}(\epsilon\epsilon_0 \mathbf{E}) = q_0, \end{cases} \quad (1)$$

где \mathbf{H} , \mathbf{B} , \mathbf{E} и \mathbf{D} – векторы напряжённости и индукции магнитного и электрического поля; γ – удельная электрическая проводимость; μ и ϵ – магнитная и электрическая постоянные; q_0 – объёмная плотность электрических зарядов; \mathbf{J} – вектор плотности тока. В дифференциальной форме возможно совместное решение уравнений (1), однако часто выгоднее решать одно уравнение, но уже второго порядка:

$$\operatorname{rot} \left(\frac{1}{\gamma} \operatorname{rot}(\mathbf{H}) \right) = -\mu\mu_0 \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}; \quad (2)$$

$$\operatorname{rot} \left(\frac{1}{\mu} \operatorname{rot}(\mathbf{E}) \right) = -\gamma\mu_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}. \quad (3)$$

Из векторной алгебры известно [2], что: $\text{rot}(\text{rot}(C)) = \text{grad}(\text{div}(C)) C - \nabla^2 C$, где $\nabla^2 C$ – векторный лапласиан C , также в кусочно-непрерывной среде: $\text{div}(H) = \frac{1}{\mu\mu_0} \text{div}(B) = 0$ [3], поэтому:

$$\nabla^2 H - \mu\mu_0 \gamma \frac{\partial H}{\partial t} = 0; \tag{4}$$

$$\nabla^2 E - \mu\mu_0 \gamma \frac{\partial E}{\partial t} = 0; \tag{5}$$

В уравнении (5) можно выделить E^B – вихревая составляющая поля и $E^П$ – составляющая поля, создаваемая электрическими зарядами. Преобразуя уравнение (5), выделив в нем составляющую E^B , получим:

$$\nabla^2 E^B - \mu\mu_0 \gamma \frac{\partial E^B}{\partial t} = \mu\mu_0 \gamma \frac{\partial E^П}{\partial t}; \tag{6}$$

Переход от гармонических к вращающимся величинам позволяет заменить операцию дифференцирования по времени умножением на $i\omega$ и исключить временную зависимость из уравнений. Вместо уравнения (6) для комплексных амплитуд получаем векторное уравнение Гельмгольца [4]:

$$\nabla^2 \dot{E}_m^B - i\omega\mu\mu_0 \dot{E}_m^B = i\omega\mu\mu_0 \gamma \dot{E}_m^П. \tag{7}$$

В уравнении (2.7) член $i\omega\mu\mu_0 \gamma \dot{E}_m^П$ можно рассматривать как стороннее воз действие, тогда можно перейти к рассмотрению распределения одномерного поля в плоской однородной проводящей среде, получим:

$$\nabla^2 \dot{E}_m^B - i\omega\mu\mu_0 \dot{E}_m^B = 0. \tag{8}$$

Из уравнения (8) можно найти \dot{E}_m^B : $\dot{E}_m^B = C_1 E e^{-\alpha x} + C_2 E e^{\alpha x}$, где $\alpha = \frac{1+i}{\delta}$ – постоянная распространения волны; δ – «глубина проникновения» тока, $\delta = \sqrt{\frac{2}{i\omega\mu\mu_0}}$ [5]. С учётом граничных условий: $\dot{E}_m^B = E_{me} e^{-\alpha x} = E_{me} e^{-\frac{x}{\delta}} \cdot e^{-\frac{ix}{\delta}}$ (E_{me} – напряжённость электрического поля на поверхности шара, условимся обозначать все значения на поверхности шара индексом e), тогда мгновенное значение для E^B будет:

$$E(x, t) = \text{Re}(\dot{E}_0 e^{i\omega t}) = E_{me} e^{-\frac{x}{\delta}} \cos\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right). \tag{9}$$

Так как $\dot{H}_m = \frac{i}{\omega\mu\mu_0} \cdot \frac{d \dot{E}_m}{dx} = \frac{\gamma\delta}{\sqrt{2}} E_{me} e^{-i\frac{\pi}{4}} \cdot e^{-\alpha x} = \dot{H}_{me} e^{-\alpha x}$, то:

$$H(x, t) = H_{me} e^{-\frac{x}{\delta}} \cdot \cos\left(\omega t - \frac{x}{\delta} - \frac{\pi}{4}\right). \tag{10}$$

Согласно теореме Умова-Пойнтинга [6], описывающей перенос электромагнитной энергии, получим:

$$S = EH = \frac{\gamma\delta}{2\sqrt{2}} E_{me}^2 e^{-\frac{2x}{\delta}} \cdot \left[\cos\left(2\omega t - \frac{2x}{\delta} + \frac{\pi}{4}\right) + \frac{2}{\sqrt{2}}\right]. \tag{11}$$

Поверхность шара можно представить плоской при выполнении следующего условия: диаметр шара должен превышать глубину проникновения тока (δ) в 5–6 раз [7]. В противном случае необходимо применять специальный метод решения уравнений (4) – (5).

Пусть однородный шар радиуса R , проводимости ζ , магнитной проницаемости μ и диэлектрической постоянной ϵ' находится в пустоте, в пучности электромагнитного поля стоячей электромагнитной волны частоты ω [8]. Предполагая, что $\frac{R^2 \omega^2}{c^2} = 1$, можно считать поле в бесконечности однородным, вида $H_0 e^{i\omega t}$ и направленном вдоль полярной оси z согласно рисунку 1. Поле формируется индуктором (рисунок 2).

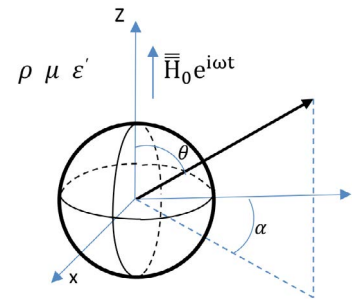


Рисунок 1 – Направление поля H_0 по отношению к металлическому шару с параметрами ρ, μ, ϵ'

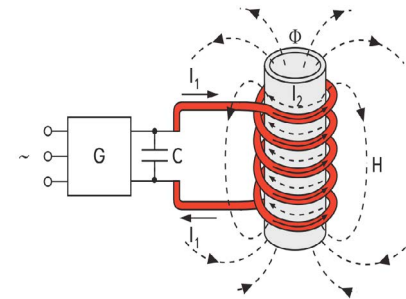


Рисунок 2 – Схема индукционной системы нагрева с металлическим шаром

Положим $E = H_1 e^{-i\omega t}$,

$H = H_1 e^{-i\omega t}$, $\varepsilon = \varepsilon' - i \cdot \varepsilon'' = \varepsilon' - i \cdot \frac{4\pi\sigma}{\omega}$, $k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \varepsilon \mu$. Пользуясь симметрией задачи [1], вводим потенциальную функцию v , определённую соотношениями:

$$\begin{cases} E_r = 0; \\ E_\theta = 0; \\ E_\alpha = \frac{i\omega\mu}{c} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial\theta} (r \cdot v); \\ H_r = k^2 (r \cdot v) + \frac{\partial^2}{\partial r^2} (r \cdot v); \\ H_\theta = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial^2 (r \cdot v)}{\partial r \cdot \partial v}; \\ H_\alpha = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Из уравнений Максвелла (3) – (4), получим для v волновое уравнение:

$$\nabla^2 v + k^2 v = 0. \quad (13)$$

Решение последнего уравнения в сферической системе координат выглядит следующим образом:

$$v = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{r}} P_n(\cos \theta) \left[A_n \cdot J_{n+\frac{1}{2}}(kr) + B_n \cdot N_{n+\frac{1}{2}}(kr) \right], \quad (14)$$

где P_k , J_k , N_k – функции сферические, Бесселя и Неймана порядка k , соответственно.

Решение внутри шара (в соответствии с требованием конечности решения в начале координат $B_n = 0$ при всех n), имеет вид:

$$v = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{r}} P_n(\cos \theta) \cdot A_n \cdot J_{n+\frac{1}{2}}(kr). \quad (15)$$

На поверхности шара ($r=R$) должны выполняться условия непрерывности H_θ , $\mu \cdot H_\theta$ и E_α ; находим соответственно из (12):

$$\left[\frac{\partial^2 (rv)}{\partial r \cdot \partial v} \right]_{r=R} = \left[\frac{\partial^2 (rv_e)}{\partial r \cdot \partial v} \right]_{r=R}; \quad (16)$$

$$\mu \cdot \left[k^2 (rv) + \frac{\partial^2 (rv)}{\partial r^2} \right]_{r=R} = \left[\frac{\partial^2 (rv_e)}{\partial r^2} \right]_{r=R}; \quad (17)$$

$$\mu \cdot \left[\frac{\partial (rv)}{\partial \theta} \right]_{r=R} = \left[\frac{\partial (rv_e)}{\partial \theta} \right]_{r=R}. \quad (18)$$

Окончательное решение внутри шара будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} v = \frac{3H_0 R^{\frac{3}{2}} \sqrt{k}}{2Z(x)} \cdot \frac{J_{\frac{3}{2}}(\psi)}{\sqrt{\psi}} \cdot \cos(\theta) \cdot e^{i\omega t}; \\ E_\alpha = \frac{3H_0 x^{\frac{3}{2}} \sqrt{k}}{2Z(x)} \cdot i \cdot \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \cdot \frac{J_{\frac{3}{2}}(\psi)}{\sqrt{\psi}} \cdot \sin(\theta) \cdot e^{i\omega t}; \\ H_\theta = -\frac{3H_0 x^{\frac{3}{2}}}{2Z(x)} \cdot \frac{\psi J_{\frac{1}{2}}(\psi) - J_{\frac{3}{2}}(\psi)}{\psi^{\frac{3}{2}}} \cdot \sin(\theta) \cdot e^{i\omega t}; \\ H_r = \frac{3H_0 x^{\frac{3}{2}}}{Z(x)} \cdot \frac{J_{\frac{3}{2}}(\psi)}{\psi^{\frac{3}{2}}} \cdot \cos(\theta) \cdot e^{i\omega t}, \end{cases} \quad (19)$$

где принято: $kR=x$; $kr=\psi$; $(\mu-1) \cdot J_{\frac{3}{2}}(\psi) + \psi J_{\frac{1}{2}}(\psi) = Z(\psi)$;

$$(2\mu+1) \cdot J_{\frac{3}{2}}(\psi) - \psi \cdot J_{\frac{1}{2}}(\psi) = Y(\psi).$$

В том случае, если частота электромагнитного поля очень низкая или очень высокая уравнения (19) значительно упрощаются.

По теореме Умова-Пойнтинга мгновенная энергия, выделяющаяся в шаре равна:

$$W_t = \frac{c}{4\pi} \int E_\alpha H_\theta dS, \quad (20)$$

где интеграл берется по поверхности шара. Тогда средняя по периоду энергия будет равна:

$$W_1 = \frac{3}{4} \cdot H_0^2 \cdot R^3 \cdot w \cdot (\text{Re}^{(1)} \cdot \text{Re}^{(2)} + \text{Im}^{(1)} \cdot \text{Im}^{(2)}), \quad (21)$$

где: $Re^{(1)} + Im^{(1)} iIm^{(1)} = \frac{x \cdot J_{\frac{1}{2}}(x) - J_{\frac{3}{2}}(x)}{z(x)}$, $Re^{(2)} + Im^{(2)} iIm^{(1)} = \frac{i \cdot \mu \cdot J_{\frac{3}{2}}(x)}{z(x)}$, так как

$Im^{(1)} = Re^{(2)}$, $Re^{(1)} + iIm^{(2)} = 1$, тогда:

$$W_1 = -\frac{3}{4} \cdot H_0^2 \cdot R^3 \cdot \mu \cdot \omega \cdot Im\left(\frac{J_{\frac{3}{2}}(x)}{z(x)}\right) = -\frac{H_0^2 \cdot R^3 \cdot \omega}{4} Im\left(\frac{Y(x)}{z(x)}\right). \quad (22)$$

Положим в формуле (22) $x=a-ib$, $K^2 = \frac{1}{a^2+b^2}$, $A=1+(\mu-1) \cdot K^2$,

$B=1-(\mu-1) \cdot K^2$, тогда можно записать общую формулу для энергии, выделяющейся в шаре:

$$W_1 = \frac{3\mu\omega}{4} \cdot H_0^2 \cdot R^3 \cdot \frac{G}{1-M \cdot F}, \quad (23)$$

где: $G=a \cdot \text{sh}(2b)+b \cdot \sin(2a)-2abK^2(\text{ch}(2b)-\cos(2a))$; $F=(\mu-1)^2(\text{ch}(2b)+\cos(2a))$;
 $M=(2aA\sin(2a)-2bB\text{sh}(2b))(\mu-1)$; $J=(a^2 A^2 + b^2 B^2) \cdot (\text{ch}(2b)-\cos(2a))$.

Последняя формула претерпевает упрощения в зависимости от ферромагнитности или не-ферромагнитности материала шара, величины частоты изменения электромагнитного поля.

В случае достаточно малых частот, если $u4R4 \ll 1$ ($u = \frac{1}{8}$ – величина, обратная «глубине проникновения» токов в металл) формула (2.23) принимает вид:

$$W_1 = \frac{1}{30} \omega \cdot u^2 \cdot H_0^2 \cdot R^5. \quad (24)$$

В случае же очень высоких частот, если $e^{uR} \gg e^{-uR}$ формула (23) принимает вид:

$$W_1 = \frac{3\omega}{8u^2} \cdot H_0^2 \cdot R (uR - 1). \quad (25)$$

Выражения (24) и (25) являются основополагающими в вопросе передачи количества энергии переменного электромагнитного поля для нагрева металлоизделий шарообразной формы.

ВЫВОДЫ

Наиболее важными преимуществами ВЧ-нагрева являются следующие:

– энергия нагрева создается вихревыми токами непосредственно в изделии – в шаре или шарах, не затрагивая диэлектрического участка водопровода;

– возможны высокая плотность энергии и короткое время нагрева;
 – локализация нагрева в пределах локальной зоны;
 – возможность нагрева любой среды, включая воздух или инертный газ;
 – высокая экологическая чистота нагрева;
 – возможность использования электродинамических сил для предотвращения накипеобразования, перемешивания жидкости и т.д.

Оптимизация параметров ВЧ-нагрева позволила обеспечить высокую скорость нагрева в локальной зоне немагнитного участка водовода и снизить энергопотребление в 10 и более раз по сравнению обычным нагревом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Немков, В. С.** Теория и расчёт устройств индукционного нагрева / В. С. Немков, В. Б. Демидович. – Л. : Энергоатомиздат, 1988. – 280 с.

2 **Демирчян, К. С.** Моделирование магнитных полей / К. С. Демирчян. – М.–Л. : Энергия, 1974. – 288 с.

3 **Луи, С.** Аналитический расчёт цилиндрических индукционных систем / С. Луи, В. С. Немков // Электричество. – 1978. – № 6. – С. 43–45.

4 **Бабат, Г. И.** Индукционный нагрев металлов и его промышленное применение, издание второе / Г. И. Бабат. – М.–Л. : Энергия, 1965. – 552 с.

5 **Шапкенов, Б.** Теория и практика энергетических преобразователей. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций. / Б. Шапкенов, Б. Калиев, А. Кайдар. Изд. Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 2014. – 461 с.

6 **Кайдар, А. Б.** Изучение высокочастотной передачи электрической энергии в учебном процессе. Использование инновационного потенциала вуза при подготовке бакалавров и магистров // Сборник материалов международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Шарипова М. М., Раджабова Р. К. / Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К. – Душанбе: «Ирфон», 2015. – с. 183–187.

7 **Дюсенов, К. М.** Электромагнитная обработка воды. Материалы Международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVI Саптаевские чтения» / Дюсенов К. М., Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Павлодар, ПГУ. – Т. 16. – С. 122–127.

8 **Шапкенов, Б. К.** «Опыт высокочастотной передачи электрической энергии». Наука и образование в XXI веке : Динамика развития в Евразийском пространстве // Материалы II Междунар. научно-практич. конф. Инновационный Евразийский университет/ Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б. – Павлодар, 2011. – Т. 2. – С. 215–218.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

*К. М. Дюсенов¹, А. Б. Кайдар², М. Б. Кайдар³, Б. К. Шапкенов⁴***Сулар жоғары жиілікті қыздырудың үнемді технологиялар**¹Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²«ХимПарк Тараз» еркін экономикалық аймағын басқару компаниясы» АҚ,

Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

³«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁴С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

*K. M. Dyusenov¹, A. B. Kaidar², M. B. Kaidar³, B. K. Shapkenov⁴***Economical technologies of high-frequency heating of water**¹L. N. Gumilyov Eurazin National University,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

²JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,

Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

³JSC «KazTransGas»,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁴S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Суларға қыздыруға технологияда қуат жинағылар мәселелері кез келген ортада өткізуші материалдардың жергілікті қыздырудың биік жылдамдық қамтамасыз ететін жоғары жиілікті (ВЧ) электромагнитті қыздыруға процесстерге қайта сұрау көндіріп жатыр. Қыздыру, конструкция жиілік қажетті лайықты таңдау су қыздыру қуат жинағы және биік жылдамдық қамтамасыз ету үшін процесстің тәртіптердің индукторного құрылымдар және ықшамдауы. Жиіліктерге диапазонна ВЧ-қыздыру материалдардан қуаттан және электрофизических мінездемелерден шамадан үлкен тәуелділікпен 1200–1500 кГц бейнеленіп жатыр. Өрісте 1 кВт кернеулікте қыздыруда қуатта жетіп жатыр $5 \cdot 10^4$ А/м, ал сулар қыздырудың уақыты – 5–7 с.

Жоғары жиілікті (ЖЖ) электромагнитті тербелістердің энергиялар әсері өткізуші материалдарға әр түрлі орталарда жоғары өнімді жапсарсыз қыздыру жүзеге асыру мүмкіндік беріп жатыр, электр энергиясында тұтытуда резонанстық тәртіпте төмендеп жатыр 10 және кәдімгі қыздыру салыстыру көп рет бойынша.

The problem of energy-savings in the technology of water heating compel to appeal again to the processes of the high-frequency (HF) electromagnetic heating, providing high-rate of the local heating of conducting materials in any environment. For providing of energy-savings and high-rate of water heating the corresponding choice of heating frequency, constructions of inductor device and optimization of the modes of process, is needed. HF heating in the range of frequencies 1200–1500 Hz is characterized by greater dependence on the size of power and electrophysics descriptions of materials. At power of heating 1 kW the field tension reaches $4,5 \cdot 10^4$ A/m, and the time of water heating – 5–7 s.

Influence of energy of high-frequency (HF) electromagnetic vibrations allows to carry out the high-performance noncontact heating in the different environments of conducting materials, at the resonant mode the consumption of electric power goes down in 10 and more times on comparison with ordinary heating.

М. А. Елубай¹, М. М. Кожаметова²

¹к.х.н., ассоц. профессор (доцент), Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;
e-mail: ²sergazy-madina@mail.ru

ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ МТБЭ В ЭТБЭ

В настоящее время одним из путей получения высокооктановых бензинов является компаундирование бензиновых фракций, получаемых на различных установках, с эффективными кислородсодержащими присадками. Но метил трет-бутиловый эфир, этанол и другие оксигенаты не так экологически безопасны и имеют ряд эксплуатационных издержек, негативно сказывающихся на их применении. В связи с этим возникла необходимость отечественного производства и использования этил трет-бутилового эфира, как более экологически безопасной присадки к автобензинам. В работе осуществлен сравнительный анализ метил и этил трет-бутилового эфиров и указаны преимущества этил трет-бутилового эфира. Приведен химизм реакции синтеза получения этил трет-бутилового эфира. В таблице наглядно показаны свойства этанола, фракционный состав ББФ. Выполнен обзор характеристик сырья в процессе синтеза ЭТБЭ.

Ключевые слова: дизельное топливо, МТБЭ, ЭТБЭ, ББФ, этанол.

ВВЕДЕНИЕ

Технологический прогресс в сфере моторостроения и ужесточение экологических требований к выхлопным газам автомобилей привели к необходимости улучшения качества топлива, в том числе и за счет добавления присадок к товарному продукту. Одной из самых перспективных на данный момент присадок является этил трет-бутиловый эфир, получаемый путем синтеза из этилового спирта и углеводородных газов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Бензины, поступающие на продажу, представляют собой объединенные компоненты бензиновых смесей. Наибольшим октановым числом характеризуются бензины риформинга, изомеризации бензиновых фракций, алкилирования. Наименьшее октановое число у прямогонных бензинов, а также бензиновых фракций, образующихся в различных термических процессах [1].

Современные действующие экологические стандарты, такие, как ЕВРО-4 и ЕВРО-5 регламентируют содержание ряда компонентов этих фракций, поэтому получение бензинов оптимального качества и характеристик достигается путем добавления к смеси фракций присадок. На данный момент наиболее часто используемыми присадками выступают: метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), диизопропиловый эфир (ДИПЭ), этил-трет-бутиловый эфир (ЭТБЭ); монометиланилин (ММА). Наибольшим спросом пользуется МТБЭ, который производится с 1979 года. Он обладает наибольшим октановым числом среди своих гомологов и аналогов (110 и 125 по ММ и ИМ, соответственно).

Реакция присоединения спиртов к изобутилену в присутствии соответствующих катализаторов – основная реакция для получения МТБЭ. Но существуют некоторые экологические проблемы с использованием МТБЭ – вероятность его накопления в почвах и грунтовых водах в случае утечек, а также, сам МТБЭ и метанол, который используется при его производстве, токсичны. Таким образом, в последние годы наметилась тенденция на снижение производства и потребления МТБЭ. В США к настоящему времени от использования МТБЭ отказались, в странах ЕС наложены ограничения. Таким образом, острой стоит проблема замены МТБЭ на менее токсичный аналог, позволяющий обеспечить объемы производства топлив с заданными характеристиками при сохранении экономической эффективности. Таким аналогом выступает этил-трет-бутиловый эфир (ЭТБЭ), получаемый реакцией присоединения этанола к изобутилену [2]. Добавка в топливо до 15 % ЭТБЭ регламентирована, а существующие мощности по производству МТБЭ могут быть модернизированы на производство ЭТБЭ. В отличие от МТБЭ, ЭТБЭ обладает рядом достоинств, таких как: большая доступность биоэтанола в сравнении с метанолом, а также хорошая биоразлагаемость в природных условиях. Однако, антидетонационное число ЭТБЭ несколько ниже, но не влияет на эффективность его использования.

Совершенствование методов производства ЭТБЭ заключается в разработке эффективных катализаторов, а также обеспечении высоких технологических показателей процесса. Также следует отметить, что в настоящее время производство ЭТБЭ в Казахстане отсутствует, поэтому

актуальной является задача поиска путей перевода существующих производственных мощностей МТБЭ на производство ЭТБЭ.

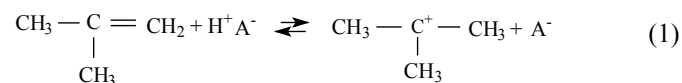
Экологические исследования показали, что МТБЭ сильнодействующее ядовитое вещество – может вызывать рак почек и печени. Он быстро испаряется из открытых контейнеров и хорошо растворяется в воде. Попадая, в грунтовые воды при авариях или разливах бензина МТБЭ впоследствии попадает в водозаборные сооружения и питьевую воду [3].

ЭТБЭ получают в аналогичных условиях и на том же оборудовании, что и метил–трет–бутиловый эфир. Условия синтеза ЭТБЭ из изобутилена и этилового спирта: температура ниже 100 °С и давление 1–2МПа в условиях кислотного катализа. Следовательно, нефтепереработчики могут не повторять ошибку промышленно-развитых стран – не увеличивая производство МТБЭ приступить к вводу новых мощностей по производству ЭТБЭ. Таким образом, в технологию производства вносится основное изменение – замена метилового спирта на этиловый. Химические свойства этанола и метанола аналогичны, и они вступают в одинаковые химические реакции, за исключением того, что метанол не вступает во внутримолекулярную дегидратацию [4].

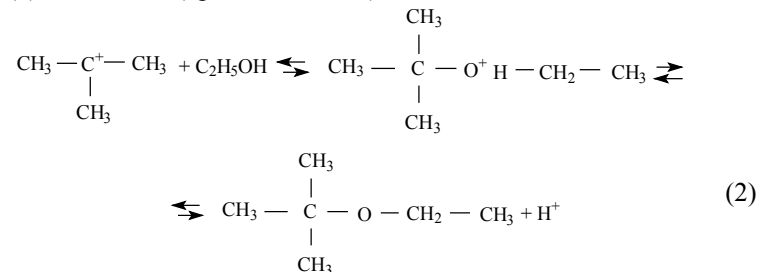
Технология производства ЭТБЭ состоит из следующих стадий: блока буферных емкостей, блока синтеза ЭТБЭ, блока азеотропной ректификации, блока экстракции этанола, блока ректификации этанола и блока обезвоживания этилового спирта.

Реакция синтеза ЭТБЭ из изобутилена и этанола протекает, как и С–алкилирование по цепному карбений ионному механизму, а ее равновесие смещается вправо при повышении давления и снижении температуры.

1) Первой стадией реакции (1) этанола с изобутиленом является протонирование последнего гидрид–ионом кислотного катализатора



2) Образовавшийся третичный бутеновый карбениевый ион вступает в реакцию (2) с этанолом (при его избытке)



3) Образовавшийся протон далее реагирует с изобутиленом, как и в стадии 1. Причиной обрыва цепи может стать возврат протона к катализатору по реакции (3)



Производственный процесс ЭТБЭ в основном идентичен производственному процессу МТБЭ. Но чистота полученного ЭТБЭ намного ниже чем у МТБЭ. Потому что смесь С4 вместе с этанолом образуют большое количество азеотропической смеси, а с метанолом образуют меньше количество азеотропической смеси. Вместе с водой и ЭТБЭ этанол может образовать азеотропическую смесь. При этом ЭТБЭ содержит этанол и характеризуется низкой чистотой. По сравнению с технологическим процессом производства МТБЭ надо добавлять блок очистки для производства ЭТБЭ.

Ресурсы изобутилена для производств ЭТБЭ можно увеличить за счет н-бутана, содержащегося в попутных нефтяных газах или газоконденсатах, используя процессы дегидрирования и последующей изомеризации бутенов. Источником изобутиленов могут стать газы термодеструктивных или нефтехимических процессов, в частности производств изобутилового спирта.

Сырьем для производства ЭТБЭ являются этанол и изобутилен. Главные источники получения изобутилена — бутеновая и изобутиленовая фракции, получающиеся в качестве побочных продуктов перегонки нефти на установках каталитического крекинга НПЗ и пиролиза на нефтехимических заводах. Кроме того, изобутилен можно получить дегидрированием изобутана на окисных катализаторах, или дегидратацией изобутилового спирта.

Сырьевой реагент процесса синтеза ЭТБЭ – этанол [5], имеющий следующие свойства, которые показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства этанола

Наименование показателей	марки А
Внешний вид	горючая прозрачная жидкость
Плотность при 20°С, г/см ³	0,7893
Поверхностное натяжение	22,39×10 ⁻³ Н/м при 20 °С Н/м
Температура кипения, °С	78,39
Молярная масса	46,069
Температура плавления	- 114.15
Температура вспышки	13 °С

Температура самовоспламенения	+363 °С
Пределы взрываемости	3,28–18,95 %
Тройная точка	-114,3 °С, кПа
Критическая точка	+241 °С, 63 бар
Молярная теплоемкость	112,4 Дж/(моль·К)
Энтальпия образования	-234,8 кДж/моль

ВЫВОДЫ

В Казахстане производится один вид этой присадки – метил трет-бутиловый эфир. В мире это присадка впервые была получена в 80-х годах прошлого века, и в настоящий момент наблюдается постепенный отказ в пользу других видов присадок. В связи с этим наиболее обоснованным решением в модернизации действующего производства в Казахстане является переход на новый продукт – этил трет-бутиловый эфир. ЭТБЭ имеет более лучшие характеристики в сравнении с октаноповышающими добавками. Тем более технология получения ЭТБЭ схожа с технологией МТБЭ, что не потребует больших капиталовложений в модернизацию технологической схемы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Ахметов, С. А.** Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов / С. А. Ахметов – Уфа : Гилем, 2002. – 672 с.
- 2 **Barcely, D.** Fuel Oxygenates.– Heidelberg : Springer, 2007. – 411 p.
- 3 **Lethbridge, G.** MTBE and groundwater contamination in the UK // Petroleum Review, – 2000. – 54. – № 646. – P. 50–52.
- 4 **Махмудов, М. Ж., Хайитов, Р. Р., Нарметова, Г. Р.** Современные требования к моторным топливам // Молодой ученый. – 2014. – № 21. – С. 179–181. Научно-информационный справочник; Переработка нефти и нефтехимия за рубежом. – 1996. – № 1 – С. 15.
- 5 **Лихтенберг, Л. А.** Производство спирта из зерна / Л. А. Лихтенберг // Пищевая промышленность. – 2000. – № 7. – С. 52–54.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

М. А. Елубай¹, М. М. Кожакметова²

ЕТБЕ-ға МТБЕ-ны қайта орнату

^{1,2}Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 06.02.19 баспаға түсті.

М. А. Yelubay¹, М. М. Kozhakhmetova²

Reproduction of MTBE installation to ETBE

^{1,2}Faculty of Chemical Technologies and Natural Sciences,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 06.02.19.

Қазіргі уақытта жоғары октан бензиндерін алудың бір түрі – оттегі бар тиімді қоспалары бар түрлі өсімдіктерде алынған бензин фракцияларының қосындысы. Бірақ метил трет-бутил эфирі, этанол және басқа оттегігендер қоршаған ортаға зиян келтірмейді және олардың қолданылуына теріс әсер ететін бірқатар операциялық шығындарға ие. Осыған байланысты отандық өндіріс пен этилдік трет-бутил эфирді бензинге экологиялық таза қоспалар ретінде пайдалану қажеттілігі бар. Метил және этил трет-бутил эфирлерінің салыстырмалы талдауы жүргізілді және этил тері-бутил эфирінің артықшылығы көрсетілген. Этил тері-бутил эфирін алу үшін синтез реакциясының химиясы берілген. Төменде келтірілген кестеде этанолдың қасиеттері және ВВФ фракциялық құрамы көрсетілген. ЕТБЕ синтез процесінде шикізаттың сипаттамаларын шолу.

Currently, one of the ways to obtain high-octane gasolines is the compounding of gasoline fractions obtained in various plants with effective oxygen-containing additives. But methyl tert-butyl ether, ethanol and other oxygenates are not as environmentally safe and have a number of operational costs that adversely affect their use. In this regard, there is a need for domestic production and use of ethyl tert-butyl ether as a more environmentally friendly additive to gasoline. A comparative analysis of methyl and ethyl tert-butyl ethers was carried out and the advantages of ethyl tert-butyl ether were indicated. The chemistry of the synthesis reaction to obtain ethyl tert-butyl ether is given. The table below shows the properties of ethanol and the fractional composition of VBF in the table. A review is given of the characteristics of the raw materials in the process of synthesis of ETBE.

Жумагулова З. Б.

магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: zarina.adilbekova@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ В
УСЛОВИЯХ РАБОТЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

В статье рассматриваются вопросы, связанные с работой рукавных фильтров, а также исследование эффективности их работы в условиях теплоэнергетических предприятий. Проводится расчет и сравнение работ рукавных и электрофильтров. Рукавные фильтры способны очищать газы от пылинок размера не более 1 мкм, они дешевле по капитальным затратам, не требуют предварительной подготовки газов. Таким образом, определив степень очистки газов в рукавных фильтрах, мы можем контролировать процесс очистки газов от пыли, сократить затраты предприятия и снизить выбросы в атмосферу. Также описываются сферы применения и классификация рукавных фильтров. Рассматривается вопрос по защите охраны окружающей среды, т.е. какие вредные выбросы поступают в атмосферу после очистки газов в рукавных фильтрах.

Ключевые слова: рукавный фильтр, электрофильтр, эффективность, очистка газов, классификация рукавных фильтров, применение рукавных фильтров.

ВВЕДЕНИЕ

Фильтрованием (от латинского слова *filtrum*) называются процессы разделения неоднородных систем при помощи пористых перегородок, которые отделяют только фазы. Различают понятия «фильтрация» и «фильтрование», обозначая первым из них процессы движения капельных жидкостей и газов через пористые системы в природных условиях, а вторым – процессы разделения многофазных систем в промышленных и лабораторных условиях. В фильтрах уловленные частицы накапливаются в порах или образуют пылевой слой на поверхности перегородки, и таким образом

сами становятся для вновь поступающих частиц частью фильтрующей среды. По мере накопления пыли пористость перегородки уменьшается, а сопротивление возрастает. Поэтому возникает необходимость удаления пыли и регенерации фильтра.

Конструкции матерчатых фильтров весьма разнообразны. Наибольшее распространение в настоящее время получили фильтры с цилиндрической формой рукава – рукавные фильтры. В большинстве отраслей промышленности рукавные фильтры стабильно обеспечивают эффективность пылеулавливания на уровне 99–99,9 %. Гидравлическое сопротивление их лежит в пределах 1000–3000 Па, наработка на отказ определяется 10000–20000 час.

Рукавные фильтры имеют много преимуществ по сравнению с другими конструкциями матерчатых фильтров – высокая эффективность пылеулавливания, надежность, замена фильтровальных рукавов и элементов без прекращения эксплуатации, пониженная чувствительность к эксплуатационным изменениям

Рукавный фильтр – вид пылеулавливающего оборудования, предназначенный для очистки воздуха с температурой до +260 °С и исходной запыленностью до 200 г/м³.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рукавные тканевые фильтры применяются для очистки больших объемов воздуха (газов) со значительной концентрацией пыли. Фильтрующими элементами в этих аппаратах являются рукава из специальной фильтровальной ткани.

Рукавные фильтры обеспечивают тонкую очистку воздуха от пылевых частиц, имеющих размер менее 1 мкм. Наряду с циклонами рукавные фильтры являются одним из основных видов пылеулавливающего оборудования и широко применяются на предприятиях черной и цветной металлургии, химической промышленности, промышленности строительных материалов, пищевой промышленности, в энергетических установках и др.

Общий вид рукавного фильтра показан на рисунке 1.

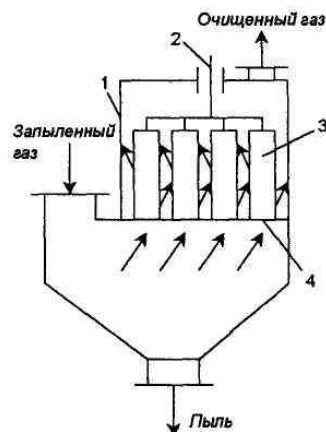


Рисунок 1 – Рукавный фильтр: 1 – корпус; 2 – встряхивающее устройство; 3 – рукав; 4 – распределительная решетка.

Рукавные фильтры имеют широкую сферу применения в различных отраслях промышленности:

- на тепловых электростанциях для улавливания летучей золы при сжигании угля или нефти;
- в системах аспирации при пересыпке, транспортировке, упаковке сыпучих высокодисперсных порошковых материалов;
- на заводах черной металлургии для очистки газов после мощных электродуговых сталеплавильных печей;
- на заводах цветной металлургии для очистки газов после печей производства кремния и выплавки алюминия;
- в энергетике – после котлов, сжигающих каменный уголь;
- в производстве строительных материалов после мельниц и обжиговых печей;
- на предприятиях химической промышленности для очистки газов в процессе мокрой грануляции сажи, при получении и обработке порошков и пылевидных материалов.

Конструкции матерчатых фильтров весьма разнообразны. Наиболее распространенной классификацией рукавных фильтров является разделение по способу регенерации и форме фильтровальных рукавов.

Рукавные фильтры с цилиндрической формой фильтровального элемента широко распространены в различных отраслях промышленности, имеют много преимуществ по сравнению с другими конструкциями матерчатых фильтров. Однако, наряду с достоинствами, они имеют существенный

недостаток, заключающийся в сравнительно небольшой поверхности фильтрации, приходящейся на единицу объема рабочей камеры фильтра.

Стремление к более компактному размещению фильтровального материала в рабочей камере фильтра привело к созданию оригинальных конструкций, многие из которых нашли практическое применение в различных отраслях промышленности.

В процессе работы матерчатых фильтров происходит постепенное отложение пыли в порах фильтровального материала и на его поверхности. По мере роста слоя пыли растет и гидравлическое сопротивление аппарата.

Если периодически не удалять пылевой слой с поверхности материала и из его пор произойдет «запирание фильтра», т.е. тягодутьевой аппарат (обычно вентилятор) будет не в состоянии протягивать газ через забившуюся фильтровальную перегородку (производительность по воздуху будет снижаться). Для поддержания фильтра в работоспособном состоянии необходимо периодически удалять пыль с поверхности фильтровального материала из пор.

Однако, как известно, оседающий на поверхности фильтровального материала слой пыли одновременно является фильтрующей средой, препятствующей проскоку наиболее мелких частиц пыли. Поэтому с фильтровального материала необходимо удалить не весь слой пыли, а только часть, чтобы обеспечить приемлемое гидравлическое сопротивление аппарата и сохранить его высокую эффективность пылеулавливания. Процесс удаления части пылевого слоя снаружи и изнутри фильтровальной перегородки в матерчатых фильтрах принято называть регенерацией, т.е. частичным восстановлением первоначальных свойств фильтровальной перегородки.

В промышленной эксплуатации в настоящее время находится много конструкций, систем, устройств для регенерации фильтровального материала. Основные способы регенерации фильтровального материала: механическое встряхивание (в этом случае пыль удаляется с поверхности фильтровального материала), обратной продувкой (в этом случае пыль удаляется с поверхности и из пор фильтровального материала) и сжатым воздухом.

Достоинствами фильтров с механическим отряхиванием является стабильность удаления осадка пыли. В качестве основных недостатков следует отметить сложность встряхивающего механизма, который требует постоянного внимания обслуживающего персонала, истирание и изломы рукавов в одних и тех же местах, чувствительность системы к усадке и вытяжке рукавов, необходимость отключения фильтра или отдельной секции на время проведения регенерации.

Эффективным методом регенерации фильтровального материала является обратная продувка очищенным газом или напорным воздухом. Обратная продувка, как правило, применяется в сочетании с другими способами: механическим встряхиванием, перекручиванием, вибрацией, покачиванием рукавов и др. Такие фильтры довольно эффективны, удобны в эксплуатации и обслуживании. Однако производительность их несколько снижена за счет подсоса воздуха в период регенерации фильтровального материала. Обратная продувка обычно сопровождается плавной деформацией фильтровального материала, которая не действует так отрицательно на волокна как, например, механическое отряхивание.

Одним из наиболее эффективных способов регенерации фильтровального материала, который широко распространен в конструкциях каркасных фильтров, является импульсная продувка. Отечественные фильтры с импульсной продувкой типа ФРКИ, ФРКДИ, ФРИ, ФКИ, ФРМИ, ФРИА нашли применение почти во всех отраслях промышленности. Фильтры с импульсной продувкой отличаются тем, что в их конструкции нет встряхивающих механизмов, дросселей и обдувочных вентиляторов.

Большое разнообразие технологических процессов, требующих высокоэффективной очистки отходящих газов или улавливания высокодисперсных пылей вызвало необходимость разработки и производства специальных фильтров, предназначенных для конкретных условий применения. Так, например, специфика улавливания волокнистой пыли рукавными фильтрами несколько отлична от улавливания обычных пылей.

Очистка взрывоопасных газов потребовала введения определенных конструктивных особенностей в аппараты фильтрации. В конструктивном оформлении матерчатые фильтры для очистки высокотемпературных газов отличаются и по применяемому фильтровальному материалу и по исполнению многих узлов и деталей от фильтров, предназначенных для очистки атмосферного воздуха. Для улавливания дорогостоящих пылей, ядовитых материалов требуются фильтры с повышенной гарантией от проскока их через фильтровальный материал. В одних случаях очистке подвергаются небольшие объемы газов, в других случаях необходимо очищать сотни тысяч и миллионы м³/ч.

Для сравнения работ электрофильтра и рукавного фильтра, а также определения эффективности работы рукавного фильтра проведем расчет электрофильтра и рукавного фильтра.

Расчет электрофильтра производим в следующем порядке:
 Задаем степень улавливания золы $h = 99,7 \%$.

Для заданного топлива критерий электрофизических свойств, $K_{\phi} = 177$, напряженность поля $E = 240$ кВ, коэффициент $K_{о.к.} = 0,83$. Выбираем скорость дымовых газов.

Для золы топлива с высоким удельным электрическим сопротивлением (УЭС) при $K_{\phi} > 100$ принимается скорость газов в сечении ЭФ $w_{г} = 0,9$ м/с.

Определяем необходимое сечение корпуса ЭФ:

$$F = \frac{V_d}{Z * w_z}$$

где: Z – число параллельно включенных ЭФ, которое желательно выбирать равным числу дымососов (обычно $Z = 2$);

V_d – объем дымовых газов.

$$F = \frac{229,33}{2 * 0,9} = 127,4 м^2$$

В таблице 1 приведены тип и параметры ЭФ

Таблица 1 – Технические характеристики ЭФ серии ЭСГ

Марка электрофильтра	Площадь активного сечения, $F, м^2$	Активная длина поля, $L_{п}, м$	Общая площадь осаждения $A, м^2$	Габаритные размеры, мм		
				Длина	Ширина	Высота
ЭСГ-2Х4-48Х40	288	3,75	23760	20900	22150	13000

Примечание – Расстояние между коронирующим и осадительным электродами $t = 0,15$.

Уточняем среднюю скорость газов в ЭФ:

$$w_z = \frac{V_d}{z * F_{эф}} = 0,7 м / с$$

Рассчитываем коэффициент вторичного уноса по формуле:

$$K_{ун} = K_n * K_{за} * K_{ос} * [1 - 0,25 * (w_z - 1)] = 0,5 * 1 * 1,7 * [1 - 0,25 * (0,7 - 1)] = 0,79$$

где: $K_n = 7,5 / H = 7,5 / 15 = 0,5$ – коэффициент высоты электрода;

$K_{эл}$ – коэффициент, учитывающий тип электрода, принимается равным 1;

$K_{вс}$ – коэффициент, учитывающий влияние режима встряхивания на унос; при непрерывном встряхивании для четырехполюсного $K_{вс} = 1,7$.

Находим параметр золоулавливания по выражению:

$$П = 0,2 * K_{yn} * \sqrt{\frac{v_m * n * L_{II}}{w_m * t}} = 0,2 * 0,79 * \sqrt{\frac{0,17 * 4 * 3,75}{0,7 * 0,15}} = 7,8$$

где: n – число полей, $n=4$.

Уточняем степень улавливания золы по формуле:

$$\eta = (1 - \varphi_H) * \eta_a - \varphi_n * (\beta - 1) * \varepsilon_a = (1 - 0,001) * 99,7 - 0,01(2 - 1) * 0,07 = 99,6\%$$

где: ε_a, η_a – степень проскока и эффективность улавливания золы для потока, движущегося между электродами;

φ_n, φ_H – доля пылегазового потока, движущегося в ослабленном поле, и потока вне полей.

Для потока, движущегося в ослабленном поле $\beta = 2$

Расчет рукавного фильтра.

Расчет рукавного фильтра из иглопробивной ткани, нить PTFE профильного типа 204/450S, материал Rastex, производства Alstom. Расчет рукавного фильтра будет произведен на нормальный режим котла, работающего на пылеугольном топливе. Рукавный фильтр с импульсной продувкой предназначен для очистки газов от котла ПК-39-II.

1 Допустимая газовая нагрузка на фильтр (скорость фильтрации) в данных условиях, м³/м²*мин:

$$q_{\phi} = q_n * C1 * C2 * C3 * C4 * C5,$$

где q_n – нормативная удельная газовая нагрузка, м³/м²*мин. Согласно табличным данным для угольной пыли $q_n=1,2$ м³/м²*мин;

$C1$ – коэффициент, учитывающий способ регенерации, для импульсной продувки $C1=1$;

$C2$ – коэффициент, учитывающий начальную запыленность газа. При запыленности $z < 3$ г/м³ определим $C2=1,15$;

$C3$ – коэффициент, учитывающий дисперсный состав пыли. Преобладают частицы диаметром менее 10 мкм. Определим $C3=0,9$;

$C4$ – коэффициент, учитывающий температуру газа. Примем $C4 = 0,72$;

$C5$ – коэффициент, учитывающий требования к качеству очистки. Если принять, что запыленность на выходе 50 мг/м³ и выше, то $C5=0,95$.

$$q_{\phi} = 1,2 * 1 * 1,15 * 0,9 * 0,72 * 0,95 = 0,85 \text{ м}^3 / \text{м}^2 * \text{мин}$$

При $q_{\phi}=0,85$ м³/м²*мин, $\omega_{\phi}=0,0095$ м/с.

2 Предварительно определяем необходимую фильтровальную площадь фильтра:

$$F_p = N_c F_c n_p t_p / 3600 = 4 * 11134 * 6 * 40 / 3600 = 2969 \text{ м}^2$$

3 Уточненное количество воздуха, расходуемое на обратную продувку в течение 1 ч:

$$V_p = \omega_{\phi} N_c F_c n_p t_p = 0,0095 * 4 * 11134 * 6 * 40 = 101542 \text{ м}^3$$

4 Окончательная площадь фильтрования:

$$F_{\phi} = 2 * \left(\frac{V_z + V_p}{60 q_{\phi}} + F_p \right) = 2 * \left(\frac{864061 + 101542}{60 * 0,85} + 2969 \right) = 43804 \text{ м}^2$$

что близко к площади фильтрования для выбранной марки фильтра ($F_{\phi}=44536$ м²).

5 Расход топлива, сжигаемого в котле за опыт:

$$B = \frac{D_{on}(I_{on} - I_{no}) + D_{mn}(I_{mn} - I_{xm})}{Q_p * \eta_{op} * 10^{-5}} = \frac{400,68 * (800,1 - 258,8) + 357,19 * (849,26 - 718,37)}{3924 * 89 * 10^{-5}} = 75541,75 \text{ кг} / \text{ч}$$

6 Количество золы, поступающее с дымовыми газами в установку:

$$G_n = \frac{B * A^p * 0,95}{100 - C_{yn}} = \frac{0,95 * 75541,75 * 39,6}{100 - 1,7} = 28619,14 \text{ кг} / \text{ч}$$

7 Количество золы, поступающее с дымовыми газами в атмосферу:

$$G_{yn} = 4 * g_0 * F / (1000 * 3,14 * 0,000081) = 28,32 \text{ кг} / \text{ч}$$

8 Коэффициент очистки дымовых газов золоулавливающей установкой:

$$\eta = \frac{G_n - G_{yn}}{G_n} = \frac{28619,14 - 28,32}{28619,14} = 99,9\%$$

ВЫВОДЫ

Проведя сравнительный анализ между применением рукавных фильтров и чаще всего используемых на территории Казахстана электрофильтров, мы определили степень очистки газа от пыли. Степень очистки газов от пыли в рукавных фильтрах составляет 99,9 %, а в электрофильтрах 99,6 %. Рукавные фильтры способны очищать газы от пылинок размера не более 1 мкм, они дешевле по капитальным затратам, не требуют предварительной подготовки газов. Таким образом, определив степень очистки газов в рукавных фильтрах, мы можем контролировать процесс очистки газов от пыли, сократить затраты предприятия и снизить выбросы в атмосферу. На современном этапе охрана окружающей среды от промышленных выбросов – комплексная проблема, предусматривающая разработку организационных и технических мероприятий по внедрению эффективных методов улавливания и обезвреживания выбросов от пыли и вредных химических веществ, максимальное сокращение выбросов.

В атмосферу выбрасывается: диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота и др.

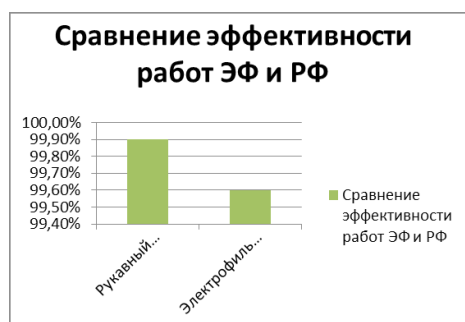


Рисунок 2 – Сравнение эффективности очистки электрофильтра и рукавного фильтра

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Бракович, И. С., Сизов, В. Д., Короткий, В. Н.** Методические указания по выполнению расчетно-графической работы для студентов специальности «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна». – Минск, 2011. – 27с.

2 **Алиев, Г.М.-А.** Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: справочник / Г. М.-А. Алиев. – М. : Металлургия, 1986. – 544 с. : ил.

3 **Ветошкин, А. Г.** Процессы и аппараты пылеочистки : Учебное пособие. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. – 210 с. : ил.

4 **Родионов, А. И., Клушин, В. Н., Систер, В. Г.** Технологические процессы экологической безопасности (Основы энвайронменталистики). – Калуга : Изд-во Бочкаревой, 2000. – 477 с. : ил.

5 **Штокман, Е. А.** Очистка воздуха. – М. : Изд-во АСВ, 1999. – 456 с. : ил.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

З. Б. Жумагулова

Жылуэнергетикалық кәсіпорындарының жұмыстарына жең сүзгісінің пайдаланудың тиімділігін зерттеу

Энергетикалық факультеті,

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

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

Z. B. Zhumagulova

Research of efficiency of the hose filters use in the working conditions of heat and power energy enterprises

Faculty of Energy Engineering,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада жең сүзгілерінің жұмысына қатысты мәселелер, сондай-ақ жылу энергетикасы кәсіпорындарында олардың жұмысының тиімділігін зерттеу қарастырылады. Жең және электростатикалық шөгінділердің жұмысын есептеу және салыстыру өткізіледі. Шаң сүзгілері 1 мкм-нен кем шаңның бөлшектерінен газдарды тазалауға қабілетті, олар күрделі шығындармен арзан және газдарды алдын-ала дайындауды қажет етпейді. Осылайша, сүзгіштерде газды тазалау деңгейін анықтау арқылы газдарды тазалау процесін шаңнан басқаруға, өсімдік шығындарын азайтуға және атмосфераға шығарындыларды азайтуға болады. Мақалада сондай-ақ жең сүзгілердің көлемі мен классификациясын да сипаттайды. Қоршаған ортаны қорғау туралы мәселе қаралады, яғни сүзгіштерде тазаланғаннан кейін атмосфераға қандай зиянды эмиссиялар енгізіледі.

The article deals with issues related to the operation of bag filters, as well as a study of the effectiveness of their work in the conditions of thermal power enterprises. The calculation and comparison of the work of hose and electrostatic precipitators. Bag filters are capable of cleaning gases from particles of dust less than 1 micron in size; they are cheaper in capital costs and do not require preliminary preparation of gases. Thus, by determining the degree of gas cleaning in bag filters, we can control the process of cleaning gases from dust, reduce plant costs and reduce emissions to the atmosphere. It also describes the scope and classification of bag filters. The question of the protection of environmental protection is being considered, i.e. what harmful emissions enter the atmosphere after cleaning in bag filters.

С. С. Ибраева

магистрант, кафедра «Теплоэнергетика», Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: saule84_84@bk.ru

**СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ
НА ТРУБОПРОВОДАХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ
ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ
ИЗОЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме энергосбережения в области теплоснабжения. Нерациональное использование тепловой энергии – это уменьшение полезных ископаемых, впуская затраченные материальные средства и трудовые ресурсы, увеличение загрязнения окружающей среды. На основе изучения данной проблемы установлено, что одним из наиболее эффективных путей ее решения является сокращение потерь тепла в тепловых сетях. В этой связи обращает на себя внимание интенсивное развитие промышленности теплоизоляционных материалов.

В качестве исследовательской задачи автором была определена попытка сравнить современные теплоизоляционные материалы по теплотехническим и эксплуатационным характеристикам и выявить потенциал энергосбережения за счет снижения тепловых потерь через изоляцию трубопроводов.

Ключевые слова : Теплоэнергетика, эффективность, изоляция.

ВВЕДЕНИЕ

Экономия топливно-энергетических ресурсов имеет значительно более высокую рентабельность по сравнению с увеличением объемов добычи топлива и строительством новых мощностей по производству энергии. Существенная роль в решении проблемы экономии тепловой энергии принадлежит высокоэффективной тепловой изоляции.

Услугами систем централизованного теплоснабжения в городах Казахстана пользуются более 70 % жителей. Такой способ теплоснабжения, не требующий вмешательства со стороны потребителя, достаточно комфортен и удобен для большинства жителей.

Суммарная протяженность тепловых сетей системы централизованного теплоснабжения (в двухтрубном исчислении) составляет более 12 тыс. км, в том числе, больших диаметров (400–1000 мм) – около 2 500 км. Около 70 % от общей протяженности теплотрасс имеют возраст более 20 лет при нормативном сроке службы 25 лет.

В настоящее время преобладающая часть тепловых сетей имеет неудовлетворительное состояние изоляции и значительные утечки через изношенную арматуру и сальниковые уплотнения, что является основной причиной сверхнормативных потерь тепла и теплоносителя. Тепловые потери в системах транспорта и потребления тепла значительно превышают нормативные. По экспертной оценке из общего количества потерь на магистральные тепловые сети приходится до 20 %, а на распределительные – до 80 %.

Снижение теплоснабжения в системе централизованного теплоснабжения негативно отразилось на эффективности транспорта тепла по существующим тепломагистралям, рассчитанным на значительно большую загрузку. Доля тепловых потерь в годовом отпуске тепловой энергии за счет этого существенно увеличилась. Удельная повреждаемость теплопроводов в настоящее время высока (особенно в крупных системах централизованного теплоснабжения), например, в г. Павлодар – более 80, в г. Караганда – более 550 зарегистрированных повреждений в год на 100 км тепловых сетей. Тепловые сети практически всех казахстанских городов необходимо серьезно модернизировать.

В тепловых сетях потенциал энергосбережения равен величине сверхнормативных тепловых потерь через изоляцию трубопроводов и с утечками сетевой воды через изношенные запорную арматуру и уплотнения сальниковых компенсаторов, а также сокращение расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Энергетическая характеристика тепловых сетей по показателю «тепловые потери» – это выраженная в абсолютных или относительных величинах зависимость технологических затрат тепловой энергии на ее транспорт и распределение от источника тепловой энергии до границы балансовой принадлежности тепловых сетей от температурного режима работы тепловых сетей и внешних климатических факторов при заданной схеме и конструктивных характеристиках тепловых сетей.

Значения тепловых потерь тепловыми сетями через теплоизоляционные конструкции в общем виде зависят от:

– вида теплоизоляционной конструкции и примененных теплоизоляционных материалов;

– типов прокладки (надземная, подземная канальная, бесканальная и т.п.) и их соотношений для данной тепловой сети;

– температурного режима и продолжительности работы тепловой сети в течение года;

– параметров окружающей среды: температуры наружного воздуха, грунта и характера ее изменения в течение года, а в отдельных случаях – от скорости ветра (при надземной прокладке);

– материальной характеристики тепловой сети и ее структуры по диаметрам и протяженности трубопроводов по типам прокладки и видам теплоизоляционных конструкций;

– срока и условий эксплуатации тепловых сетей.

Кроме того, значения тепловых потерь определяются местными особенностями (гидрологическими условиями, схемными и планировочными решениями, насыщенностью и характером смежных коммуникаций и т.п.).

Материалы для тепловой изоляции очень разнообразны, поэтому классифицируются они по многим параметрам.

Классификация теплоизоляционных материалов и их характеристики, в зависимости от структуры:

– волокнистые. К ним относятся минераловатные и стекловолокнистые утеплители органического и неорганического происхождения, состоящие из волокон. Перенос тепла в таких материалах осуществляется от волокна к волокну при касаниях, чем меньше сечение волокна, тем выше теплоизолирующие свойства. Минимальная толщина волокон неорганического происхождения – 5–8 мк, при превышении этого значения нарушается прочность волокон;

– зернистые. К ним относятся вспученные вермикулит, шлак, асбозурит и перлит;

– ячеистые. В эту группу входят различные виды пенопласта, пеностекло, конструкции из ячеистого бетона, вулканические плиты.

В зависимости от формы и внешнего вида, утеплители делятся на:

– штучные. К этому виду относятся выполненные из теплоизоляционных материалов блоки, кирпич, плиты, теплоизоляционные цилиндры и полуцилиндры, скорлупы ППУ для изоляции труб, сегменты и другие изделия;

– рулонные и шнуровые. К ним относятся различные маты прошивные, жгуты и шнуры.

– рыхлые и сыпучие – это минеральная, базальтовая и стекловата, перлитовый песок и др.

По степени горючести современные теплоизоляционные материалы подразделяются на:

– негорюемые (минеральная вата, керамзит, ячеистый бетон и др.);

– трудногораемые (кисолит, цементно-стружечные);

– сгораемые ячеистые (торфоплита, камышит, различные пластмассы).

В зависимости от сырья утеплители подразделяются на:

– неорганические (различные виды минеральной ваты и изделия на её основе, стекловолно и производимые из него изделия, асбест, а также содержащие его материалы, вспученные вермикулит и перлит, ячеистые материалы, диатомит-трепел, алюминиевая фольга);

– органические (торфяные изделия, древесно-волоконные плиты, эковата, поропласты, пенопласты).

Технология теплоизоляционных материалов, в которой утеплитель производится из смеси сырья органического и неорганического происхождения, при превышении неорганического сырья более чем на 50 % от массы, позволяет получать неорганический материал.

По содержанию связующего вещества материалы и изделия подразделяют на:

– современные теплоизоляционные материалы, которые содержат связующее вещество (ячеистый бетон, фибролит и т.д.);

– утеплитель, не содержащий связующего вещества (стекло – и минераловатное волокна).

По плотности утеплители делятся на:

– обладающие особо низкой плотностью (ОНП) – 15,25,35,50,75;

– обладающие низкой плотностью (НП) – 100,125,150,175;

– обладающие средней плотностью (СП) – 200,225,250,300,350;

– плотные (ПЛ) – 400,450,500,600.

Если для утеплителей, обладающих жесткостью, плотность соответствует отношению массы находящегося в сухом состоянии материала к его объему, то для волокнистых утеплителей такое соотношение определяется при воздействии на него заданной нагрузке. По степени сжатия материалы классифицируются на:

– мягкие (М) – свыше 30;

– полужесткие утеплители (ПЖ) – 6–30;

– жесткая теплоизоляция (Ж) – до 6;

– материалы повышенной жесткости (ПЖ) – до 10 (при воздействии давления 40 Н/кВ.см);

– твердые – до 10 (под давлением 100 Н/кВ. см).

Классификация современных теплоизоляционных материалов по теплопроводности:

– низкая – 0,06 Вт/(м*°С);

– средняя – 0,06–0,115 Вт/ (м*°С);

– повышенная – 0,115–0,175 Вт/ (м*°С).

Плотность утепляющих материалов служит показателем качества, поэтому эти данные обязательно вносятся в маркировку материала.

Термоизоляционные работы на любых трубопроводах преследуют две основные цели:

1 Если трубы используются в системах отопления или горячего водоснабжения, то на первый план выходит снижение тепловых потерь, поддержание требуемой температуры перекачиваемой жидкости. Этот же принцип справедлив и для производственных или лабораторных установок, где по технологии требуется поддержание определенной температуры передаваемого по трубам вещества.

2 Для трубопроводов холодного водоснабжения или канализационных коммуникаций главным фактором становится именно утепление, то есть недопущения падения в трубах температуры ниже критической отметки, предотвращения промерзания, ведущего к выходу системы из строя и деформации труб.

Сама цилиндрическая форма труб предопределяет весьма немалую площадь постоянного теплообмена с окружающей средой, а значит – значительные тепловые потери. И они, естественно, растут по мере повышения диаметров трубопровода. Приведенная ниже таблица 1 наглядно показывает, как изменяется величина тепловых потерь в зависимости от разницы температур внутри и снаружи трубы (столбец Δt), от диаметра труб и от толщины термоизоляционного слоя (приведены данные с учетом использования утеплительного материала со средним коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,04 \text{ Вт/м}\times\text{°C}$).

По мере роста толщины слоя изоляции общий показатель тепловых потерь снижается. Однако, обратите внимание, что даже достаточно толстый слой в 40 мм не исключает тепловых потерь полностью.

Вывод один – необходимо стремиться к тому, чтобы использовать утеплительные материалы с минимально возможным коэффициентом теплопроводности – это одно из главных требований к термоизоляции трубопроводов.

К теплоизоляции предъявляются следующие требования:

1 Материал, который используется для термоизоляции труб, по возможности, должен обладать гидрофобными качествами. Мало толку будет от утеплителя, пропитавшегося водой – он и тепловые потери не предотвратит, и сам вскоре разрушится под действием отрицательных температур.

2 Термоизоляционная конструкция должна иметь надежную внешнюю защиту. Во-первых, она нуждается в защите от атмосферной влаги, особенно если применен утеплитель, способный активно впитывать воду. Во-вторых, материалы следует закрыть от воздействия ультрафиолетового

спектра солнечного света, действующего на них губительно. В-третьих, не следует забывать про ветровую нагрузку, способную нарушить целостность термоизоляции. И, в-четвертых, остается фактор внешнего механического воздействия, ненамеренного, в том числе со стороны животных, или из-за банальных проявлений вандализма.

Таблица 1 – Зависимость тепловых потерь от разницы температур внутри и снаружи трубы

Толщина слоя теплоизоляции, мм	$\Delta t, \text{°C}$	Внешний диаметр трубопровода (мм)									
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	150
		Величина тепловых потерь (на 1 погонный метр трубопровода, Вт)									
10	20	7,2	8,4	10	12	13,4	16,2	19	23	29	41
	30	10,7	12,6	15	18	20,2	24,4	29	34	43	61
	40	14,3	16,8	20	24	26,8	32,5	38	45	57	81
	60	21,5	25,2	30	36	40,2	48,7	58	68	86	122
20	20	4,6	5,3	6,1	7,2	7,9	9,4	11	13	16	22
	30	6,8	7,9	9,1	10,8	11,9	14,2	16	19	24	33
	40	9,1	10,6	12,2	14,4	15,8	18,8	22	25	32	44
	60	13,6	15,7	18,2	21,6	23,9	28,2	33	38	48	67
30	20	3,6	4,1	4,7	5,5	6	7	8	9	11	16
	30	5,4	6,1	7,1	8,2	9	10,6	12	14	17	24
	40	7,3	8,31	9,5	10,9	12	14	16	19	23	31
	60	10,9	12,4	14,2	16,4	18	21	24	28	34	47
40	20	3,1	3,5	4	4,6	4,9	5,8	7	8	9	12
	30	4,7	5,3	6	6,8	7,4	8,6	10	11	14	19
	40	6,2	7,1	7,9	9,1	10	11,5	13	15	18	25
	60	9,4	10,6	12	13,7	14,9	17,3	20	22	27	37

3 Любой применяемый на теплотрассах термоизоляционный материал должен иметь диапазон рабочих температур, соответствующий реальным условиям применения.

4 Важное требование к утеплительному материалу и внешней его облицовке – это долговечность использования. Никому не захочется возвращаться к проблемам термоизоляции труб даже раз в несколько лет.

5 С практической точки зрения одним из основных требований выступает простота монтажа термоизоляции, причем в любом положении и на любом сложном участке. Благо, в этом плане производители не устают радовать удобными в применении разработками.

6 Важное требование к термоизоляции – ее материалы должны и сами быть химически инертными, и не вступать ни в какие реакции с поверхностью

труб. Подобная совместимость – залог длительности безаварийной эксплуатации.

7 Вопрос стоимости бывает тоже очень важен. Но в этом плане разброс цен у специализированных утеплителей для труб – очень большой.

ВЫВОДЫ

Использование эффективных теплоизоляционных материалов существенно влияет на величину тепловых потерь в тепловых сетях, т.е. на энергоэффективность тепловых сетей.

Для подавляющего объема тепловых сетей, построенных с применением менее эффективных теплоизоляционных материалов и конструкций теплоизоляции, реальные тепловые потери значительно выше, о чем свидетельствуют многочисленные публикации, как в специализированной литературе, так и в СМИ.

Энергоэффективность тепловых сетей может быть существенно повышена, если в полной мере использовать достигнутые к настоящему времени возможности по строительству теплопроводов из труб с высокоэффективной заводской теплоизоляцией из ППУ и энергично ликвидировать устаревшие морально и физически участки тепловых сетей, приводящие к повышенным энергозатратам и к перебоям в теплоснабжении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Андрющенко, А. И., Николаев, Ю. Е., Семенов, Б. А., Гордеев, А. Г. / Принципы создания высокоэкономичных систем централизованного теплоснабжения / Промышленная энергетика. 2003. – № 5. – С. 8–12. 4.

2 Гладышев, Г. П., Аминов, Р. З., Клемин, А. К., Ларин, Е. А. и др.; Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС / Под ред. А. И. Андрющенко. Высшая школа, 1991. – 303 с.

3 <http://www.gosthelp.ru/text/CHastIIMetodicheskieukaza.html> [Электронный ресурс].

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

С. С. Ибраева

Қазіргі заманғы оқшаулағыш материалдарды қолдану есебінен жылу желілерінің құбыржолдарындағы жылу шығындарын төмендету

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

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

S. S. Ibraeva

Reduction of heat losses on pipelines of thermal networks for the use of modern insulating materials

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

Material received on 06.02.19.

Мақала бүгінгі күні өзекті жылу тұтыну саласындағы энергия үнемдеу мәселесіне арналған. Жылу энергиясын тиімсіз пайдалану – бұл пайдалы қазбаларды, бос жұмсалған материалдық құралдар мен еңбек ресурстарына азайту, қоршаған ортаның ластануын арттыру. Осы мәселені зерттеу негізінде оны шешудің ең тиімді жолдарының бірі жылу желілеріндегі жылу шығынын қысқарту болып табылатыны анықталды. Осыған байланысты жылу оқшаулағыш материалдар өнер кәсібінің қарқынды дамуына назар аударлды.

Зерттеу міндетірінде автор жылу техникалық және пайдалану сипаттамалары бойынша заманауи жылу оқшаулағыш материалдарды салыстыруға және құбыр жолдарды оқшаулау арқылы жылу шығынын төмендету есебінен энергия үнемдеу әлеуетінен ықпалға талпынысы анықталды.

The article is devoted to the actual problem of energy saving in the field of heat consumption today. The irrational use of thermal energy is the reduction of mineral resources, the waste of material resources and labor resources, and the increase in environmental pollution. Based on the study of this problem, it has been established that one of the most effective ways to solve it is to reduce heat loss in heat networks. In this regard, attention is drawn to the intensive development of the industry of insulating materials.

As a research task, the author identified an attempt to compare modern thermal insulation materials for heat engineering and operational characteristics and to identify the potential for energy savings by reducing heat losses through the insulation of pipelines.

Н. А. Исупова¹, Ә. Ж. Төкен²

¹доктор PhD, ассоц. профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистр, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹natashaisu@mail.ru; ²alemkhan_token@mail.ru

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
НА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ**

Автотранспорт является одной из важнейших отраслей народного хозяйства. С его помощью осуществляется перевозка продукции промышленности и сельского хозяйства и удовлетворяется потребность населения в перевозках. Таким образом, развитие автомобильного транспорта является одним из условий развития экономики страны. В настоящее время почти все классическое электрооборудование автомобилей подверглось модернизации. А достижения в области полупроводниковой и микроэлектронной техники, позволили создать системы автоматического управления многими механизмами автомобиля. Но поскольку передвижение на автотранспорте не является полностью безопасным, то появляются новые устройства целью которых является снижение аварийных ситуаций на дорогах и уменьшение их негативных последствий. Одним из таких устройств является датчик удара, устанавливаемый в автомобиле. Его задачей является определение и оповещение об ударе автомобиля, а так же мониторинг местонахождения автомобиля.

Ключевые слова: автотранспорт, датчик удара, электрооборудование на автотранспорте, автомобильное оборудование.

ВВЕДЕНИЕ

Социально-экономическое развитие любой страны предопределяет интенсивное развитие современных видов транспорта, в числе которых ведущее место занимает автомобильный транспорт. На основе технического прогресса и роста производительности труда парк автомобилей неуклонно нарастает из года в год.

Автомобильный транспорт оказывает услуги предприятиям и населению перевозками грузов и пассажиров.

По своему назначению автомобили классифицируются на транспортные и специальные. Транспортные автомобили предназначены для перевозки грузов и пассажиров. В соответствии с назначением к этой группе относятся грузовые и пассажирские автомобили. Пассажирские автомобили в зависимости от конструкции и вместимости разделяются на две группы: автобусы и легковые автомобили.

Автобусы выпускаются трех типов: городские, предназначенные для перевозки пассажиров на короткие расстояния; междугородные, оборудованные для перевозки пассажиров на дальние расстояния; туристические.

Для того, чтобы перевозки на автомобилях были безопасными и комфортными, а основные агрегаты работали безотказно, автомобиль должен быть оснащен достаточно большим числом самых разнообразных устройств, которые принято называть бортовым оборудованием.

В настоящее время ведутся активные разработки и внедрение бортового оборудования на автотранспорте, но тем не менее с его помощью пока не все проблемы возникающие при наземных перевозках удается решить

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Существующее бортовое оборудование по принципу действия и устройству может быть:

- механическим;
- пневматическим;
- гидравлическим;
- электрическим;
- электронным;
- автотронным.

Входящие в состав бортового оборудования устройства по своим выполняемым функциям исключительно разнообразны, т.к. их работа связана с необходимостью использования какого-либо вида энергии. Но самым удобным видом энергии для применения на борту автомобиля является электрическая энергия. Поэтому значительная часть бортового оборудования относится к электрооборудованию автомобиля.

В последнее время активно ведутся работы по совершенствованию классического электрооборудования автомобилей, а также создан целый ряд бортовых систем автоматического управления механизмами и системами автомобиля.

Это стало возможным благодаря достижениям в области полупроводниковой и микроэлектронной технологии изготовления

электросхем, которые составляют немалую часть автомобильного бортового оборудования.

Кроме этого, наряду с усовершенствованием известных бортовых устройств разработаны и широко применяются новые системы бортовой автоматики, такие как:

- системы впрыска топлива для бензиновых двигателей;
- микропроцессорные системы зажигания;
- системы очистки выхлопных отработавших газов;
- системы автоблокировки гидравлических тормозов;
- системы вспомогательной механизации в устройствах комфортного назначения [1].

Но усовершенствование описанных бортовых устройств автотранспорта не позволяет избавиться от всех негативных компонентов транспортной системы, к которым относятся:

- дорожно-транспортные происшествия, в которых гибнут и получают увечья миллионы людей;
- окружающая среда загрязняется выхлопными отравляющими газами, насыщенными токсичными компонентами, опасными для здоровья людей и животных;
- расходуется огромное количество углеводородного нефтяного дорогого топлива, имеющего ограниченные запасы сырья;
- под асфальтом исчезают значительные площади пригодной для земледелия земли;
- сам человек, проводящий все большее время в автомобиле, меняется не в лучшую сторону, как физически, так и психологически [1].

Поэтому постоянно ведутся новые разработки в области усовершенствования оборудования автомобильного транспорта, целью которых является, снизить негативные последствия функционирования автомобильного транспорта. Одним из них является аварийность на дорогах и ее последствия. К последствиям относится недостаточно оперативная помощь пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях [2] из-за отсутствия единой системы обнаружения и оповещения о дорожно-транспортных происшествиях, что приводит к недостаточной оперативности и слаженности в работе служб, участвующих в ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий [3].

Одним из решений проблемы своевременного обнаружения и оповещения о дорожно-транспортных происшествиях являются датчики удара.

Датчики удара это элементы, от которых зависит работа всей системы безопасности и оповещения при столкновении, либо ударе. Именно они

определяют, что произошло столкновение, благодаря чему и срабатывают подушки безопасности. А также, предлагается, использовать их как индикатор для передачи сигнала экстренным службам. На рисунке 1 показано расположение датчиков на автомобиле.

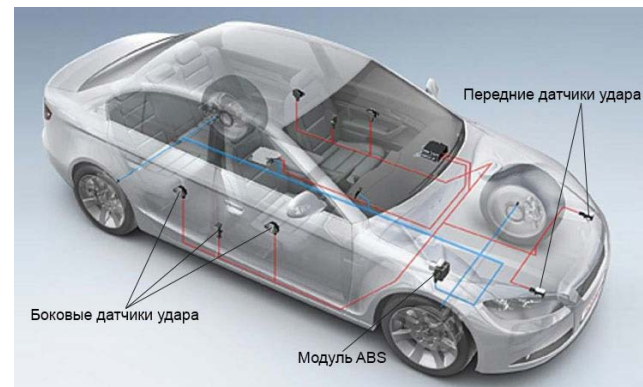


Рисунок 1 – Пример расположение датчиков удара системы SRS

Устройство датчика удара по передаче сигнала GSM является одним из наиболее реализуемых и эффективных проектов в отрасли обеспечения безопасности автоперевозок и транспорта. Устройство просто в сборке и понято в использовании.

Этапы работы системы послеаварийного реагирования с датчиком удара:

- совершение экстренного вызова. При случившемся дорожно-транспортном происшествии, датчик срабатывает без участия водителя, то есть, водителю необязательно нажимать на какие-либо кнопки. Распознавание того, что произошло дорожно-транспортное происшествие происходит благодаря специальным датчикам. Стоит отметить, что при небольшом дорожно-транспортном происшествии, водитель может отменить вызов экстренных служб, нажатием кнопки отмены, расположенной на пульте управления;

- распознавание местоположения аварии происходит автоматически, благодаря новейшим датчикам, а также системам мониторинга. В данном случае основными системами мониторинга являются GPSГЛОНАСС;

- сбор информации. Далее, все эти данные отправляются экстренным службам;

- выезд и прибытие служб экстренного реагирования на место дорожно-транспортного происшествия.

ВЫВОДЫ

В данной статье предложено решение одной из проблем автомобильного транспорта – фиксирование и немедленное сообщение о произошедшем дорожно-транспортном происшествии. Для этого предлагается установить на автомобиле датчики удара, которые срабатывают при столкновении или ударе автомобиля и подают сигнал об инциденте экстренным службам. Это позволит в минимальное время узнать о случившейся автоаварии и оказать помощь пострадавшим. В настоящее время большинство автомобилей не имеют такого датчика. А имеющиеся подобные устройства достаточно дороги для массового использования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Сафиуллин, Р. Н., Резниченко, В. В., Керимов, М. А. Электротехника и электрооборудование транспортных средств : Учебное пособие / под ред. Р. Н. Сафиуллиной. – СПб. : Издательство «Лань», 2019. – 400 с. : ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

2 Вестник Самарской гуманитарной академии, серия «Право», 2013, №1(13). – С. 19–26.

3 Скорая медицинская помощь пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях (раздел 1.2) / – СПб. : «ИПК «КОСТА», 2007. – С. 110–116.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Н. А. Исупова¹, Ә. Ж. Төкен²

Көлік құралдарындағы электр жабдықтарын жетілдіру

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

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

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

N. A. Isupova¹, A. J. Token²

Improvement of electrical equipment on vehicles

^{1,2}Faculty of Energy Engineering,

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

Material received on 06.02.19.

Автокөлік халық шаруашылығының маңызды салаларының бірі болып табылады. Оның көмегімен өнеркәсіп және ауыл шаруашылығы

өнімдерін тасымалдау жүзеге асырылады және халықтың тасымалға деген қажеттілігі қанағаттандырылады. Осылайша, автомобиль көлігін дамыту ел экономикасын дамыту шарттарының бірі болып табылады. Қазіргі уақытта автомобильдердің барлық классикалық электр жабдықтары жаңғыртылды. Ал жартылай өткізгішті және микроэлектронды техника саласындағы жетістіктер автомобильдің көптеген механизмдерін автоматты басқару жүйесін құруға мүмкіндік берді. Бірақ автокөлікте қозғалу толығымен қауіпсіз болғандықтан, жаңа құрылғылар пайда болады, олардың мақсаты жолдағы апатты жағдайларды төмендету және олардың теріс салдарын азайту болып табылады. Мұндай құрылғылардың бірі-автомобильде Орнатылатын соққы сенсоры. Оның міндеті автомобильдің соққысын анықтау және хабарлау, сондай-ақ автомобильдің орналасқан жерін бақылау болып табылады.

Motor transport is one of the most important sectors of the national economy. With its help, the transportation of industrial and agricultural products is carried out and the population's need for transportation is satisfied. Thus, the development of road transport is one of the conditions for the development of the country's economy. Currently, almost all the classic electric car has undergone modernization. Achievements in the field of semiconductor and microelectronic technology, allowed to create automatic control systems for many mechanisms of the car. But since the movement on motor vehicles is not completely safe, new devices appear whose goal is to reduce emergency situations on the roads and reduce their negative consequences. One of these devices is a shock sensor installed in the car. Its task is to determine and notify about the impact of the car, as well as monitoring the location of the car.

**А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар²,
Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴**

¹м.т. и т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²1m.kaidar@amangeldygas.kz;

³argin_intel@mail.ru; ⁴wadim54@mail.ru

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГРЕВА С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Для современного человека одной из важнейших составляющих комфорта в помещениях, где он проживает или трудится, является стабильная температура воздуха. Для ее поддержания в современные климатические системы внедряются различные средства автоматизации, которые в системах отопления одновременно способны обеспечить ощутимую экономию энергозатрат. Данная статья знакомит читателей с преимуществами автоматизированных систем отопления и способами повышения их энергоэффективности, с необходимыми техническими требованиями к отдельным компонентам отопительного оборудования, а также содержит рекомендации по их выбору.

Автоматизированные системы отопления призваны поддерживать в зданиях и помещениях микроклимат, наиболее комфортный для работы и отдыха. Кроме того, благодаря возможности более рационально расходовать энергоресурсы, такие системы являются гораздо более эффективными, чем традиционные.

Ключевые слова: энергосбережение, теплый пол, контроллер, греющие кабели, датчики температуры.

ВВЕДЕНИЕ

Установку комфортной температуры в помещениях обеспечивают термостаты или термодатчики, которые постоянно отслеживают ее

изменения и позволяют отопительной системе учитывать все текущие факторы, влияющие на температуру в помещении: человеческое тепло, солнечное тепло, нагрев от осветительных приборов, излучение других электроприборов и др.

Если непосредственно в тепловом пункте здания применяются средства автоматического регулирования подачи теплоносителя, которые отслеживают температуру наружного воздуха, то это дает экономию в энергопотреблении примерно 15–20 %. Использование термостатических клапанов на радиаторах отопления дополнительно снижает энергопотребление еще на 5–7 %.

Автоматика также позволяет гибко изменять температурный режим в помещениях в различное время суток. В переходные календарные периоды (осень/весна), характеризующиеся нестабильностью температуры, автоматизированная система позволит снизить отпуск тепла в те часы/дни, когда температура воздуха существенно поднимается.

Если же система отопления оснащена GSM-модулями, то это дает возможность осуществлять мониторинг теплового режима здания/помещения удаленно, например, при помощи мобильных устройств.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Смарт Сити («Умный город») – проект электронного города. Ключевые характеристики умного города – комфортность, безопасность, эффективность и экологичность. Как известно, на примере нашего города планируется запустить в пилотном режиме проект по внедрению концепции «Смарт Сити». По этому вопросу аким города Аксу (рисунок 1) уже не раз встречался с южнокорейскими инвесторами [1].

Презентация проекта Smart City Aksu состоялась 16 мая 2018 г. в Аксу. По словам директора компании «BFGroup», разработавшей аналогичный проект для Павлодара, а также приложение «Умный дом», горожане Аксу смогут получить услуги от девяти госорганов – местной полиции, отделов жилищной инспекции, земельных отношений, внутренней политики, занятости и социальных программ, культуры и спорта, жилищно-коммунального хозяйства и образования. В скором времени к проекту подключатся все городские службы [1].



Рисунок 1 – Презентация проекта Smart City Aksu руководителем проекта Ким Чонг О акиму города Аксу

Одной из составляющих Smart City является применение электрообогрева помещений греющими кабелями [2, с. 214–219]. Рабочей группой были рассмотрены различные варианты электрообогрева, один из которых приведен в этой статье. Автоматика позволяет создать комфортные условия без вмешательства человека и при этом экономит ресурсы. Теплый пол в доме управляется при помощи контроллера типа Zelio. На входы контроллера подаются сигналы от 4-х датчиков температуры помещения, контроллер имеет кнопку выключения/включения для ручного режима управления, например, на время отъезда в отпуск.

Датчики температуры находятся в каждом отапливаемом помещении, которые установлены примерно на высоте 0,5 м над уровнем пола. В схеме на рисунке они указаны как «Датчик температуры пола № 1, № 2, № 3, № 4».

На рисунке 2 показана схема управления, теплым полом [3, с. 75–78].

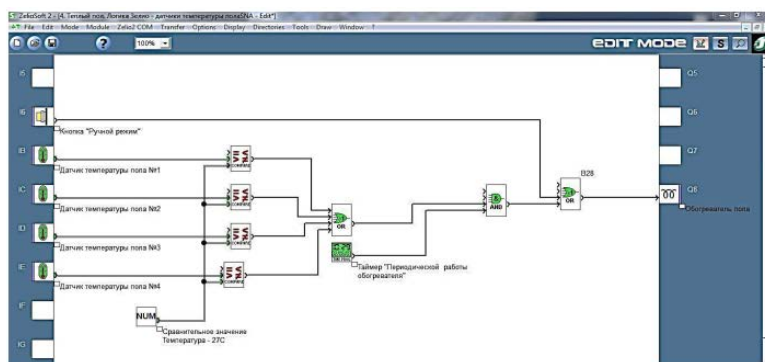


Рисунок 2 – Схема управления теплым полом.

На рисунке 3 приведены функциональные входы и выходы контроллера.

Physical inputs

Input	No	Symbol	Function	Lock	Parameters	Comment
I6	B27		Pushbutton	---	No parameters	Кнопка "Ручной режим"
IB	B00		Analog input 0...10V	---	Electrical connection at input : 0 - 10 V	Датчик температуры пола №1
IC	B08		Analog input 0...10V	---	Electrical connection at input : 0 - 10 V	Датчик температуры пола №2
ID	B09		Analog input 0...10V	---	Electrical connection at input : 0 - 10 V	Датчик температуры пола №3
IE	B10		Analog input 0...10V	---	Electrical connection at input : 0 - 10 V	Датчик температуры пола №4

Physical outputs

Output	No	Symbol	Function	Comment
O8	B03		Resistance	Обогреватель пола

Рисунок 3 – Цифровые входы и выходы

На рисунке 4 показаны все элементы, используемые в контроллере [4, 79–84]. B01, B04, B05, B06 – сравнительные элементы, B02 – установленное значение температуры, например, 21 градус. B20 – таймер периодической работы обогревателя. График работы таймера приведен на рисунке 5.

Configurable functions

No	Symbol	Function	Lock	Latching	Parameters	Comment
B01		Comparison of 2 values	---	---	VALEUR 1 ≤ VALEUR 2	
B02	NUM	Numerical constant	No	---	Value of the constant : 27	Сравнительное значение Температура - 27C
B04		Comparison of 2 values	---	---	VALEUR 1 ≤ VALEUR 2	
B05		Comparison of 2 values	---	---	VALEUR 1 ≤ VALEUR 2	
B06		Comparison of 2 values	---	---	VALEUR 1 ≤ VALEUR 2	
B20		Daily, weekly and yearly programmer	No	---	See details below	Таймер "Периодической работы обогревателя"

Рисунок 4 – Контрольные функции

TIME PROG (Daily, weekly and yearly programmer)

Number	Change to	Daily	Day(s)	Week(s)
00	ON	06:00	MON, TUE, WEDS, THURS, FRI	
01	OFF	09:00	MON, TUE, WEDS, THURS, FRI	
02	ON	17:00	MON, TUE, WEDS, THURS, FRI	
03	OFF	23:30	MON, TUE, WEDS, THURS, FRI	
04	ON	09:00	SAT, SUN	
05	OFF	23:50	SAT, SUN	

Рисунок 5 – Функции вкл/выкл установленного таймера

Анализ данного графика работы показывает что «теплый пол» будет включен в будние дни с 6:00 часов утра до 9:00 часов утра, а также с 17:00 часов вечера до 23:30 часов. В выходные дни работа системы «теплый пол» с 9:00 часов утра до 23:50 часов ночи.

Описание работы контроллера. На датчиках температуры (ДТ) устанавливается температура, превышающая желаемую температуру, например, на 1 градус, то есть 22 °С что показано на рисунке 6.

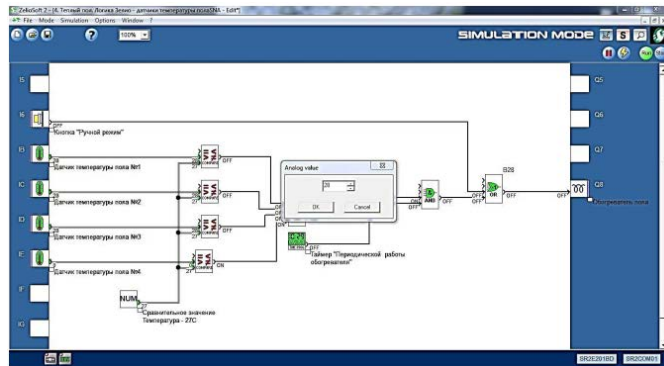


Рисунок 6 – Установка значений ДТ

Так как все датчики запрограммированы на температуру 22 градуса, при температурах, превышающих установленное желаемое значение в сравнительном элементе B02, то на выходе контроллера сигнал Off, то есть, обогреватель не включается (Рисунок – 7)

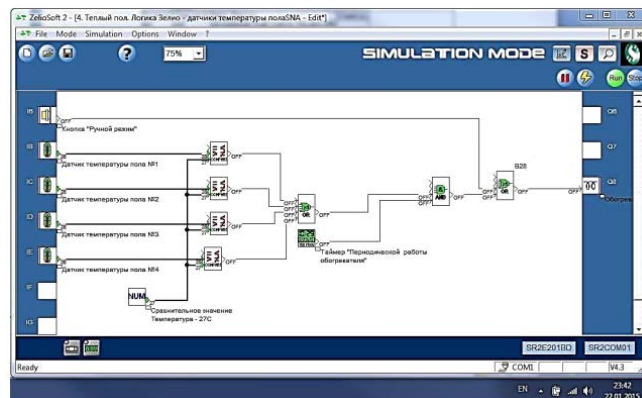


Рисунок 7 – Работа обогревателя

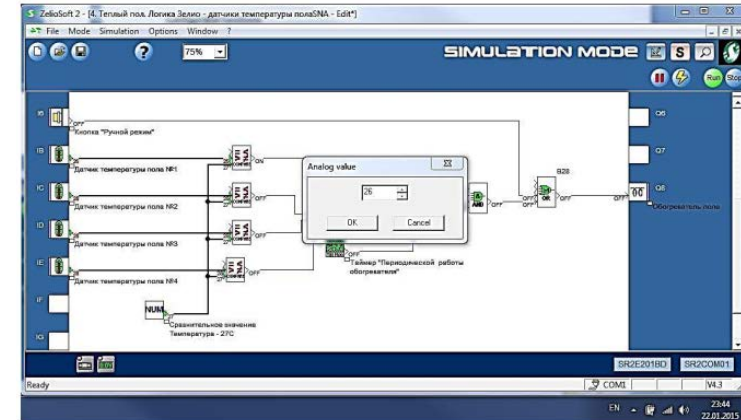


Рисунок 8 – Установка значений ДТ

Если введем новое значение для датчиков температуры, например, 20 °С, то это значение меньше чем температура, устанавливаемая в сравнительном элементе. На выходе после сравнения значений появляется сигнал On, т.е. включение обогревателя (Рисунок – 9).

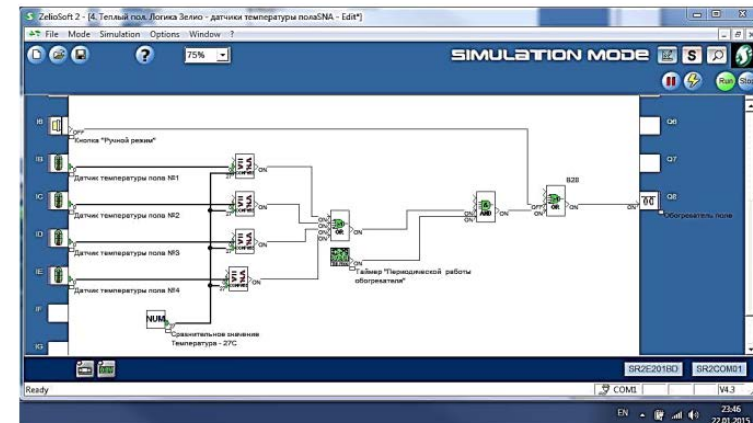


Рисунок 9 – Работа обогревателя

Таким образом, разработанная программа управления контроллера Zelio Soft показала себя работоспособной.

ВЫВОДЫ

Главным преимуществом кабельных систем является относительно малое сечение кабелей, благодаря чему добавление таких систем мало увеличивает габариты конструкций, в которые они устанавливаются. Кроме того, энергия в такие системы подается также с помощью относительно тонких кабелей, которые легко монтируются, в результате их монтаж проще, чем систем на основе горячей воды. Потери энергии в таких системах значительно меньше, чем в системах с горячей водой, поскольку подводимые кабели выполняются с низким сопротивлением и потери на нагрев в них ничтожны, в то время как горячая вода более заметно охлаждается при передаче.

Слабым местом кабельных систем является электробезопасность. При их монтаже необходимо соблюдать серьезные меры предосторожности и обеспечивать правильное подключение всех компонентов (включая заземление), правильную укладку и защиту кабелей от механических повреждений.

Также нагревательные кабели в ряде случаев могут перегреваться и выходить из строя или провоцировать пожар. Особенно этот недостаток присущ резистивным кабелям. Поэтому укладка кабеля должна обеспечивать ему достаточное охлаждение, предотвращать перехлест отрезков кабеля, чтобы даже в крайних случаях перегрев был невозможен. Системы на основе исправного саморегулирующегося кабеля лишены такого недостатка, поскольку в месте пересечения им не грозит зональный перегрев: их греющие элементы снижают выделяемую мощность и исключают угрозу перегрева. Однако нужно понимать, что саморегулирующийся кабель может иметь скрытые дефекты, изменяющие свойства его материалов, в результате полностью исключить угрозу перегрева невозможно и поэтому при укладке любого кабеля необходимо заботиться об охлаждении. Для сравнения, системы на основе горячей воды лишены такого недостатка, поскольку их трубопроводы не могут нагреваться выше температуры сетевой воды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Смарт-Аксу : Работы продолжаются [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aksu.pavlodar.gov.kz/?lang=ru&act=news&event=1105&print=%5B%5D>

2 Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кайдар, А. Б. Инновационные методы электрообогрева в промышленности // Материалы международной научно-практической конференции «VII чтения Машхур-Жусипа». – Павлодар, 2010. – 2 т. – С. 214–219.

3 Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б. Бифункциональные системы промышленной и бытовой автоматики // Материалы международной научно-практической конференции «Индустриально-инновационное развитие на современном этапе: состояние и перспективы». – Павлодар, 2009. – С. 75–78.

4 Шапкенов, Б. К. Электрообогрев Технологического оборудования на проекте «Тенгизшевройл» // Материалы международной научно-практической конференции «Индустриально-инновационное развитие на современном этапе : состояние и перспективы». Т. 1. – Павлодар, 2009. – С. 79–84.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴

Микропроцессорлық басқарумен жылытудың тиімді технологиялары

¹«ХимПарк Тараз» ЕЭА БК» АҚ,
Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

А. В. Kaidar¹, М. В. Kaidar², В. К. Shapkenov³, V. P. Markovsky⁴

Effective technologies of microprocessor-based heating

¹JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,
Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

²JSC «KazTransGas»,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Қазіргі адам үшін бір бөлмелерде жабдықталғандықтан ең маңызды құрайтынылардан ол дәурен сүріп жатыр немесе еңбек сіңіріп жатыр, ауаның тұрақты температурасы келіп жатыр. Қазіргі климаттық жүйелерге оның сүйемелдеу үшін бір уақыттағы қабілетті қамтамасыз ету жылытуларға жүйелерде елеулі энергозатрат үнемді автоматтандырулар әр түрлі құралдары еніп жатыр. Осы мақала жылытудан автоматты жүйелерден

артықшылықтармен оқырмандардың таныстырып жатыр және олардың энергия тиімділіктері жоғарылатулар әдістермен, жылытқыш жабдыққа жеке компоненттерге қажетті техникалық талаптармен олардың таңдауы бойынша кепілдемелер болып жатыр. Жылытулар автоматты жүйелері шақырған микроклиматқа ғимараттарда және бөлмелерде қолдау, жұмыс және демалыс өте комфортный үшін. Сонымен қатар, көп тиімді тұтыну мүмкіндік арқасында энергия қорлар, сондай жүйелер анағұрлым көп тиімді келіп жатыр, дәстүрлі сияқты емес.

For the modern person, one of the most important components of comfort in the rooms where he lives or works is stable air temperature. To maintain it, modern automation systems are introducing various automation tools that at the same time are capable of providing tangible savings in energy costs in heating systems.

This article introduces readers to the benefits of automated heating systems and ways to increase their energy efficiency, with the necessary technical requirements for individual components of heating equipment, and also contains recommendations for their choice. Automated heating systems are designed to maintain the microclimate in buildings and rooms, the most comfortable for work and leisure. In addition, due to the possibility of more rational use of energy resources, such systems are much more efficient than traditional ones.

ГРНТИ 44.29.01

**А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар²,
Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴**

¹м.т. и т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²1m.kaidar@amangeldygas.kz;

³argin_intel@mail.ru; ⁴wadim54@mail.ru

АВТОМАТИКА СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ SMART HOME

В статье рассмотрен вариант системы защиты от протечек и залива квартир. Защита автоматически блокирует холодное и горячее водоснабжение при квартирных потопах.

Область применения: защита имущества и ответственности владельцев квартир, коттеджей, гостиниц, офисов и прочих объектов недвижимости.

При попадании воды на любой из датчиков защиты, установленных в местах возможной протечки, сигнал подается на контроллер. Контроллер, получив сигнал о протечке от датчика, дает команду устройствам блокировки воды – шаровые краны с электроприводом, которые подключены к контроллеру. Все это за 3 секунды. Контроль протечки воды осуществляется автоматически и не требует участия человека. Технологии умного дома позволяют эффективно и надежно решать задачи управления системой водоснабжения дома. Управление водой и водоснабжением является важной функцией общей системы Smart House.

Ключевые слова: автоматика, водоснабжение, протечка, контроллер, Smart Home, управление.

ВВЕДЕНИЕ

Smart устройство управления системой водоснабжением дома и защиты от аварийных ситуаций позволяет эффективно осуществлять управление

подачей воды в дом, контролировать работу накопительной системы, выполнять контроль протекания воды в доме, выполнять аварийное отключение насосов системы водоснабжения дома, выполнять аварийное отключение подачи воды, управлять запасами воды, информировать пользователя об отключениях подачи воды в дом, передавать информацию на smart устройства через GSM информатор.

Одной из востребованных функций системы домашней автоматизации является контроль протечки воды [1]. Протечка воды – самая распространенная авария в жилом здании. По статистике страховых компаний, проблема залива квартиры занимает первое место по частоте среди всех страховых случаев при страховании имущества. Причинами потопов в квартирах и частных домах наиболее часто являются: некачественная или ветхая гибкая подводка; некачественная или ветхая сантехника, а также бытовая техника (стиральная машина, посудомоечная машина, фильтр для очистки воды, водосчетчик, водонагреватель и т.д.); неполадки в санитарной и бытовой технике, а также их неправильное соединение с водопроводом; человеческий фактор (пожилые родственники, дети, уставший человек).

Чаще всего случаются протечки: в стояках, под ванной или душевой кабиной, раковины, под батареями отопления, около стиральной машины и др.

Для контроля протечек применяются специальные датчики протечки воды, которые размещаются в местах потенциальных протечек. В случае обнаружения протечки датчик передает сигнал контроллеру, который предпримет меры, на которые он запрограммирован. Контроллер может оповестить о проблеме по sms, или подать сигнал на перекрытие водоснабжения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для решения проблемы защиты от протечек воды существуют специализированные системы защиты [2, с. 75–78]. В таких системах существует блок автоматики, датчики утечки воды и электромагнитные клапаны. Если вдруг произошла авария, блок автоматики формирует сигнал, подаваемый на электромагнитный клапан, и клапан перекрывает доступ воды в ту квартиру или комнату, где была зафиксирована авария. Датчики протечки воды, устанавливаются в возможных местах протекания, такие как: стиральная машина, раковина, ванная и т.д.

На рисунке 1 показаны типовая схема установки системы защиты от протечек воды входят следующие основные узлы: – датчики утечки воды; блок автоматики – контроллер; электромагнитные клапаны.

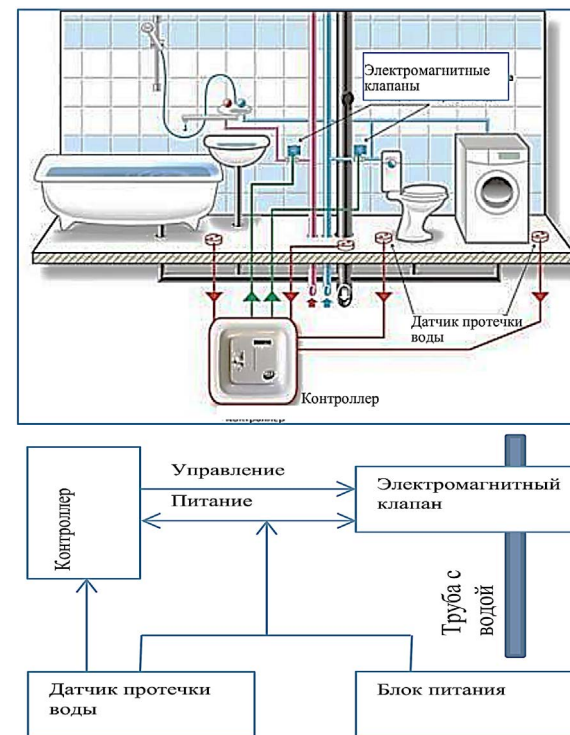


Рисунок 1 – Типовая система защиты от протечек воды

На рисунке 2 – показан план установки, системы контроля протечки воды. В систему контроля протечки воды входят 7 датчиков определения протечки воды, а также контроллер. Также на рисунке указан план расположения всего оборудования этой системы.

Контроль протечки воды в доме управляется при помощи контроллера типа Zelio. На входы контроллера подаются сигналы от 7-ми датчиков обнаружения протечки воды, контроллер работает все время, т.е. нет никаких временных и сезонных ограничений. Датчики обнаружения протечки воды находятся в помещениях, которые подвергаются опасности затопления, такие как кухня и ванная комната. Они также устанавливаются непосредственно в поле. В схеме на рисунке 3 они указаны как «Датчик обнаружения протечки воды № 1, № 2, № 3, № 4, № 5, № 6, № 7».

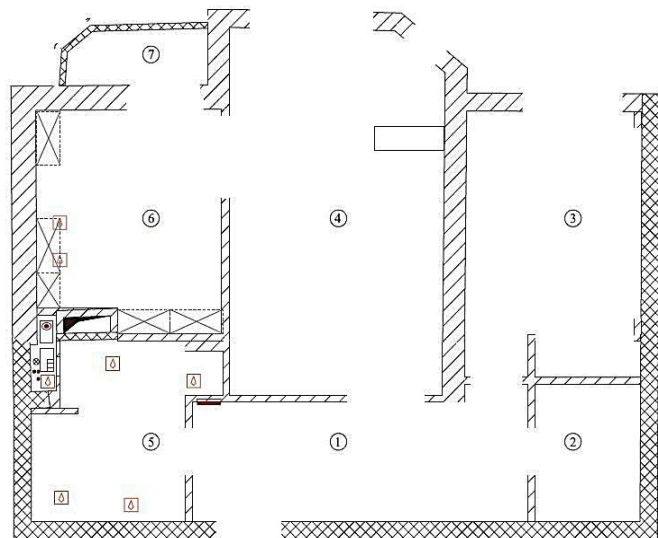


Рисунок 2 – План дома с расположением датчиков протечки воды

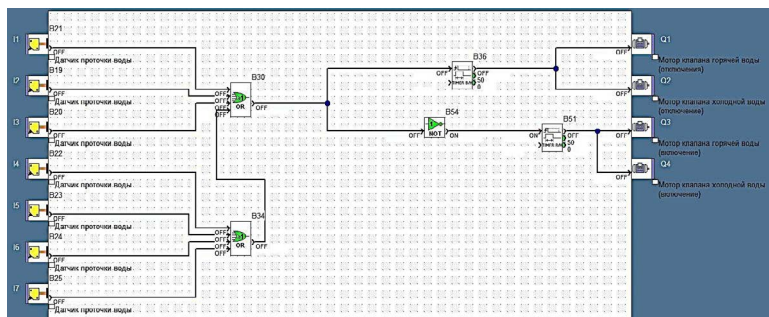


Рисунок 3 – Схема управления

На рисунке 4 показана схема управления, теплым полом. Контроллер также питается от источника бесперебойного питания ИБП.

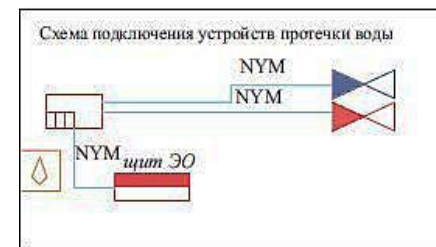


Рисунок 4 – Схема расположения устройств, контроля протечки воды

На рисунке 5 приведены функциональные входы и выходы контроллера управления протечки воды.

На рисунке 6 показаны элементы, используемые в контроллере. В36, В51 – таймеры для контроля выполнения отключения/включения клапанов с горячей и холодной водой, через моторных перекрывателей клапанов.

Physical inputs

Input	No	Symbol	Function	Lock	Parameters	Comment
I1	B21		Presence sensor	---	No parameters	Датчик проточки воды
I2	B19		Presence sensor	---	No parameters	Датчик проточки воды
I3	B20		Presence sensor	---	No parameters	Датчик проточки воды
I4	B22		Presence sensor	---	No parameters	Датчик проточки воды
I5	B23		Presence sensor	---	No parameters	Датчик проточки воды
I6	B24		Presence sensor	---	No parameters	Датчик проточки воды
I7	B25		Presence sensor	---	No parameters	Датчик проточки воды

Physical outputs

Output	No	Symbol	Function	Comment
Q1	B44		Motor	Мотор клапана горячей воды (отключение)
Q2	B50		Motor	Мотор клапана холодной воды (отключение)
Q3	B58		Motor	Мотор клапана горячей воды (включение)
Q4	B59		Motor	Мотор клапана холодной воды (включение)

Рисунок 5 – Физические входы и выходы контроллера протечки воды

Configurable functions

No	Symbol	Function	Lock	Latching	Parameters	Comment
B36		Timer B/H	No	No	On time : 50 x 0,1 s Function H	
B51		Timer B/H	No	No	On time : 50 x 0,1 s Function H	

Рисунок 6 – Функции конфигурации

Система управления контроллером протечки воды дома работает следующим образом. (Рисунки 7–8).

Рисунки 7 показывает, что датчик № 1 выдал сигнал о протечке воды, как видно на правой стороне схемы выполняется выключение клапанов с горячей и холодной водой.

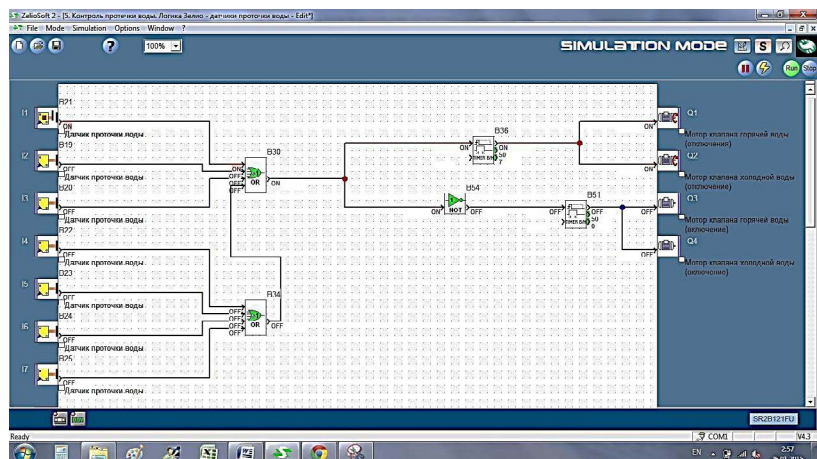


Рисунок 7 – ДПВ 1 – есть сигнал о протечке

Рисунки 8 – показывает, устранение проблемы, так как датчик № 1 выдал отрицательный сигнал, после чего схема управления контролем протечки воды выполняет включение клапанов с горячей и холодной водой.

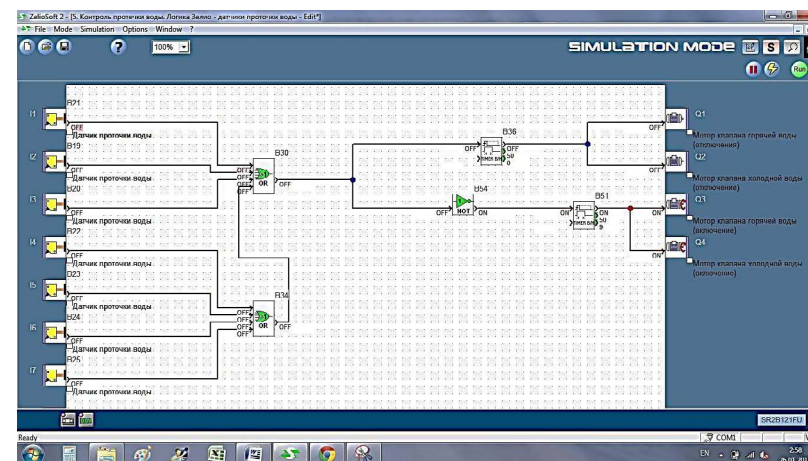


Рисунок 8 – Подача ДПВ сигнала об устранении проблемы протечки воды

Блок формирования сигнала управления электромагнитным клапаном подает сигнал на закрытие клапана в случае, наличия протечки воды, так как управляющий вход клапана подключен непосредственно к датчику. Для подачи такого сигнала управления используются два отдельных провода. Датчик используется совместно с блоком контроллера, то есть подача сигнала управления на электромагнитный клапан производится от блока контроллера.

ВЫВОДЫ

Система защиты от протечек воды обеспечивает защиту квартир от затопления при авариях в системе водоснабжения, отопления путем автоматического отключения подачи воды в квартиру от магистрального трубопровода. Система может обеспечивать управление большим количеством шаровых кранов. Предусмотрена возможность интеграции в систему умный дом, пожарную или охранную сигнализацию, диспетчерские службы. В ряде версий предусмотрено оповещение по телефону. Использование системы защиты от протечек воды позволит предотвратить ущерб от затопления квартиры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Smart-Аксу: Работы продолжаются [Электронный ресурс]: / Режим доступа <http://aksu.pavlodar.gov.kz/?lang=ru&act=news&event=1105&rm=%5B%5D> (Дата обращения 02.05.2018).

2 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б.** Бифункциональные системы промышленной и бытовой автоматики // Материалы международной научно-практической конференции «Индустриально-инновационное развитие на современном этапе: состояние и перспективы». – Павлодар, 2009. – С. 75–78.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴

Smart Home сумен жабдықтаулар жүйелердің автоматикалары

¹«ХимПарк Тараз» ЕЭА БҚ» АҚ,

Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³, V. P. Markovsky⁴

Automatics of water-supply systems Smart Home

¹JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,

Shu, 010000, Republic of Kazakhstan;

²JSC «KazTransGas»,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Осы мақалада қарастырылған нұсқалардан және су аққан жылғы пәтерлердің. Автоматты түрде қорғауды салқындату және ыстық суды сумен қамтамасыз етуді блоkirейтеді. Пайдалану облысы: иелерінің жауапкершілігі мен жауаптылығын сақтау, коттедж, қонақ үй, офис және басқа да жылжымайтын мүлік объектілері. Датчиктердің қорғаушылары кез келген су кез келген уақытта, бақылау мүмкіншіліктеріне орнатылды, контроллерге сигнал беріледі. Контроллер, датчиктардан сигнал алуға арналған сигналды қабылдайды, қоректенуді қорғаныс қондырғыларын басқарады – шарикті кранды электр жетегі басқарады, олар контроллерге қосылады. Барлық 3 секунд үшін бұл. Су ағынын бақылау автоматты түрде жүзеге асырылады және адам талап етілмейді. Технологиялар ақыл-ой үйі нәтижелі және ықыласпен

үйде суды ағызуды қамтамасыз етуді шешуге мүмкіндік береді. Суды басқару және суды ағызуды Smart House жалпы жүйесіндегі қызметтің маңыздылығын көрсетеді.

In the article the variant of the system of protecting from flowing and overflow of apartments is considered. Defence automatically blocks a cold and hot water-supply at housing floods. Application domain: defence of property and responsibility of proprietors of apartments, cottages, hotels, offices and other objects of the real estate. At the hit of water on any of the sensors of defence, set in the places of possible flowing, a signal is given on a comptroller. A comptroller, getting a signal about flowing from a sensor, gives a command to the devices of blocking of water electrically-actuated, ball faucets that is connected to the comptroller. All of it for 3 seconds. Control of flowing of water works automatically and does not require participation of man. Technologies of clever house allow effective and reliable soloing management tasks of house system. A management of water and the water-supply is an important function of the general system Smart House.

**А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³,
В. П. Марковский⁴, М. Е. Волгин⁵**

¹м.т. и т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²1m.kaidar@amangeldygas.kz;

³argin_intel@mail.ru; ⁴wadim54@mail.ru

ВОПРОСЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ СЕТЕЙ ДО 1000 В

В статье изложена так называемая «Зоновая концепция защиты», основными принципами которой являются:

– применение строительных конструкций с металлическими элементами (арматурой, каркасами, несущими элементами и т.п.), электрически связанными между собой и системой заземления, и образующими экранирующую среду для уменьшения воздействия внешних электромагнитных влияний внутри объекта;

– наличие правильно выполненной системы заземления и выравнивания потенциалов;

– деление объекта на условные защитные зоны и применение специальных устройств защиты от перенапряжений;

– соблюдение правил размещения защищаемого оборудования и подключенных к нему проводников относительно другого оборудования и проводников, способных оказывать опасное воздействие или вызвать наводки.

Даны рекомендации по защите от грозových перенапряжений.

Ключевые слова: молния, канал молнии, молниезащита, грозозащита, перенапряжения, импульсные токи, электромагнитные воздействия, разрядники, оксидно-цинковые варисторы.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее сложная схема системы защиты должна выстраиваться для объектов, которые находятся на открытой местности и имеют в своем составе высоко расположенные элементы конструкции. К таким объектам можно отнести коттеджи в сельской местности, промышленные объекты с высокими трубами, объекты связи с антенно-мачтовыми сооружениями (АМС) и т.п., в которые с большой степенью вероятности может ударить молния, а также объекты, имеющие воздушные вводы электропитания.

В том случае, когда необходимо, например, защитить здание, расположенное в населенном пункте городского типа, вопрос решается несколько проще. В городских условиях удар молнии наиболее вероятен в трубы промышленных предприятий, линии электропередач, телевизионную вышку или отдельные наиболее высокие здания (особенно если на них установлены антенно-мачтовые сооружения базовых станций сотовой связи).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Токи молний могут воздействовать на объект прямым способом при попадании молнии в его систему молниезащиты или находящиеся в непосредственной близости сооружения, предметы или деревья. Но наиболее частыми являются случаи вторичных воздействий при ударе молнии в удаленные объекты (линии электропередач, подстанции и т.п.), связанные какими-либо коммуникациями с защищаемым объектом, или при межоблачных разрядах, вызывающих возникновение импульсных токов больших величин в металлических элементах конструкций и коммуникациях. Основные пути заноса перенапряжений для объектов различного типа показаны на рисунке 1.

Железобетонные конструкции зданий, выполняющие функцию естественного заземляющего устройства и имеющие электрическое соединение с системой выравнивания потенциалов, достаточно хорошо экранируют находящуюся внутри технику от электромагнитных воздействий (клеть Фарадея), отводя большую опасную часть тока молнии при прямом попадании в объект на землю (рисунок 2).

Электромагнитные поля внутри объекта с точки зрения интенсивности прямого и непрямого воздействия молнии на электрооборудование делятся согласно международному стандарту IEC 61312-1 [1] на зоны молниезащиты.

Зона 0А: Зона внешней среды объекта, все точки которой могут подвергаться воздействию прямого удара молнии (иметь непосредственный контакт с каналом молнии) и возникающего при этом электромагнитного поля.

Зона 0В: Зона внешней среды объекта, точки которой не подвергаются воздействию прямого удара молнии (ПУМ), так как находятся в пространстве,

защищенном системой внешней молниезащиты. Однако в данной зоне имеется воздействие неослабленного электромагнитного поля.

Зона 1: Внутренняя зона объекта, точки которой не подвергаются воздействию прямого удара молнии. В этой зоне токи во всех токопроводящих частях имеют значительно меньшее значение по сравнению с зонами 0А и 0В. Электромагнитное поле также снижено по сравнению с зонами 0А и 0В за счет экранирующих свойств строительных конструкций.

Последующие зоны (Зона 2, и т.д.). Если требуется дальнейшее снижение разрядных токов или электромагнитного поля в местах размещения чувствительного оборудования, то необходимо проектировать так называемые последующие зоны. Критерий для этих зон определяется соответственно общими требованиями по ограничению внешних воздействий, влияющих на защищаемую систему. Имеет место общее правило, по которому с увеличением номера защитной зоны уменьшаются влияние электромагнитного поля и грозового тока. На границах раздела отдельных зон необходимо обеспечить защитное последовательное соединение всех металлических частей, с обеспечением их периодического контроля.

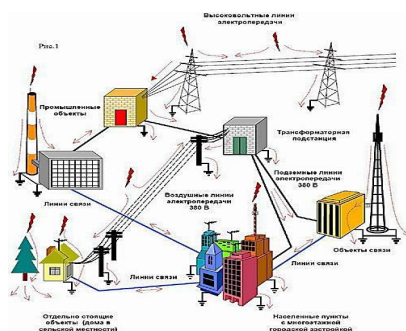


Рисунок 1 – Основные пути заноса перенапряжений для объектов различного типа

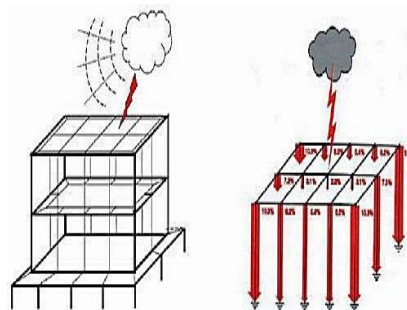


Рисунок 2 – Структура здания (клеть Фарадея) и растекание токов по металлоконструкциям при прямом ударе молнии.

На рисунке 3 приводится пример разделения защищаемого объекта на несколько зон. Кабели электропитания, связи и другие металлические коммуникации должны входить в защитную Зону 1 в одной точке и своими экранными оболочками или металлическими частями подключаться к главной заземляющей шине на границе раздела Зон 0А-0В и Зоны 1.

Описанное выше разделение объекта на условные зоны позволяет на практике эффективно решать вопросы защиты электропитающих сетей до 1000 В, а также линий связи, передачи данных, компьютерных сетей и других коммуникаций, входящих в объект, с помощью применения различного типа устройств защиты от импульсных перенапряжений (или так называемой внутренней системой молниезащиты).

Для гарантированной защиты объекта от перенапряжений, возникающих при стекании токов молнии на заземляющее устройство или при «приходе» волны перенапряжения по питающей сети (в случае далекого удара молнии), «Зоновой концепцией защиты предусмотрена трехступенчатая схема включения защитных устройств.

Исходя из оценки риска прямого удара молнии или наводок от удаленного разряда, необходимо выбирать тип применяемых защитных устройств и схему их установки. Необходимость защиты от грозовых перенапряжений зависит от следующих факторов:

– Интенсивности ударов молнии в данном месте N_g (среднее годовое количество ударов молнии на 1 км^2 за год). Данное значение можно получить, используя карты грозовой активности по регионам. Но при этом полученный параметр будет весьма приблизительным.

– Уязвимости самой электроустановки. Например, подземные системы электропитания по вполне понятным причинам считаются менее уязвимыми, чем воздушные.

– Стоимости оборудования, подключенного к защищаемой электроустановке, что может стать важным критерием для усложнения схемы защиты и наоборот.

При выборе защитных устройств на разрядниках или оксидно-цинковых варисторах необходимо обращать внимание на следующие параметры:

1 Номинальное рабочее напряжение U_n . Это номинальное действующее напряжение сети, для работы в которой предназначено защитное устройство.

2 Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение защитного устройства U_c (максимальное рабочее напряжение). Это наибольшее действующее значение напряжения переменного тока, которое может быть длительно (в течение всего срока службы) приложено к выводам защитного устройства.

3 Классификационное напряжение (Параметр для варисторных ограничителей перенапряжений). Это действующее значение напряжения промышленной частоты, которое прикладывается к варисторному ограничителю для получения классификационного тока (обычно значение классификационного тока принимается равным 1,0 мА).

4 Импульсный ток (I_{imp}). Этот ток определяется пиковым значением I_{peak} испытательного импульса длительностью 10/350 мкс и зарядом Q. Применяется для испытаний защитных устройств класса I.

5 Номинальный импульсный разрядный ток I_n . Это пиковое значение испытательного импульса тока формы 8/20 мкс, проходящего через защитное устройство. Ток данной величины защитное устройство может выдерживать многократно. Используется для испытания устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) класса II. При воздействии данного импульса определяется уровень защиты устройства. По этому параметру также производится координация других характеристик УЗИП, а также норм и методов его испытаний.

6 Максимальный импульсный разрядный ток I_{max} . Это пиковое значение испытательного импульса тока формы 8/20 мкс, который защитное устройство может пропустить один раз и не выйти из строя. Используется для испытания УЗИП класса II.

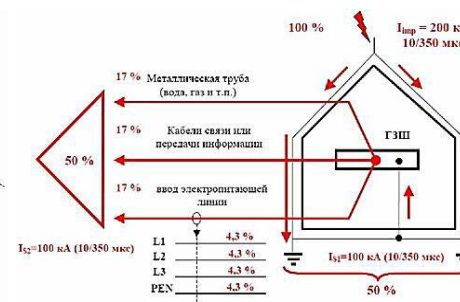
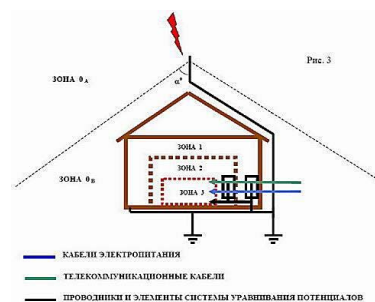
7 Сопровождающий ток I_f (параметр для УЗИП на базе разрядников). Это ток, который протекает через разрядник после окончания импульса перенапряжения и поддерживается самим источником тока, т.е. электроэнергетической системой. Фактически значение этого тока стремится к расчетному току короткого замыкания (в точке установки разрядника для данной конкретной электроустановки). Поэтому для установки в цепи «L-N; L-PE» нельзя применять газонаполненные (и другие) разрядники со значением I_f равным 100–400 А. В результате длительного воздействия сопровождающего тока они будут повреждены и могут вызвать пожар. Для установки в данную цепь необходимо применять разрядники со значением I_f превышающим расчетный ток короткого замыкания, т.е. желательна величиной от 2–3-х кА и выше.

8 Уровень защиты U_p . Это максимальное значение падения напряжения на защитном устройстве при протекании через него импульсного тока разряда. Параметр характеризует способность устройства ограничивать появляющиеся на его клеммах перенапряжения. Обычно определяется при протекании номинального импульсного разрядного тока I_n .

9 Время срабатывания. Для оксидно-цинковых варисторов его значение обычно не превышает 25 нс. Для разрядников разной конструкции время срабатывания может находиться в пределах от 100 наносекунд до нескольких микросекунд.

Существует ряд других параметров, которые тоже учитываются при выборе устройств защиты от перенапряжения: ток утечки (для варисторов), максимальная энергия, выделяемая на варисторе, ток срабатывания предохранителей (для защитных устройств со встроенными предохранителями).

Система внутренней молниезащиты для электропитающей сети до 1000 В, состоящая из разного типа устройств защиты от импульсных перенапряжений, должна быть способна осуществить отвод грозовых токов или их большей части без повреждения самих защитных устройств. Для определения величины тока, проходящего через УЗИП первой ступени защиты в случае прямого удара молнии в здание, защищённое системой внешней молниезащиты, рекомендуется исходить из конфигурации системы заземления и уравнивания потенциалов здания, а также подведенных к нему коммуникаций (трубопроводов, электропитающих кабелей, кабелей связи и передачи информации и др.). На рисунке 4 приводится классический пример распределения грозового тока в объекте, подвергнутом прямому удару молнии (МЭК 61024-1-1; МЭК 61643-12) [2].



Для определения распределения токов между металлическими элементами конструкции здания при попадании молнии в систему внешней молниезащиты, необходимо рассчитать сопротивления заземляющих устройств, трубопроводов, электропитающего ввода, ввода кабелей связи и т.п.

Расчет необходимо производить исходя из максимального значения грозового тока I_{imp} (10/350 мкс) в зависимости от уровня защиты объекта от прямого удара молнии [3, с. 75–80]. Далее, определить для каждого провода системы электропитания значение импульсного тока формы (10/350 мкс), который может в нем протекать и который должно гарантированно отвести защитное устройство класса I. После этого выбрать защитное устройство с некоторым запасом (20–30 %), учитывая возможную неравномерность растекания токов по различным проводникам [4, с. 150].

В случае изменения исходных данных, т.е. числа вводов в объект, типа системы электропитания, количества проводов в кабеле и т.д., итоговые значения также могут существенно измениться. При этом изменения могут произойти как в сторону уменьшения импульсных токов, так и в сторону их возрастания. В случае применения экранированных кабелей большая часть токов растекается через экранные оболочки, что лишний раз подтверждает необходимость применения данных кабелей на объектах с повышенными требованиями к защищенности от удара молнии.

ВЫВОДЫ

Приведенные выше заключения истинны для объектов, оборудованных системой внешней молниезащиты и имеющих кабельный подземный ввод электропитания. Ситуация может серьезно усложниться в случае наличия воздушного ввода электропитания. Элементарный расчет показывает, что при прямом попадании молнии с током $I_{\text{имп}} = 200 \text{ кА}$ (10/350 мкс) и при условии его равномерного распределения по четырем проводам системы TN-C, импульсные токи в каждом проводе будут иметь значения около 50 кА. Стеkanie этих токов на землю будет осуществляться в две стороны: через оборудование низковольтной стороны под станции и элементы электроустановки объекта в примерном соотношении 1:1 [5, с. 68]. Таким образом, в каждом проводе на вводе электропитающей установки объекта мы будем иметь ток величиной 25 кА (10/350 мкс). Если предположить, что равномерного растекания токов по какой-то причине не произошло, то это значение может возрасти до 45–50 кА и более.

На объекте, особенно при наличии внешней молниезащиты, должна быть хорошая, грамотно сделанная система заземления. Она минимизирует занос тока молнии на главную заземляющую шину (ГЗШ) и, соответственно, к оборудованию. В здании должна быть система уравнивания потенциалов, не позволяющая возникать большой разности потенциалов между отдельными частями конструкции здания и оборудованием.

Важно отметить, что оба эти мероприятия защищают от поражения электрическим током не только оборудование, но и людей. Грамотная прокладка и экранирование проводов и кабелей значительно уменьшает вредное воздействие перенапряжений на оборудование. Исходя из анализа электромагнитной обстановки следует перейти к оценке возможных рисков и оценить необходимость применения устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) или ограничителей перенапряжений (ОПН).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ИЕС-61024-1-1 (1993-09): «Молниезащита строительных конструкций. Часть 1. Основные принципы. Руководство А : Выбор уровней защиты для молниезащитных систем» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.energo-montage.ru

2 Межгосударственный стандарт. ГОСТ ИЕС 61643-11-2013. Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 11. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к низковольтным системам распределения электроэнергии. Требования и методы испытаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35513700

3 Кислов, А. П., Шапкенов, Б. К., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б. Вопросы нормализации показателей качества электроэнергии // Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г. – Т. 19. – С. 75–80.

4 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.

5 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 06.02.19.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, М. Е. Волгин⁵

1000 В дейін электр дәмеленетін желілерден найзағайлардан қорғаулар сұрақтары

¹«ХимПарк Тараз» ЕЭА БҚ» АҚ,
Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4,5}С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

*A. B. Kaidar*¹, *M. B. Kaidar*², *B. K. Shapkenov*³, *V. P. Markovskiy*⁴,
*M. E. Volgin*⁵

The issues of lightning protection of electrical supply networks up to 1000 V

¹JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,
Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

²JSC «KazTransGas»,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;
^{3,4,5}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада негізгі қағидалары болып табылатын «аймақтық қорғау тұжырымдамасы» деп аталатын:

– бір-бірімен электр байланысқан және объект ішіндегі сыртқы электромагниттік әсерлердің әсерін азайту үшін экрандайтын ортаны құрайтын металл элементтері (арматурасы, қаңқалары, көтергіш элементтері және тағы сол сияқты) бар құрылыс конструкцияларын қолдану;

– жерге тұйықтау және потенциалдарды теңестіру дұрыс орындалған жүйесінің болуы;

– объектіні шартты қорғау аймақтарына бөлу және асқын кернеуден қорғайтын арнайы құрылғыларды қолдану;

– қауіпті әсер етуге немесе Нысананы тудыруға қабілетті Басқа жабдықтар мен өткізгіштерге қатысты қорғалатын жабдықтарды және оған қосылған өткізгіштерді орналастыру ережелерін сақтау.

Найзағай кернеулерінен қорғау бойынша ұсыныстар берілді.

The article describes the so-called «Zonal concept» of protection, basic principles of which are:

– the use of building structures with metallic elements (valves, frames, bearing elements, and the like), electrically connected and a grounding system, and forming a shielding environment to reduce the effect of external electromagnetic influences within the object;

– a properly executed system grounding and potential equalization;
– division of an object into the conditional protection zones and the use of special protection devices against overvoltages;

– observance of rules of placing of the equipment and connected to the conductors relative to another of the equipment and conductors, is capable of having adverse effects or cause interference.

Recommendations for protection against lightning surges.

ГРНТИ 44.29.01

A. B. Kaidar¹, ***M. B. Kaidar***²,
B. K. Shapkenov³, ***V. P. Markovskiy***⁴

¹м.т. и т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²1m.kaidar@amangeldygas.kz;

³argin_intel@mail.ru; ⁴wadim54@mail.ru

ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ СЕТЕЙ

Настоящий этап развития техники и технологии характеризуется тем, что электрооборудования, в том числе электронного, на объектах народного хозяйства и в быту становится всё больше и больше, а само оборудование становится всё сложнее и дороже. А чем сложнее оборудование, тем оно чувствительней к различным перенапряжениям и помехам.

В данной статье рассматриваются отдельные вопросы защиты оборудования от микросекундных импульсных перенапряжений большой мощности, приходящих по цепям питания. Защита от таких перенапряжений – вопрос комплексный и в рамках одной статьи неподъемный, поэтому в статье внимание акцентируется на одном аспекте этой защиты – применении устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП).

Ключевые слова: перенапряжения и помехи, устройство для защиты от импульсных перенапряжений, импульсные перенапряжения, заземляющие устройства, потенциаловыравнивающий разрядник, гальваническая развязка, уравнивание потенциалов.

ВВЕДЕНИЕ

Устройство для защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП): устройство, которое предназначено для ограничения переходных перенапряжений и отвода импульсов тока. Это устройство содержит, по

крайней мере, один нелинейный элемент». Стандарт распространяется на устройства для защиты электрических сетей и электрооборудования при прямом или косвенном воздействии грозовых или иных переходных перенапряжений. Данные устройства предназначены для подсоединения к силовым цепям переменного тока частотой 50–60 Гц на номинальное напряжение до 1000В (действующее значение) или 1500В постоянного тока.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для того чтобы надежно защитить любой объект от воздействия любого вида перенапряжений, в первую очередь необходимо создать эффективную систему заземления и уравнивания потенциалов. При этом желателен переход на системы электропитания TN-S или TN-CS с разделенными нулевым и защитным проводниками. Этот переход важен не только с точки зрения защиты от импульсных перенапряжений, но и для повышения уровня электробезопасности обслуживающего персонала. Следующим шагом должна стать установка защитных устройств.

Существуют две основных схемы включения защитных устройств в электропитающую линию (рисунок 1).

Схема (а) предназначена, в первую очередь, для защиты от синфазных (продольных) перенапряжений (провод – земля), схема (б), соответственно, от противофазных (поперечных) перенапряжений (провод – провод). Полученные в целой серии экспериментов данные, а также результаты статистических исследований, проводимых фирмами – производителями защитных устройств, показали, что более высокую опасность для защищаемого оборудования представляют собой противофазные (поперечные) перенапряжения (на клеммах электроприемников L/N), по сравнению с продольными перенапряжениями (на клеммах электроприемников L/PE и N/PE). При проектировании различных ступеней защиты возможно комбинирование этих схем.

Схема подключения защитных устройств для сети типа TN-S приведена на рисунке 2. Устройства защиты от перенапряжений (УЗИП) I, II и III классов включаются между фазными проводниками (L1, L2, L3) и нулевым рабочим проводником (N) для ограничения противофазных перенапряжений (провод – провод). Для ограничения синфазных перенапряжений (провод-земля) в каждой ступени защиты между проводниками N и PE устанавливается разрядник соответствующего класса защиты.

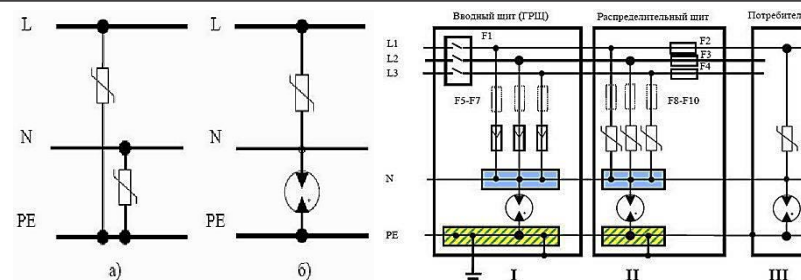


Рисунок 1 – Схемы защиты от:
а) Синфазных и
б) Противофазных перенапряжений

Рисунок 2 – Вариант установки устройства защиты от перенапряжений (УЗИП) в TN-S сеть

Одним из преимуществ данной схемы является то, что разрядники в цепи N – PE позволяют обеспечить гальваническую развязку этих проводников, а следовательно, и лучшую помехозащищенность оборудования связи или обработки информации. Известно, что нулевой рабочий проводник практически всегда находится под каким-то потенциалом (от единиц до десятков вольт), зависящим от симметричности распределения нагрузки по фазам. Так же при работе импульсных нагрузок (например, импульсных выпрямителей с преобразованием частоты) в нулевом рабочем проводнике появляются высшие гармоники рабочей частоты сети 50 Гц. Все эти помехи могут приводить к ошибкам и сбоям в работе сверхчувствительных нагрузок через цепи заземления и уравнивания потенциалов, т.е. через PE проводники. Применение системы электропитания типа TN-S с разрядниками в цепи N – PE позволяет свести эти влияния к минимуму.

В некоторых случаях возможно также применение устройств защиты в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 3.

В данном случае УЗИП классов I и II включаются между токоведущими проводниками (L1, L2, L3, N) и нулевым защитным проводником (PE) для ограничения синфазных перенапряжений (провод – земля). УЗИП класса III включаются в соответствии с предыдущей схемой для ограничения противофазных перенапряжений (провод – провод) непосредственно около защищаемого оборудования.

При установке защитных устройств необходимо, чтобы расстояние между соседними ступенями защиты было не менее 10 метров по кабелю электропитания. Выполнение этого требования очень важно для правильной работы (координации срабатывания) защитных устройств. При монтаже устройств защиты от импульсных перенапряжений необходимо учитывать

то, что расстояния между главной заземляющей шиной, щитком защитным и вводным щитом объекта должны быть минимальными. РЕ проводники должны прокладываться возможно кратчайшими путями. При подключении силовых кабелей к щитку необходимо избегать совместной прокладки защищенного и незащищенного участков кабеля, а также защищенного кабеля и кабеля заземления. Перенапряжения с очень крутым фронтом, за счет увеличения индуктивного сопротивления металлических жил кабеля при протекании по ним импульса тока, на них возникает падение напряжения, которое оказывается приложенным к первому каскаду защиты. Таким образом, достигается его первоочередное срабатывание (обеспечивается необходимая временная задержка в нарастании импульса перенапряжения на следующей ступени защиты). Такие же требования предъявляются при подключении третьей ступени защиты.

В случае необходимости размещения УЗИП на более близком расстоянии или рядом необходимо использовать «искусственную линию задержки» в виде импульсного разделительного дросселя с индуктивностью не менее 6–15 мкГн. Выбор величины индуктивности зависит от того, каким образом осуществляется ввод электропитания в объект. При подземном вводе (когда в первом каскаде защиты установлены варисторы) величина индуктивности может быть взята меньшей (порядка 6 мкГн), при воздушном вводе (в первой ступени установлены разрядники) это значение должно быть не менее 12–15 мкГн (рисунок 4). Это объясняется разным временем срабатывания разрядников и варисторов.

При установке дросселей необходимо учитывать, что рабочие токи нагрузки в фазных проводниках не должны превышать предельно допустимые значения, указанные в техническом паспорте на данные устройства.

При необходимости и для удобства монтажа и обслуживания устройства защиты могут размещаться в отдельном щитке. Причем в одном щитке могут быть установлены ограничители перенапряжения всех трех классов. Это становится возможным в случае установки между ними разделительных дросселей. Пример схемы подключения к электроустановке защитного щитка с двумя ступенями защиты приведен на рисунке 5.

К нагрузочной стороне вводного автомата подключается вход щитка, к силовой стороне групповых автоматов – выход щитка. Заземление щитка должно осуществляться на главную заземляющую шину объекта или РЕ шину вводного щита (ГРЩ). Основные требования по монтажу и подключению главной заземляющей шины (ГЗШ) изложены в главе 1.7 ПУЭ (7-е издание) [1].

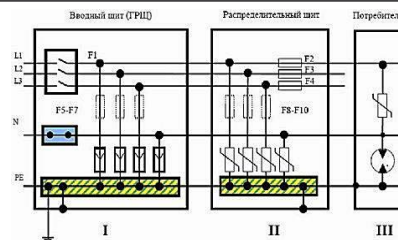


Рисунок 3 – Вариант установки УЗИП в TN-S сеть 220/380 В

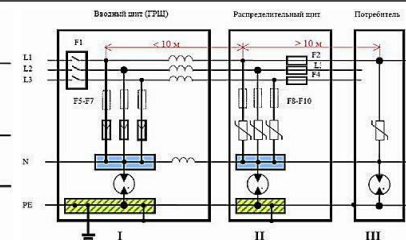


Рисунок 4 – Вариант установки УЗИП с использованием дросселей в TN-S сеть 220/380 В

Выше были рассмотрены схемы включения устройств защиты от импульсных перенапряжений в электропитающие сети типа TN-S. Существующие на практике объекты чаще всего имеют вводы электропитания, выполненные по схеме TN-C (четырёх проводная схема электропитания с глухо заземленной нейтралью трансформатора на подстанции). На объектах, которые подвергались реконструкции или модернизации, как правило, схема электропитания соответствует типу TN-C-S. То есть внутренняя часть объекта выполняется по схеме TN-S (пяти проводной), внешняя соответственно по типу TN-C (четырёх проводной). На рисунке 6 приведен пример установки защитных устройств для TN-C-S сети электропитания радио объекта контейнерного типа.

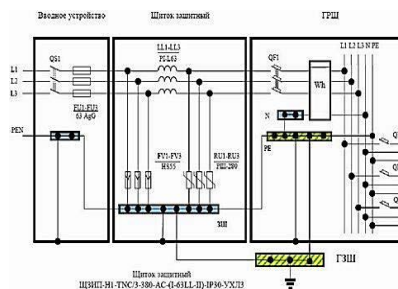


Рисунок 5 – Установка щитка ЩЗИП в 3-х фаз-ную TN-C-S сеть

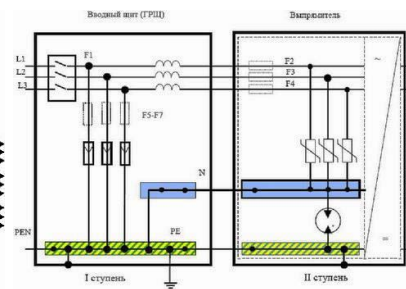


Рисунок 6 – Включение УЗИП в TN-C-S сеть 220/380 В

Из схемы на рисунке 6 видно, что первая ступень защиты на разрядниках I класса размещена во вводном щите. Учитывая, что ввод электропитания выполнен четырёх проводным, в этой ступени защиты разрядник между проводниками N – РЕ не устанавливается. Далее, после точки разделения PEN

проводника на N и PE проводники и удалении от этой точки по кабелю на расстояние более 5 м, т.е. там, где будет находиться вторая ступень защиты, разрядник в цепи N – PE уже должен быть установлен. Объяснение этому очень простое: при удалении двух точек на расстояние порядка 10 м между ними уже может появиться достаточно большая разница потенциалов за счет индуктивного сопротивления соединяющего их проводника при воздействии на объект высокочастотных грозовых токов [2, с. 67].

Вторая ступень для данного объекта (как вариант) может быть размещена в стойке выпрямителя на DIN-рейке панели ввода. Но наиболее правильным решением было бы размещение защитных устройств II класса либо в отдельном защитном щитке рядом с выпрямителем, либо непосредственно в том же вводном щитке (рисунок 7).

В обоих случаях между ступенями защиты должны быть установлены разделительные дроссели, так как габариты контейнерного объекта в большинстве случаев не позволяют обеспечить выполнение требований по их размещению на расстоянии более 10 м [3, с. 103].

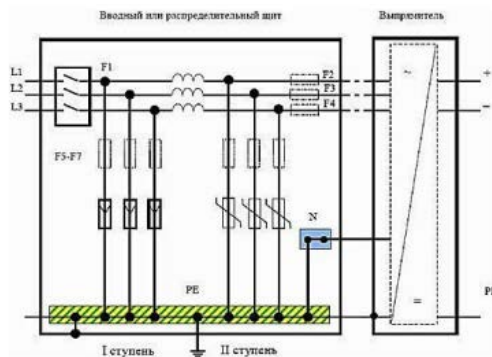


Рисунок 7 – Вариант включения УЗИП в TN-C-S сеть 220/380 В

Очень часто возникает ситуация, когда сложная электронная аппаратура (оборудование связи или обработки информации) при подключении ее к защитному заземляющему устройству объекта отказывается работать из-за наличия некоторого (отличающегося от нулевого) потенциала или больших помех на элементах системы заземления. Обычно в подобных случаях используется специальное дополнительное заземляющее устройство, электрически не связанное с защитным заземлением (так называемое функциональное заземление). При этом сразу же встает вопрос защиты оборудования, подключенного к такому заземляющему устройству, от перенапряжений, возникающих, например, при ударе молнии в систему

молниезащиты здания. Для уравнивания очень большой разности потенциалов, возникающей в этом случае, между двумя независимыми заземляющими устройствами (защитным и функциональным) может устанавливаться специальный потенциаловыравнивающий разрядник, который в исходном состоянии обеспечивает гальваническую развязку между этими заземляющими устройствами, а при возникновении перенапряжений кратковременно соединяет их, уравнивая потенциалы.

Существует международный стандарт МЭК 62305-2 [4] по оценке рисков, связанных с молниезащитой. стандарты не содержат методики расчета или четких рекомендаций о необходимости применения специализированных защитных устройств. Поэтому приходится проводить экспертную оценку, основываясь на результатах анализа комплексной ситуации электромагнитной обстановки объекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Последняя редакция ПУЭ 6–7 (по состоянию на январь 2018 года) rukipro.ru > Справочная [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rukipro.ru/spravka/pue-6-i-7-izdanie.html>.
- 2 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кере-ку, 2016. – 153 с. ISBN978-601-238-674-5.
- 3 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.
- 4 Государственный стандарт Республики Казахстан Республики Казахстан 12.08.2011 ... ИЕС 62305-2:2005 Защита от атмосферного электричества. Требования и методы испытаний [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://bestprofi.com/document/519458805>

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴

Төмен вольтты желілер үшін импульсті асқын кернеулерден қорғау

¹«ХимПарк Тараз» ЕЭА БҚ» АҚ,

Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 06.02.19 баспаға түсті.

A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³, V. P. Markovsky⁴

The surge protection for low-voltage networks

¹JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,
Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

²JSC «KazTransGas»,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Техника мен технологияны дамытудың осы кезеңі электр жабдықтары, оның ішінде электронды, халық шаруашылығы объектілерінде және тұрмыста көп болып, ал жабдықтың өзі күрделі және қымбат болып отыруымен сипатталады. Ал жабдық күрделі болған сайын, ол әртүрлі асқын кернеулер мен кедергілерге сезімтал болады.

Бұл мақалада қоректену тізбектері бойынша келетін үлкен қуатты микросекундты импульстік асқын кернеулерден жабдықтарды қорғаудың жеке мәселелері қарастырылады. Мұндай асқын кернеулерден қорғау-кешенді мәселе және бір мақала шеңберінде алынбай-тын мәселе, сондықтан мақалада назар осы қорғаудың бір аспектісіне – импульстік асқын кернеулерден қорғау құрылғыларын (ИАКҚК-УЗИП) қолдануға аударылады.

The present stage of development of the techniques and technologies is characterized by the fact that electrical equipment, including electronic, on objects of the national economy and in everyday life is becoming more and more, complicated and the equipment itself is becoming more and more expensive. And the more complex the equipment the more sensitive it is to different surges and interference.

This article discusses some issues of protection of the equipment from microsecond surge of great power is coming to power circuits. Protection from such surges is a multifaceted issue difficult for one article, so this article focuses on one aspect of this protection the application of surge protection devices (SPD).

ГРНТИ 44.29.01

**А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², А. Ш. Алимгазин³,
А. П. Кислов⁴, В. П. Марковский⁵, Б. К. Шапкенов⁶**

¹м.т. и т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³директор, НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии», д.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁶к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²m.kaidar@amangeldygas.kz;

³alimgazin_altai <alimgazin_altai@mail.ru>; ⁵wadim54@mail.ru;

⁶argin_intel@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОСВЕЩЕНИИ Г. АКСУ

В статье рассмотрены технологии энергосбережения и энергоэффективности в области организации городского наружного освещения, проблемы в области энергосбережения и энергоэффективности в городских сетях наружного освещения г. Аксу.

Приведены мероприятия по совершенствованию светильников и светотехнического оборудования, эксплуатации и модернизации городского электроосветительного хозяйства.

Описаны технологии в системах уличного освещения, позволяющие получить большой экономический эффект.

Приведены цифровые данные по расходу электроэнергии до модернизации освещения города и после.

Ключевые слова: энергосбережение, сети наружного освещения, энергоэффективность, натриевые светильники, светодиодное освещение.

ВВЕДЕНИЕ

В большинстве населенных пунктов РК имеет место сильный физический износ осветительного оборудования, освещенность дорог ниже нормы в 2–3 раза, светильники имеют устаревшую конструкцию (эксплуатация отражателя без защиты от попадания влаги и пыли приводит к потере светотехнических характеристик и снижению КПД), в светильниках используются низкоэффективные лампы накаливания (светоотдача 12 лм/Вт) и ртутные лампы типа ДРЛ (светоотдача 55 лм/Вт).

Задачи энергосбережения и повышения энергоэффективности установок наружного освещения населенных пунктов и городов являются очень важными, так как доля расходов на оплату электроэнергии составляет более 40 % от общих затрат на эксплуатацию систем. При том, что в нашей стране потенциал экономии электроэнергии в рассматриваемой сфере благоустройства городского освещения составляет более 50 %. Столь значительный масштаб заставляет всерьез задуматься о массовом внедрении современных энергосберегающих и энергоэффективных систем в наружном освещении. В связи с этим в многочисленных государственных и областных программах в области модернизации наружного освещения предусматриваются различные мероприятия в области энергосбережения в сетях наружного освещения. Планы и программы включают различные мероприятия, начиная от замены ртутьсодержащих светильников и ламп накаливания на энергосберегающие с натриевыми или светодиодными лампами, заканчивая внедрением автоматизированных систем управления наружным освещением.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рост затрат на электрическую энергию и техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) заставил городской Акимат Аксу изучить долгосрочные устойчивые варианты повышения эффективности работы городского освещения. На сегодняшний день потребление электроэнергии системой городского освещения составляет свыше 3476 тыс. кВтч/год, и эта цифра постоянно растет в результате износа инфраструктуры электросетей, растущего потребления и неэффективного управления работой системы.

В городе заменят 2646 натриевых светильников на светодиодные. Потребление натриевыми светильниками составляет 3476 тыс. кВт час в год. Потребление после замены снизится до 680 тыс. кВт час в год, то есть снизится в 6 раз.

В связи с этим, город Аксу вынужден был заниматься поиском альтернативных способов экономии электричества, таких как использование энергосберегающих технологий наподобие светодиодов, и организация

централизованной системы управления и мониторинга, для сокращения расходов на услуги ТОиР. Замена существующих натриевых (HPS) и ртутных (MV) ламп на светодиодные (LED) является успешным подходом [1]. Тем не менее, необходимо учитывать вопросы утилизации замененных ламп, которые могут представлять опасность для окружающей среды при неправильной утилизации. В этой связи, необходимо учитывать положения местного и международного экологического законодательства. К сожалению, существующее природоохранное законодательство Республики Казахстан содержит немного информации, имеющей отношение к проекту. Нормативные положения не охватывают вопросы утилизации опасных материалов [2], относящихся к проекту, и не предлагают решения для процедур утилизации, поэтому, хотя настоящий отчет соответствует всем этим положениям, некоторые нормы и хорошие идеи были заимствованы из политик по экологическому регулированию ООН и США, а именно:

1) Рамочная директива «Об отходах» ЕС (директива 2008/98/ЕС) Европейского парламента и Совета от 19 ноября 2008 года по отходам и отмене некоторых Директив (отменяет следующие директивы: Директива 2006/12/ЕС Европейского парламента и Совета от 5 апреля 2006 года по отходам (кодифицированный вариант с поправками Директивы Совета ЕС 75/442/ЕЕС); Директива 91/689/ЕЕС «Об опасных отходах»; Директива 75/439/ЕЕС «Об устранении отработанных масел») – она предоставляет общие принципы требований к управлению отходами и устанавливает базовые определения в сфере управления отходами для Европейского Союза; 2) Решение 2000/532/ЕС – устанавливает список отходов; (3) Регламент (ЕС) № 1013/2006 Европейского Парламента и Совета от 14 июня 2006 года о транспортировке отходов.

Для лучшего понимания необходимости специальных нормативов для утилизации ртути и натрия, сначала необходимо описать, почему эти металлы представляют опасность.

Ртуть (химический символ Hg) является тяжелым металлом, который встречается в нескольких формах, и все эти формы могут оказывать токсичное воздействие в опасных дозах. Это одно из веществ, которое представляет наибольшую опасность для здоровья человека. Термометры старого типа, некоторые батареи, люминесцентные лампы, амальгама для зубной пломбы и электротехническая продукция, например, выключатели, содержат ртуть.

Ртуть является ядовитым веществом и может оказывать воздействие на центральную нервную систему и почки человека. Одна чайная ложка ртути может вызвать заражение озера среднего размера. Ртуть накапливается в организмах животных и человека, и может потенциально нанести вред не

рожденному ребенку. В Швеции, беременным женщинам рекомендуется воздержаться от употребления в пищу рыбы из пресноводных озер. По информации шведских органов, в 50000 озерах уровень ртути превышает допустимые нормы. Отравление ртутью (также известное как гидраргиризм или меркуриализм) является болезнью/синдромом, вызываемым воздействием ртути или ее соединений. Токсичное воздействие включает повреждение мозга, почек и легких. Меркуриализм может привести к серьезным болезням, включая акродинию (полинейропатическая эритродермия), синдром Хантера-Рассела, и болезнь Минаматы. К симптомам относятся – расстройства органов чувств (зрение, слух, речь), расстройства восприятия и недостаточная координация. Тип и степень выраженности симптомов зависит от конкретного токсина, дозы, способа и продолжительности воздействия. Ртуть может попасть в окружающую среду несколькими путями (рисунок 1). Например, если предмет с содержанием ртути был выброшен в мусор, ртуть может попасть в атмосферу с испарениями со свалки или с водой, просочившейся со свалки в грунт, или ртуть может испариться в воздух если мусор сжигается. Если ртуть смывается в канализацию, то вероятнее всего ртуть окажется в осадке сточных вод, где имеется вероятность ее улетучивания и осаждения в другом месте.

Ртуть может попасть в атмосферу различными способами, так как она легко испаряется. Затем она переносится по воздуху в парообразном состоянии.

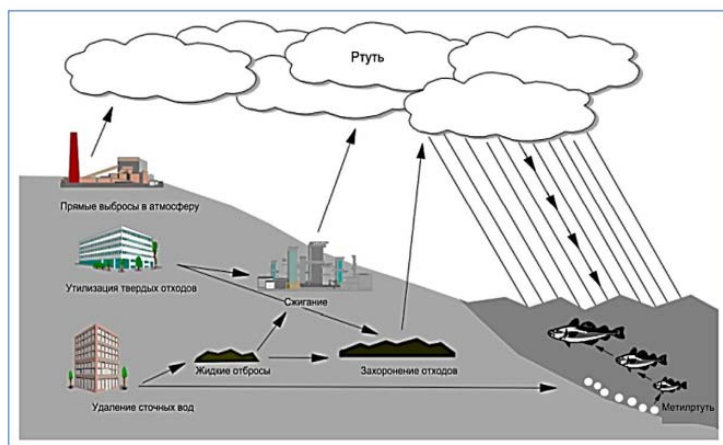


Рисунок 1 – Перенос ртути в природе и биоаккумуляция в живых организмах

После того, как ртуть осаждается в озерах и ручьях, бактерии переводят часть ртути в органическую форму, называемую ме-тилртуть. Это форма ртути, которая попадает в организмы живот-ных и людей при употреблении некоторых видов рыбы. Метилртуть особенно опасна, так как происходит ее биоаккумуляция в окружающей среде. Процесс биоаккумуляции происходит при кон-центрации метилртути в тканях рыбы, так как крупная рыба питается мелкой рыбой. Щука длиной 22 дюйма весом в два фунта может содержать ртуть в количестве, в 225000 раз превышающем ее содержание в окружающей воде.

Это существенные концентрации, если рассматривать потенциальное токсическое воздействие метилртути. Метилртуть влияет на нервную систему человека и может привести к тому, что у человека понизится способность ходить, говорить, видеть и слышать. В крайних случаях, высокий уровень потребления метилртути приво-дит к коме или смерти.

Многие животные, питающиеся рыбой, также накапливают ме-тилртуть. Исследования, проведенные агротехнологическим факультетом ПГУ показывают высокое содержание ртути в живых организмах. На озере Былкылдак на территории бывшего Химзавода – в северной промышленной зоне города Павлодара было обнаружено существенное превышение ртути в тканях норки, выдры и гагары [1]. Ртуть отрицательно сказывается на репродуктивной способности животных и приводит к потере веса или преждевременной смерти.

Натрий является опасным веществом, которое вступает в реакцию с водой, при этом высвобождается чрезвычайно горючий газ, который вызывает ожоги. Также могут быть другие опасности, которые требуют осторожности при обращении и утилизации/повторном использовании натриевых ламп. Металлический натрий вступает в реакцию с водой с выделением тепла. Разбитые или сломанные лампы, контактируя с водой или сырым воздухом, могут образовывать очень горючий газообразный водород, а также коррозионный гидроксид натрия. Может потребоваться дополнительное проведение оценки, чтобы понять, являются ли методы обращения с отходами источниками подобных опасностей.

Для оценки качества освещения лампы, необходимо также учитывать срок ее службы. Как показано на рисунке 8, общее число часов работы светодиодных ламп в два раза больше [3, с. 174–184; 4, с. 281–285] часов работы натриевых ламп, и более чем в три раза больше часов работы ртутных ламп. Это очень важный факт для данного проекта, так как срок службы ртутных (MV) и натриевых (HPS) ламп, в настоящее время установленных в системе уличного освещения города Аксу, довольно небольшой. Единственные более или менее допустимые показатели только в ведомости по замене трубчатых натриевых ламп на 250 Вт, которые установлены на главных улицах. Частота отказов ламп в 2017 году составила примерно 29 %, что свидетельствует о

среднем сроке службы в 3,4 года. В жилых районах, наихудший показатель по частоте отказов приходится на трубчатые лампы на 150 Вт со значением 111 % в 2014 году, то есть, их срок службы составляет примерно 11 месяцев. Частота отказов ртутных (MV) ламп на 125 Вт в 2017 году составила 63 %, что говорит о том, что их срок службы составляет примерно 1,6 года.

Основные преимущества модернизации системы уличного освещения в Аксу.

Срок эксплуатации светодиодов намного превышает срок службы остальных типов осветительных ламп. Здесь главное, что со временем, основные показатели эффективности работы светодиодных ламп, такие как качество и мощность светового потока практически не меняются. Для сравнения оптимальный срок эксплуатации LED лампы составляет 100 тысяч часов, ДРЛ – 12 тысяч часов, ду-говых натриевых ламп – 25 тысяч часов, галогенных – до 3000 часов.

Использование светодиодов способствует огромной экономии (до 70 %) на потреблении электроэнергии в сравнении с ртутьсодержащими и газоразрядными типами ламп. Для примера, в лампах накаливания 95 % энергии теряется на выделение тепла.

Светодиодные светильники безопасны с экологической точки зрения и не требуют особой утилизации в отличие от люминесцентных и ДНАТ ламп, ДРЛ, которые содержат опасные вещества и смеси на основе ртути.

Светильники LED имеют высокую степень механической защиты за счет монолитной виброустойчивой конструкции корпуса прибора, выполненного на основе алюминиевого сплава.

Светодиодные лампы представлены широким модельным рядом для конкретных условий эксплуатации, охватываемых площадей, с возможностью изготовления приборов необходимой мощности под любой запрос клиента.

В отличие от ламп ДРЛ, которые медленно зажигаются и выходят на нужную мощность освещения только по истечению минимум десяти минут, светодиоды включаются моментально.

Светодиоды излучают свет высокой контрастности, позволяющей качественно освещать территорию в любое время суток с индексом цветопередачи в пределах 80 единиц. При этом коэффициент полезного действия равен 100 %.

ВЫВОДЫ

Модернизация систем наружного освещения обеспечила:

1 Повышение ресурса светодиодных источников света за счет автоматической управления режимами включения светодиодов в процессе их эксплуатации.

2 Введение автоматизированного контроля и прогноза ресурса источников света для проведения работ по техническому обслуживанию наружного освещения по текущему состоянию.

3 Снижение стоимости покупки и замены светодиодных светильников на основе гибкого функционального резервирования источников питания.

В настоящее время при модернизации систем освещения необходимо решать совместно технические и экономические вопросы внедрения новых высокоэффективных источников света, гибкого индивидуального управления источниками света в гибридных ком-плексах освещения.

Поэтому в Аксу внедрена система распределенного автоматизированного диспетчерского управления с гибкой итерационной структурой, с плавным регулированием яркости светильников уличного освещения с повышенными энергетической эффективностью, надежностью и качеством уличного освещения на основе централизованного автоматического и оперативнодиспетчерского управления режимами светодиодных источников света.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Легенды озера Былкылдак – Территория выживания. [Электронный ресурс]. – www.time.kz/articles/territory/2014/06/25/legendi-ozera-bilkildak.

2 Ртутное загрязнение в Павлодаре – Mercury Pollution at Pavlodar/ Б. К. Шапкенов, В. А. Бедненко, С. А. Адамжанов, Ж. Ш. Алиев, Т. К. Камашев// [Электронный ресурс]. – hg-pavlodar.narod.ru/ru/bm/biomercury.htm

3 **Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К., Кушкулов, Р. К., Кот, Е. Н., Кайдар, М. Б., Амренова, Д. Т.** Снижение энергетических затрат на АО «Каустик» // Вестник ПГУ, ISSN: 1811-1858. Серия энергетическая. – № 1. 2017. – С. 174–184.

4 **Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Жакып, К. Б., Джансаринов, К. Е., Оспанова, Ж. М. Шапкенов, Б. К.** Энергияны үнемдеу шамдарының жұмыс режимдерін зерттеу // Сборник Международной научно-практической конференции «ҮІІ Торайгыровские чтения. Качество жизни в Павлодарской области. Состояние и перспективы», посвященной 55-летию Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова. – Павлодар, 2015. – Т. 5. – С. 281–285. ISBN 978-601-238-552-6.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

*A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², A. Sh. Alimgazin³, A. P. Kislov⁴,
V. P. Markovskiy⁵, B. K. Shapkenov⁶*

Ақсу қаласын жарықтандыруда энергия үнемдеуші технологияларды қолдану

¹«ХимПарк Тараз» ЕЭА БҚ» АҚ,
Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{4,5,6}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

*A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², A. Sh. Alimgazin³, A. P. Kislov⁴,
V. P. Markovskiy⁵, B. K. Shapkenov⁶*

Application of energy-saving technologies in lighting Aksu

¹JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,
Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

²JSC «KazTransGas»,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

³L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{4,5,6}S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада қалалық сыртқы жарықтандыруды ұйымдастыру саласындағы энергия үнемдеу және энергия тиімділігі технологиялары, Ақсу қаласының сыртқы жарықтандыру желілеріндегі энергия үнемдеу және энергия тиімділігі саласындағы мәселелер қарастырылған.

Шамдарды және жарық техникалық жабдықтарды жетілдіру, мемлекеттік электр жарықтандыру шаруашылығын пайдалану және жаңғырту бойынша іс-шаралар келтірілген.

Үлкен экономикалық нәтиже алуға мүмкіндік беретін көшені жарықтандыру жүйелерінде технологиялар сипатталған.

Қаланың жарықтандыруын жаңғыртуға дейін және кейін электр энергиясының шығыны бойынша сандық деректер келтірілген.

The article describes the technology of energy conservation and efficiency in the organization of urban outdoor lighting, problems in the field of energy saving and energy efficiency in urban networks of outdoor lighting of Aksu.

Given actions for the improvement of lamps and lighting equipment, operation and modernization of go-electrical's urban economy.

Described the technologies in street lighting systems allowing to obtain a great economic effect.

The article provides data on energy consumption before the upgrade, the lighting of the city and beyond.

**А. П. Кислов¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов³,
А. Ш. Алимгазин⁴, А. Б. Кайдар⁵, М. Б. Кайдар⁶**

¹к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴директор НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии», д.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика» Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁵м.т. и т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

⁶менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, Республика Казахстан
e-mail: ²wadim54@mail.ru; ³argin_intel@mail.ru; ⁴alimgazin_altai;

⁵1m.kaidar@amangeldygas.kz; ⁶argin_intel@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ЗЕЛЕНое ОТОПЛЕНИЕ» ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТА ДЕТСКИЙ ЭКО-ТЕХНОЦЕНТР Г. АКСУ

Проект «Применение технологии «зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» Международной специализированной выставки ЕХРО-2017» под руководством Алтая Алимгазина был представлен в числе 15 лучших проектов от Республики Казахстан в национальном Павильоне Казахстана «Нур алем» ЕХРО-2017. Данный проект, прошел жесткий отбор в конкурсе лучших научных проектов ученых страны в области альтернативной и возобновляемой энергетики, проведенном Министерством энергетики и МОН Республики Казахстан в 2016–2017 гг.

В странах, где активно проводится политика энергосбережения и осуществляется переход на использование источников возобновляемой энергии, внедряются экспериментальные пилотные проекты, позволяющие оценить преимущества и недостатки тех или иных инновационных решений. Предлагаем ознакомиться с Казахстанским проектом установки тепловых насосов в Павлодарской области для

теплоснабжения детского эко-техноцентра, построенного в Аксу в 2018-м году.

Ключевые слова: энергосбережение, тепловые насосы, альтернативная энергетика, удаленные потребители.

ВВЕДЕНИЕ

В Казахстане за последние десять лет тема тепловых насосов стала весьма актуальной. Этому способствует тот факт, что многие наши сограждане побывали в странах, где газ стоит невероятно дорого, а использование тепловых насосов для отопления и приготовления горячей воды увеличивается в геометрической прогрессии, поскольку из-за высокой стоимости энергоресурсов там это действительно выгодно. В Казахстане тарифы на газ пока гораздо гуманнее. Тем не менее, и у нас есть ряд факторов, способствующих популяризации тепловых насосов. Во-первых, постоянно усложняющаяся процедура подключения к существующим газовым сетям. Десятки «фирм-прилипал», делающих свой бизнес при монополии газовых хозяйств, согласования, комиссии, проверки, жалобы соседей на некрасивую трубу, идущую якобы по их земле, суды – все это растягивает процедуру подключения порой на годы, влетает «в копейку» и жутко выматывает нервы всем участникам процесса. Во-вторых, это рост тарифов: за 15 лет цена на газ для населения увеличилась, по разным источникам, на 500–600 %, при том, что инфляция с 2011 года составила 253 %. В 2011 году доллар был 146 тенге, а в 2018–370. И тенденции к снижению стоимости не предвидится. С 1 июля 2017 по 1 июля 2018 года (цена – КазТАГ) составляла 17 938 тенге за 1 тыс. кубометров [1].

Причем цена на газ ежегодно повышается на 10–15 %. Например баллон газа, который раньше стоил 1,5 тыс. тенге, сейчас стоит 2,5 тыс. тенге. Газ на автозаправках стоит 72 тенге за литр.

Поэтому в г. Аксу НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии» для отопления детского эко-техноцентра (20х60 м) предусмотрели отопление с помощью тепловых насосов. На отопление зоопарка установили 15 кВт теплонасос, а на теплицу эко-техноцентра – 20 кВт.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Экономические расчеты показали, что каждые 5 кВт электроэнергии потребляемые насосами вырабатывают 8 кВт тепла.

Напомним, что тепловой насос (рисунок 1) – это отдельный класс холодильных машин, использующих в своей работе физическое свойство вещества поглощать или отдавать тепло при переходе из одного агрегатного состояния в другое. В нашем случае энергия окружающей среды при

помощи насоса преобразуется в тепловую энергию, необходимую для отопления и горячего водоснабжения ГВС. Процесс отбора энергии можно описать следующим образом. Охлажденный жидкий хладагент подается в теплообменник теплового насоса, так называемый испаритель. При подаче на испаритель более теплого наружного воздуха, солевого раствора или воды, циркулирующий в нем хладагент забирает у них необходимую энергию для испарения и переходит из жидкого состояния в газообразное. Компрессор всасывает газообразный хладагент и сжимает его (для этого требуется электроэнергия). При увеличении давления увеличивается температура. Далее хладагент направляется в расположенный за компрессором конденсатор и отдает полученное ранее тепло в замкнутый контур системы водяного отопления здание, переходя при этом в жидкое состояние, то есть конденсируясь. Затем с помощью расширительного клапана имеющегося остаточное давление снижается, и цикл начинается заново. Эта базовая схема применяется и в кондиционерах, и в обычных холодильниках [2, с. 28].



Рисунок 1 – Схема геотермальных (грунтовых) тепловых насосов

Для получения тепла от грунта, температура которого почти не подвержена сезонным колебаниям, используют грунтовые тепловые насосы, или иначе системы «солевой раствор–вода». Тепловую энергию грунта отбирает солевой раствор, который циркулирует по горизонтальному грунтовому теплообменнику первого контура (или системе вертикальных зондов) и прокачивается через испаритель теплового насоса, отдавая эту энергию хладагенту. Солевой раствор – это не содержащая соли незамерзающая жидкость на основе пропиленгликоля. Грунтовый тепловой насос – достаточно универсальная система, которую можно использовать практически повсеместно. Существует две разновидности грунтовых теплообменников: горизонтальный коллектор и геотермальный зонд. Первый занимает сравнительно большую площадь. Так, для обеспечения

теплом коттеджа площадью 200 м² потребуется коллектор площадью 4–6 соток, состоящий из труб, уложенных на глубине 1,5–2 м. Трубы размещают в специально вырытых траншеях при начальном строительстве здание либо укладывают потом в процессе глобальных ландшафтных работ. На территории, занятой коллектором, существуют ограничения на посадку кустов и деревьев и никакая застройка на этой площади не допускается. Основная причина заключается в том, что естественное нагревание грунта, остывшего за зиму, происходит во многом за счет дождевых осадков, выпадающих в летний период. Наличие любых построек ограничивает поступление их в почву, что приводит к недополучению грунтом тепловой энергии. Геотермальные зонды – это тот же самый теплообменник, трубы которого расположены не горизонтально, а вертикально. В зависимости от потребной мощности количество зондов может варьироваться. Например, для здания площадью 200 м² нужно пробурить три скважины глубиной около 80 м на расстоянии 5–6 м друг от друга. Таким образом, грунтовый теплообменник можно разместить рядом с зданием, забором или в любом другом удобном месте. Несмотря на высокую стоимость работ по бурению, сопоставимых со стоимостью оборудования, в Казахстане подавляющее большинство реализованных проектов [3, с. 42] приходится именно на системы с вертикальными коллекторами. Это вариант дороже, но он работает всегда и везде и обладает чуть большей эффективностью, чем горизонтальный коллектор. Водяной тепловой насос использует энергию грунтовых вод, которые прокачиваются (или проливаются) через испаритель теплового насоса. Грунтовые воды имеют постоянную температуру и обладают высокой теплоотдачей, что и обеспечивает повышенную эффективность и стабильность системы «вода–вода». С точки зрения эффективности наиболее предпочтительным является тепловой насос «вода–вода». Но для использования установки такого типа необходимо наличие под участком достаточного количества грунтовых вод (для стандартного коттеджа площадью 200–300 м² объемный расход воды должен составлять примерно 2–3 м³/ч, причем крайне желательно, чтобы водоносные слои находились сравнительно неглубоко (30–40 м). Совпадение этих двух параметров случается нечасто. Обычно водоносные слои требуемой производительности располагаются достаточно глубоко, а слои мелкого залегания (10–20 м), как правило, не способны обеспечить требуемый дебит. Еще одно условие, ограничивающее возможность использования энергии грунтовых вод, – это качество воды. Высокое содержание примесей или железа приводит к тому, что теплообменники будут быстро забиваться, и техника выйдет из строя. Впрочем, вопрос качества воды не является определяющим. В частности, возможно применение не пластинчатых, а трубчатых теплообменников,

отличающихся большими проходными сечениями, а потому не столь чувствительных к составу воды. Тем не менее на долю водяных тепловых насосов приходится всего 5–6 % всех реализованных в Казахстане проектов [4, с. 138].

Использование окружающего воздуха в качестве источника тепловой энергии не требует устройства дополнительного контура для сбора низкопотенциального тепла, поэтому первоначальные затраты на установку теплового насоса «воздух–вода» гораздо ниже, чем для других типов тепловых насосов. Однако низкая температура воздуха в зимний период значительно снижает эффективность воздушного теплового насоса в сравнении с тепловыми насосами другой конструкции. Действительно, насосы этого типа отличаются простотой установки – не нужно бурить скважины, нет необходимости в масштабных грунтовых работах, а подключение ничем не отличается от подключения обычного газового котла. В отсутствие затрат на дополнительные работы воздушный тепловой насос получается дешевле (суммарно по объекту), но у него есть один существенный недостаток: обычный тепловой насос «воздух–вода» эффективно работает до температуры -20°C . При дальнейшем понижении температуры коэффициент эффективности воздушного насоса снижается.

Коэффициент эффективности, или коэффициент мощности – это основной критерий оценки тепловых насосов, указывающий отношение полученной тепловой энергии к потребленной электрической. Для приборов «вода–вода» величина данного коэффициента в любое время года составляет около 5. Это означает, что при потреблении 1 кВт/ч электрической энергии установка производит 5 кВт/ч тепловой энергии. Для грунтовых тепловых насосов (в любое время года) эта величина лежит в диапазоне от 4 до 4,5. Коэффициент эффективности воздушных тепловых насосов снижается с понижением температуры на улице, и если при температуре воздуха 0°C эффективность системы «воздух–вода» примерно такая же, как у грунтовых систем (около 4), то при -20°C значение этого коэффициента не превысит 1,5. Проще говоря, в этом режиме тепловой насос на каждый затраченный киловатт электроэнергии выдает 1,5 кВт тепловой энергии. Казалось бы, потребитель все равно в «плюсе», но это не совсем так. Обычный электрический котел в этом случае будет намного дешевле, поэтому при постоянно низком коэффициенте эффективности об окупаемости воздушного теплового насоса попросту придется забыть.

В Казахстанских климатических условиях грунт полгода вымораживается, а затем в теплое время года восполняет запас тепловой энергии. Для горизонтального коллектора это восполнение происходит за счет внешних факторов – солнечное тепло плюс дождевые осадки, а для

геотермальных зондов – за счет температуры земли. Начиная с определенной глубины, температура грунта всегда остается положительной, но только до тех пор, пока не подключили тепловой насос. На глубинах свыше 10 м температура грунта стабильно держится на уровне $8-9^{\circ}\text{C}$, но при включении теплового насоса она начинает понижаться, и при правильно выполненном расчете за отопительный период температура вблизи зонда постепенно опускается до -2°C . При неправильном проектировании она может упасть и до -10°C , что приводит к выключению тепловых насосов из-за ограничения по температуре источника тепла. Под влиянием атмосферных и климатических факторов на протяжении летнего периода температура грунта восстанавливается до тех же $8-9^{\circ}\text{C}$.

В Казахстане бывает не только холодно. В наше короткое, но порой жаркое лето температура в здании превышает нередко 30°C . В отличие от котла тепловой насос способен не только отапливать, но и охлаждать здание. Для охлаждения здания существует два варианта. Первый – практически у всех производителей есть модификации тепловых насосов с интегрированным решением, которое обеспечивает не только отопление, но и кондиционирование здания. Второй – монтаж инженерного решения вне теплового насоса, реализуемое путем создания соответствующей гидравлической развязки, когда обычный тепловой насос можно использовать для работы на охлаждение. Оба варианта не отличаются сложностью и не требуют больших капиталовложений. Пассивное охлаждение осуществляется при помощи радиаторов отопления с хорошим обдувом или посредством холодного теплого пола. Датчик, установленный в контрольном помещении, измеряет влажность и температуру, а автоматика насоса задает температуру хладагента/теплоносителя на $1-2^{\circ}\text{C}$ ниже температуры в помещении. Это необходимо для того, чтобы на поверхности радиатора или теплого пола не образовывался конденсат. Таким образом, температура в помещении постепенно снижается. Однако при критично высоких значениях температуры на улице данный тип охлаждения может не справиться с задачей, да и к тому же холодный пол – это не комфортно. Еще вариант – использование холодных панелей на потоке или на стенах, но подобные системы удобны в помещениях больших масштабов, к которым частный здание не относится.

Максимально эффективным решением задачи охлаждения здания может стать использование фанкойлов – приборов, в чей корпус встроены пластинчатый теплообменник, обдуваемый вентилятором. Внешне они выглядят как внутренний блок кондиционера. Существуют как настенные, так и канальные фанкойлы. То есть блоки, скрытые в пространстве между перекрытием и потолком и применяемые как на одно, так и на несколько

помещений. Другой вариант – подключение контура теплового насоса к теплообменнику, встроенному в систему приточной вентиляции здания (при условии ее наличия в здании). Но у такой системы есть и «минус» – невозможность без серьезных затрат индивидуально настроить температуру в каждом из помещений здания.

Комфорт без горячей воды – не комфорт. Тепловой насос без проблем способен справиться с круглогодичным обеспечением ГВС. При проектировании здания и выделении площади для котельной следует учесть, что система низкотемпературная и температура воды в бойлере достигает всего 55–60 °С. Поэтому для бесперебойного снабжения здания горячей водой объем должен быть больше, чем в стандартной системе отопления, например, для семьи из четырех человек понадобится 300–400 л. Также при выборе бойлера надо помнить, что это должен быть специальный бойлер для теплонасосных установок. Его отличие – в площади теплообменника, необходимой для максимального отбора тепла от теплового насоса.

В случае с грунтовым тепловым насосом надобность в дополнительном источнике тепла практически отсутствует. Тем не менее многие производители нередко встраивают в свои тепловые насосы электрические нагреватели (ТЭНы), позволяющие в самом крайнем случае перейти на электрическое отопление. При этом установка ТЭНов обусловлена не низкой надежностью теплового насоса, а совершенно иными факторами. Дело в том, что подбор теплового насоса производится после проведения теплового расчета здания, и если этот расчет дал цифру, например 22 кВт, целесообразно устанавливать насос не с запасом, как это принято у нас, а с «недобором» – в данном случае 20 кВт будет вполне достаточно. Значение 22 кВт, полученное из теплового расчета, означает, что здание будет терять 22 кВт при температуре наружного воздуха –28 °С. При –25 градусах потери тепла будут меньше (примерно 20 кВт), а при –10 – еще меньше.

Тепловые насосы можно комбинировать и с другими генераторами тепла. В Казахстане чаще всего воздушные тепловые насосы комбинируют с котлами на жидком топливе или электричестве. Почему это может быть выгодно? Построенное много лет назад здание с дизельным или электрическим котлом из-за растущих цен на энергоносители обходится в содержании все дороже. Поиск оптимизации расходов приводит к смене энергоресурса. Подведение газа не всегда возможно. Выбор падает на воздушный тепловой насос, так как он требует значительно меньше капитальных затрат, чем водяной или грунтовой. При уличной температуре –10...–15 °С основным источником генерации тепла будет котел, а в остальное время – тепловой насос. Правда, есть несколько «но». Во-первых, следует учесть, что температура подающего и обратного контура системы отопления для теплового насоса 55–30 °С, а для

котла – 90–70 °С, и для того чтобы не заблокировать работу насоса, требуется подключать котел через буферную емкость. Во-вторых, необходимо согласовать работу автоматики котла и насоса. Обычно «ведущим» делают тепловой насос, так как современные европейские тепловые насосы могут управлять не только системой отопления, но и автоматически переключать источник генерации. И в-третьих, радиаторов рассчитанных на температуру теплоносителя 90–70 °С будет не хватать при температуре 55–30 °С, и их придется заменить на большие по теплоотдаче. Все это требует вложений. Но когда видишь растущие цены на дизель или электричество, эти затраты уже не кажутся такими серьезными.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 <https://abctv.kz/ru/last/na-15-mogut-vyrasti-s-1-iyulya-potrebitelskie-tarif-na-pri> [Электронный ресурс].

2 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Копырин, В. С., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Марковская, А. А., Файзулла, Д. Ф., Айтжанов, С. Е.** Диверсификация технологической базы инженерных систем жилья для минимизации энергопотребления // *Материалы Международной научно-практической конференции «Научные основы машхуроведения – национальная идея «Мәңгілік ел», посвященной 60-летию доктора филологических наук, профессора, машхуроведа Трушева Айтмухамета Касымбаевича.* – Павлодар, 2016. – С. 415–425. – ISBN 978-601-238-652-3.

3 **Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кайдар, А. Б.** «Инновационные методы электрообогрева в промышленности» // *Материалы международной научно-практической конференции «ҮІІ чтения Машхур-Жусипа».* – Павлодар, 2010. – 2 т., – С. 214–219. – 6 с.

4 **Кайдар, А. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Волгин, М. Е., Шапкенов Б. К.** Системное регулирование энергопотребления для оптимизации параметров систем электроснабжения // *Материалы международной научно-технической конференции «VI чтения Ш. Шокина», 10 октября 2014 года.* – С. 67–70. – ISBN 978-601-238-128-3.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

*А. П. Кислов¹, Б. К. Шапкенов², В. П. Марковский³, А. Ш. Алимгазин⁴,
А. Б. Кайдар⁵, М. Б. Кайдар⁶*

Ақсу қаласының Балалар эко техноорталығы объектісін энергиямен қамтамасыз ету үшін «Жасыл жылыту» технологиясын қолдану

^{1,2,3}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁴Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁵«ХимПарк Тараз» еркін экономикалық
аймағын басқару компаниясы» АҚ,

Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

⁶«ҚазТрансГаз» АҚ,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

*A. P. Kislov¹, B. K. Shapkenov², V. P. Markovsky³, A. Sh. Alimgazin⁴,
A. B. Kaidar⁵, M. B. Kaidar⁶*

Application of «Green heating» technology for energy supply of the Children Eco-Technocenter in Aksu

^{1,2,3}S. Toraihyrov Pavlodar State university,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁴L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁵JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,
Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

⁶JSC «KazTransGas»,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

«EXPO-2017 халықаралық мамандандырылған көрмесінің «энергия зерттеу орталығы» нысанын энергиямен қамтамасыз ету үшін «жасыл жылыту» технологиясын қолдану» жобасы Алтай Әлімгазиннің басшылығымен Қазақстанның «Нұр Әлем» EXPO-2017 Ұлттық павильонында Қазақстан Республикасынан 15 үздік жоба ретінде ұсынылды. Бұл жоба 2016–2017 жж. Қазақстан Республикасы Энергетика және ғылым министрлігі өткізген альтернативті және жаңартылатын энергетика саласындағы ел ғалымдарының үздік ғылыми жобалар конкурсында қатаң іріктеуден өтті.

Энергия үнемдеу саясаты белсенді жүргізілетін және жаңартылатын энергия көздерін пайдалануға көшу жүзеге асырылатын елдерде қандай да бір инновациялық шешімдердің артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалауға мүмкіндік беретін эксперименттік пилоттық жобалар енгізіледі. 2018 жылы Ақсу қаласында салынған балалар эко-техноорталығын жылумен қамтамасыз ету үшін Павлодар облысында жылу сорғыларын орнатудың қазақстандық жобасымен танысуды ұсынамыз.

The project «Application of technology «Green heating» energy facility «Center for energy research» of the International specialized exhibition EXPO-2017» under the leadership of Altay Alimgazin was represented among the 15 best projects from the Republic of Kazakhstan in the National Pavilion of Kazakhstan «Nur Alem» EXPO-2017. This project have been carefully selected in the competition for the best scientific projects of the scientists of the country in the field of alternative and renewable energy carried out by the Ministry of Energy and Ministry of Education and science of the Republic of Kazakhstan in 2016–2017.

In the countries where it is actively pursuing the policy of energy saving and transition to use of renewable energy sources, implemented an experimental pilot project to assess the advantages and disadvantages of those or other innovative solutions. We suggest to familiarize with the Kazakh project for the installation of heat pumps in Pavlodar region for heating the Eco-technocenter, built in Aksu in 2018.

**Э. Е. Копишев¹, И. Э. Сулейменов²,
С. Т. Байпакбаева³, И. В. Игликов⁴, А. Нуртазин⁵**

¹к.х.н., и.о. доцента, Евразийский университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²д.х.н., профессор, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050040, Республика Казахстан;

³д.х.н., профессор, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050040, Республика Казахстан;

⁴ТОО «Qaztech Innovations», г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;

⁵Западно-Казахстанский государственный медицинский университет, г. Актобе, 030019, Республика Казахстан

e-mail: ¹eldar_kopishev@mail.ru; ²esenych@yandex.ru; ⁴igor_iglikov@mail.ru;

⁵anuar_nurtazin@mail.ru

ДАТЧИКИ С УПРАВЛЯЕМОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ ДЛЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ

Предложена модификация телемедицинских датчиков, основанных на использовании полиэлектrolитных гидрогелей. В ее основе лежит главное свойство сшитых полимерных сеток – способность существенно изменять объем при вариациях управляющих параметров (температура, ионная сила, кислотность среды). Отличительной особенностью данной модификации является использование датчиков с управляемой чувствительностью.

Ключевые слова: телемедицина, медицинская биохимия, полимерные гидрогели, степень набухания, датчики с управляемой чувствительностью, ионная сила, кислотность.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время бурно развиваются телемедицинские системы, призванные обеспечить удаленную диагностику пациента в режиме реального времени [1, 2]. Продукция, представленная на рынке, преимущественно обеспечивает измерение артериального давления, температуры и частоты пульса испытуемого. В [3] было показано, что использование полимерных гидрогелей позволяет существенно расширить перечень регистрируемых параметров достаточно простыми средствами.

Это обусловлено тем, что полимерные гидрогели, относимые к классу «intelligent materials», обладают высокой чувствительностью к изменениям характеристик окружающей среды (ее кислотность, ионная сила и т.д. [4, 5]). Следовательно, возникает возможность реализовать, в частности, анализатор характеристик потоотделения пациента сравнительно простыми средствами. Такие характеристики являются весьма информативными с точки зрения диагностики, например, эндокринной системы, так как они несут обширную информацию, в частности о функционировании поджелудочной железы.

В данной работе рассматривается вариант анализатора, отличительной особенностью которого является использование датчиков с переменной чувствительностью. Это позволяет, главным образом, обеспечить дистанционную настройку датчиков на диапазон параметров, характерный для конкретного пользователя. Кроме того, использование датчиков с перестраиваемой чувствительностью позволяет исключить нежелательное влияние технологического разброса параметров рабочего вещества (сильно набухающих гидрогелей).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Принцип работы рассматриваемой модификации анализатора также основывается на использовании полимерных гидрогелей, поведение которых характеризуется резкой зависимостью степени набухания от кислотности среды, а также концентрации в ней низкомолекулярных солей (т.е. тех показателей, которые важны, в частности, для анализа характера потоотделения пациента).

Схема предлагаемой модификации анализатора показана на рис. 1.

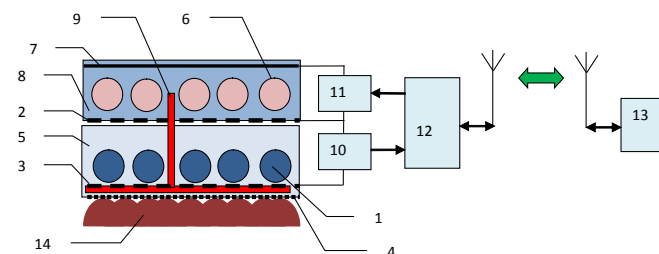


Рисунок 1 – Схема измерителя характеристик раствора (кислотности, ионной силы и т.д.) с управляемой чувствительностью

Предлагаемая схема содержит:

– основное рабочее вещество (1), представляющее собой полимерный гидрогель, изменяющий объем при вариациях измеряемого параметра

(или комплекса измеряемых параметров, в число которых может входить температура);

- верхний (2) и нижний (3) электроды измерительной ячейки, снабженные отверстиями, и образующие совместно измерительный конденсатор;
- контактную мембрану (4), проницаемую для низкомолекулярных ионов, но не проницаемую для воды;
- полный объем (5), содержащий базовое рабочее вещество, но не содержащий воды;
- вспомогательное рабочее вещество (6), назначением которого является обеспечение переменной чувствительности измерительной ячейки;
- электрод вспомогательной ячейки (7);
- вспомогательный резервуар (8), стенки которого не проницаемы для воды, а дно выполнено из проводящего материала;
- канал обмена раствором между основной и вспомогательными ячейками (9); конструктивно он выполняется из гигроскопичного материала;
- измерительный узел (10), обеспечивающий регистрацию емкости;
- управляющий узел (11), обеспечивающий изменение объема вспомогательного гидрогеля;
- приемопередающую систему, сопряженную с управляющим блоком на основе микроконтроллера (12);
- удаленный диагностический модуль (13), обеспечивающий также обработку информации, поступающей по радиоканалу.

Устройство контактирует с поверхностью (14), выделяющей исследуемый раствор низкомолекулярной компоненты, например, с кожным покровом испытуемого.

Работа схемы основывается на эффектах ионного обмена (а также эффектах перераспределения концентраций [6, 7]), протекающих в системе гидрогель + раствор.

Как показано в пионерской работе [6] на примере низкомолекулярной соли и далее в [7, 8] на примере других соединений, гидрогель, контактирующий с водным раствором, аккумулирует раствор при более низкой концентрации, нежели исходная. Данный эффект [6, 7] обусловлен возникновением двойного электрического слоя на поверхности гидрогеля, что, в свою очередь, приводит к появлению разности потенциалов между объемом геля и окружающим его раствором. Характер эффекта перераспределения концентраций иллюстрирует рис. 2.

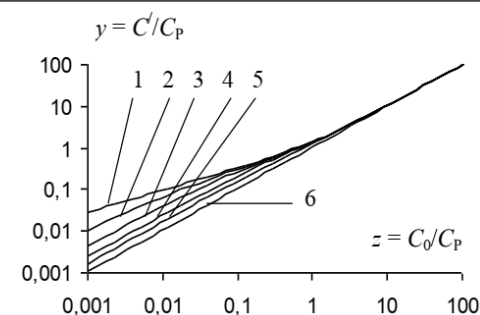


Рисунок 2 – Зависимости приведенной концентрации соли над гидрогелем от относительного значения средней концентрации соли в системе гидрогель +раствор

Из рисунка видно, что доля объема, приходящегося на гидрогель, существенно влияет на характер перераспределения концентраций в рассматриваемой системе. Значения $n = V_0 / V_g$, близкие к единице, отвечают случаю, когда гидрогель занимает почти весь объем системы. В этом случае обогащение раствора по примеси протекает наиболее эффективно. Напротив, когда гидрогель занимает только небольшую часть системы (кривая 6 на рис. 2 соответствует случаю, когда на гель приходится 1/20 объема всей системы), рассматриваемая зависимость практически полностью сливается с биссектрисой: гель перестает влиять на значения концентрации в растворе.

В том случае, когда в растворе имеются ионы водорода, а кислота является слабой, описание эффекта перераспределения концентраций несколько осложняется по сравнению со случаем низкомолекулярной соли, так как ионы водорода частично связываются поликислотой. Однако, как показано в [7], и в этом случае сохраняются основные черты эффекта перераспределения концентраций, в частности, концентрация подвижных анионов в растворе над гелем в любом случае оказывается выше их концентрации внутри геля. Соответствующая теория, подтвержденная экспериментальными результатами, была предложена в [9].

Электрическая природа рассматриваемого явления приводит к тому, что перераспределение концентраций имеет место при любых контактах между полимерным гидрогелем и иным гигроскопичным материалом, который не является полиэлектролитом. Более того, указанный эффект имеет место и тогда, когда в состав гидрогеля, помимо ионогенных, входят и другие функциональные группы.

Следовательно, возникает возможность реализовать регулятор кислотности среды, основанный на использовании термочувствительных

гидрогелей, в состав которых водят также ионогенные функциональные группы. Под воздействием температуры меняется объем термочувствительного гидрогеля, контактирующий с термочувствительным элементом. Как показывает теория эффекта перераспределения концентраций, последовательно впервые изложенная в [9] и далее в [10], разность между концентрациями вне и внутри гидрогеля существенно зависит от объема образца. Поэтому изменение объема геля приводит к изменению кислотности среды, что непосредственно подтверждается экспериментальными данными [7].

Этот эффект положен в основу работы системы, схема которой показана на рис. 1; соответствующее устройство работает следующим образом.

Объем рабочего вещества (1) в исходном состоянии определяется равновесием между степенью набухания геля (1) и геля, выполняющего функцию вспомогательного рабочего вещества (6).

Контакт между этими двумя гелями обеспечивается за счет переноса воды или раствора через гигроскопичный материал (9). При контакте с любым источником низкомолекулярных ионов, например, кожей испытуемого, объем геля (1) изменяется вследствие хорошо известного полиэлектролитного эффекта или эффектов, связанных с ухудшением термодинамического качества раствора [11].

Подчеркнем, что изменяется именно ионный состав среды заполняющей гигроскопичный материал (9), так как мембрана (4), через которую осуществляется контакт с кожным покровом испытуемого, не проницаема для воды. Общее ее количество в системе остается неизменным; жидкость только перераспределяется между резервуарами (5) и (8) в зависимости от степени набухания гидрогелей (1) и (6).

Изменение степени набухания геля приводит к увеличению или уменьшению усредненного значения диэлектрической проницаемости среды, заключенной между обкладками измерительного конденсатора, образованного пластинами (2) и (3). Емкость регистрируется измерительной системой (10), собранной на основе RC генератора.

Управление чувствительностью измерительной системы обеспечивается за счет регулирования степени набухания геля (6). А именно, изменяя его объем, в соответствии со сказанным выше, можно менять степень насыщенности жидкостью гигроскопичного материала (9). Изменение объема обеспечивается, в свою очередь, либо за счет нагрева высокочастотным электромагнитным полем (этот вариант показан на рис.1), создаваемым внутри объема между обкладками (2) и (7), либо за счет контакта с нагревательным элементом.

Схематически, управление чувствительностью осуществляется при помощи блока (11), который наряду с регистрирующим блоком (10),

подключается к приемопередающему узлу (12), подсоединяемым по радиоканалу к дистанционному диагностическому модулю (13).

ВЫВОДЫ

Таким образом, использование двух типов гидрогелей позволяет реализовать схему с управляемой чувствительностью по отношению к термодинамическим характеристикам исследуемой среды (включая ее ионную силу и кислотность). Практическое значение предложенного подхода состоит в том, что она позволяет использовать рабочие вещества (гидрогели), характеризующиеся значительным технологическим разбросом (незначительные изменения условий синтеза могут приводить к заметным изменениям параметров сильно набухающих полимерных сеток). Кроме того, возникает возможность обеспечить настройку диагностической системы на диапазон параметров, характерный для конкретного пользователя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 World Health Organization Global Observatory for eHealth Telemedicine: Opportunities and developments in Member States//Observatory. – 2010. – № 2. – P. 96.
- 2 Güler, N. F., Übeyli, E. D. Theory and applications of telemedicine // Journal of Medical Systems. – 2002. – Vol. 26. – № 3. – P. 199–220.
- 3 Shaltykova, D. B., Bublik, V., Bobrovnikov, D., Semenyakin, N., Kopishev, E. E., Nam, I. K., Timofeyev, A. New Approaches to Development of Equipment for Nanoscale Investigations in Aqueous Solutions of Polymers // EPF 2011, XII GEP Congress : Proceedings– Granada, Spain. – 2011. – P. 505.
- 4 Budtova, T. V., Suleimenov, I. E., Frenkel, S. Y. High-swelling polymer hydrogels: certain present-day problems and prospects // Russian Journal of Applied Chemistry. – 1997. – Vol. 70. – № 4. – P. 507–516.
- 5 Dergunov, S. A., Mun, G. A., Dergunov, M. A., Suleimenov, I. E., Pinkhassik, E. Tunable thermosensitivity in multistimuli-responsive terpolymers // Reactive and Functional Polymers. – 2011. – Vol. 701 – № 12. – P. 1129–1136.
- 6 Budtova, T. V., Belnikovich, N. G., Suleimenov, I. E., Frenkel, S. Y. Concentration redistribution of low-molecular-weight salts of metals in the presence of a strongly swelling polyelectrolyte hydrogel // Polymer. – 1993. – Vol. 34. – № 24. – P. 5154–5156.
- 7 Budtova, T. V., Suleimenov, I. E., Bichutskii, D. A., Frenkel, S. Y. Redistribution of low-molecular-mass acid between polyelectrolyte hydrogel and solution // Vysokomolekulyarnye Soedineniya Seriya A & Seriya B. – 1995. – Vol. 37. – № 6. – P. 1019–1023.

8 **Budtova, T., Suleimenov, I., Frenkel, S.** Peculiarities of the kinetics of polyelectrolyte hydrogel collapse in solutions of copper sulfate // *Polymer*. – 1995. – Vol. 36. – № 10. – P. 2055–2058.

9 **Будтова, Т. В., Сулейменов, И. Э., Френкель, С. Я.** Применение диффузионного подхода для описания набухания полиэлектролитных гидрогелей // *Высокомолекулярные соединения серия Б*. – 1995. – Т. 37. – №. 1. – С. 147–153.

10 **Mun, G., Suleimenov, I., Park, K., & Omidian, H.** Superabsorbent hydrogels. In *Biomedical applications of hydrogels. Handbook*. – New York : Springer, 2010. – P. 375–391.

11 **Копишев, Э. Е.** Трехэлектродные электрохимические системы и их приложения : диссертация на соискание ученой степени канд. хим. наук : 02.00.04. – Алматы : ИХН МОН РК. 2008. – 138 с.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Э. Е. Копишев¹, И. Э. Сулейменов², С. Т. Байпақбаева³, И. В. Игликов⁴, А. Нуртазин⁵

Полиэлектролитті гидрогельдерге негізделген телемедициналық жүйелерге арналған сезімталдықпен бақыланатын датчиктер

¹Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{2,3}Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы қ., 050040, Қазақстан Республикасы;

⁴ЖШС «Kaztech Innovations»,
Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы;

⁵Батыс Қазақстан мемлекеттік медицина университеті,
Ақтобе қ., 030019, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

E. E. Kopishev¹, I. E. Suleimenov², S. T. Baipakbayeva³, I. V. Iglikov⁴, A. Nurtazin⁵

Sensors with controlled sensitivity for telemedic systems based on polyelectrolyte hydrogels

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{2,3}Almaty University of Power Engineering and Telecommunications,
Almaty, 050040, Republic of Kazakhstan;

⁴LLP «Qaztech Innovations»,
Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan;

⁵West Kazakhstan Marat Ospanov State Medical University,
Aktobe, 030019, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада полиэлектролитті гидрогельдерді қолдануға негізделген телемедициналық датчиктер модификациясы ұсынылған. Модификацияның негізгі сипаты бақылау параметрлерін (температура, иондық күші, ортаның қышқылдығы) елеулі өзгертуге қабілетті тігілген полимерлік торларының қасиетінде болса, ерекшелігі – сезімталдықпен бақыланатын датчиктерді қолдану болып табылады.

The modification of telemedicine sensors based on the use of polyelectrolyte hydrogels is proposed. It is based on the main property of crosslinked polymer networks – the ability to significantly change the volume with variations in the control parameters (temperature, ionic strength, acidity of the medium). A distinctive feature of this modification is the use of sensors in controlled sensitivity.

Ю. Н. Кликушин¹, А. К. Кошекoв²

¹д.т.н, профессор, кафедра «Электроника», Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация;

²докторант RhD, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан

e-mail: ¹ab.koshekov@gmail.com; ²yurik211146@gmail.com

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ НА ОСНОВЕ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

В статье описана структура система распознавания рукописных цифр на основе идентификационных измерений. Представлены результаты исследований по выбору наиболее эффективных и оптимальных идентификационных и статистических параметров. В качестве входных характеристик используются бинарные сигналы разности входного сигнала с эталонами и автокорреляционной функции.

Ключевые слова: распознавание текста, рукописный текст, цифры, идентификация, статистика, оптимальный параметр, бинарный сигнал

ВВЕДЕНИЕ

Распознавание рукописных символов, и, в частности, рукописных цифр остается актуальной и очень сложной задачей в области образования, криптографии, защите информации и т.д. При автоматизированной обработке изображений используются следующие трудно реализуемые операции: считывание изображения, форматирование изображения, преобразование изображения в файл, фильтрация, сравнение с эталонами и принятие решения о степени принадлежности.

В настоящее время указанные задачи решаются с позиции теории классификации [1]. Наиболее перспективным в распознавания рукописных символов является использование технологии искусственных нейронных сетей (ИНС) [2, 3], однако имеются ряд проблем в их компьютерной реализации из-за неоднозначности выбора и сложность структуры, проблем обучения, формирование базы данных прецедентов и стоимости

Авторами статьи предлагается новая технология распознавания образов, основанная на представлении применении теории идентификационных измерений информации [4] с логической структурой реляционной базы данных (БД).

Идея предлагаемой технологии основана на преобразовании входного изображения в бинарный файл и сравнении его с набором, подобных же, файлов прецедентов. Прецеденты образованы путем случайного выбора предыдущих (прошлых) написаний соответствующих цифр, которые, таким образом, выступают в роли эталонов, образуя первичную базу данных (БД) системы (Рисунок 1).

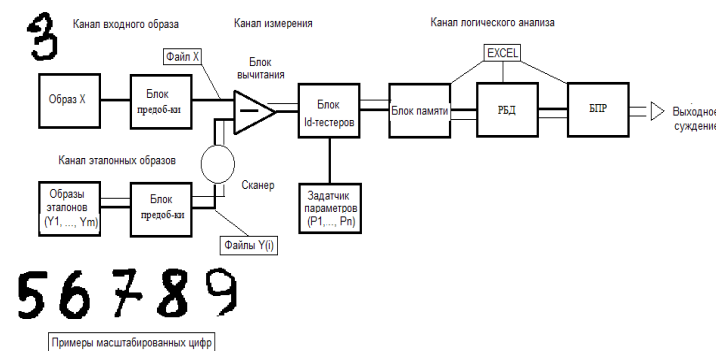


Рисунок 1 – Структурная схема системы распознавания

В структурном отношении представленная схема является типовой, включающей каналы входного образа и эталонов, канал измерения и канал логического анализа. В системе распознавания применяется арсенал операций реляционной алгебры и, в частности, операции сортировки и фильтрации записей. Но, для получения эффективного результата, необходимо найти такое сочетание оценок измеряемых параметров (P1,...,P9), для которых при сортировке БД по возрастанию или убыванию обеспечивается максимальное представительство эталонов (прецедентов) одного класса (одной цифры)».

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Важной особенностью рассматриваемой системы является выбор измерительных параметров (P1–P9). В отличие от известных систем, в которых используются измерительные параметры, относящиеся, как правило, к классу статистических моментов (матожидание, дисперсия, эксцесс и др.), в данной системе использованы, так называемые, идентификационные параметры (IdP). Эти параметры интегрально характеризуют форму

распределения, виртуальную частоту и степень хаотичности сигналов, представленных разностями $\Delta(i, j)$.

Алгоритм формирования параметра формы (A) распределения и виртуальной частоты (Fc) FRaSH тестера. Его идея основана на понятии «вариабельность», которое определяется как отношение среднего модуля приращений сигнала к среднему модулю самого сигнала $U(t)$:

$$V = \frac{|\overline{\Delta U(t)}|}{|U(t)|} \tag{1}$$

Уравнение (1) получено в [4] путем «обратного» решения итерационного уравнения, описывающего особенности фрактального процесса изменения численности популяции (процесса Ферхюльста).

Поясним физический смысл этого понятия применительно к теории сигналов на следующем примере. Пусть имеется гармонический сигнал вида: $U(t) = U_m \sin \omega t$, где U_m – амплитуда, ω – круговая частота. Определив величины, входящие в (1), получим:

$$V = \frac{|\overline{\Delta U(t)}|}{|U(t)|} = \omega = \alpha F = 2\pi F, \tag{2}$$

где F – линейная частота сигнала, измеряемая в герцах, Гц; α – некоторый коэффициент, имеющий размерность фазы и равный $2\pi \approx 6,28$ радиан для синусоидального сигнала. Для других форм (прямоугольной, треугольной и др.) этот коэффициент будет другим. Следовательно, физический смысл вариабельности состоит в том, что она описывает угловую скорость вращения вектора сигнала $U(t)$, которая зависит не только от частоты, но и от формы сигнала.

Вариабельность V сигнала является комплексным параметром, интегрирующим в себе информацию как о форме (по значению α), так и о частоте (по значению F) сигнала. Другими словами, два разных по форме сигнала одинаковой частоты F, должны иметь различные значения параметра (α) формы и, соответственно, разную вариабельность.

Задача измерения формы и частоты сигнала сводится к тому, чтобы сначала получать информацию о величине V, например, путем физических измерений, а информацию о величинах α и F разделить – путем применения вычислительных процедур. Информация об энергетике сигнала получается естественным образом, поскольку средневыпрямленное значение $|\overline{U(t)}|$ сигнала входит в качестве знаменателя определения (1).

Логическую связь между показателями формы и виртуальной частоты устанавливает Таблица 1, которая имеет смысл статической характеристики FraSH тестера [4].

Таблица 1 – Статическая характеристика FraSH тестера

N=10000, L=100	Вид распределения случайного сигнала							
	2mod	asin	even	trap	simp	gaus	lapl	kosh
V, рад*с	1	1,273	1,333	1,38	1,4	1,41	1,5	1,73
A, рад	4	6,28	8	10	12	19	36	3000
F _c , Гц	2500	2027	1667	1350	1180	736	416	6

В таблице представлены данные, связывающие идентификационные параметры (V, A, Fc) между собой и определяющие лингвистические термы (имена) распределений случайных сигналов (2mod – двумодальное, asin – арксинусное, even – равномерное, trap – трапецидальное, simp – треугольное, gaus – нормальное, lapl – двустороннее экспоненциальное, kosh – Коши), взятые из справочника по статистическим измерениям.

В процессе проведенных исследований выяснилось, что для периодических сигналов прямоугольной (Squ), синусоидальной (Sin) и треугольной (Tri) формы, показатель (A) не зависит от частоты и, соответственно, равен: ASqu = 4, ASin = 6,28; ATri = 8 радиан. Таким образом, подтверждается наличие принципа эквивалентности случайных и периодических сигналов в смысле их формы распределений. Указанная особенность позволила сформировать практическую методику измерения такого свойства сигналов, как регулярность-хаотичность, что было недоступно для классических моделей статистических измерений.

В соответствии с принципом эквивалентности, форма распределения периодического синусоидального сигнала равна форме распределения случайного арксинусного сигнала Asin = Aasin = 6,28 радиан. Виртуальная частота случайного арксинусного сигнала постоянна и равна F_c = 2027 Гц. В тоже время, частота периодического синусоидального сигнала определяется источником этого сигнала и может варьироваться от 1 Гц до неопределенно высокого значения. Примем условие, при котором, если частота периодического синусоидального сигнала становится равной частоте случайного арксинусного сигнала (F_c = 2027 Гц) того же объема, то этот сигнал из периодического превращается в случайный с максимальной хаотичностью (или минимальной регулярностью). Соответствующий

показатель степени регулярности-хаотичности (в диапазоне 0...1) может быть вычислен по формуле:

$$\text{Reg} = (\text{Fc} - \text{Fgen})/\text{Fc}, \quad (3)$$

где: случайный и периодический (Fgen) сигналы имеют одинаковую форму распределения. В данном варианте программы используется связанный с (3) показатель, равный отношению частот:

$$(\text{Fc} / \text{Fgen}) = 1/(1-\text{Reg}). \quad (4)$$

Идентификационные параметры используются также для оценки формы, виртуальной частоты и степени регулярности автокорреляционной функции сигнала разности $\Delta(i, j)$. Таким образом, используются идентификационные параметры:

- 1) P1 – параметр формы (A), вычисляемый FraSH-тестером для сигнала разности $\Delta(i, j)$;
- 2) P2 – среднее значение виртуальной частоты (F) FraSH-тестера на выходе;
- 3) P3 – отношение P2 к значению виртуальной частоты FraSH-тестера;
- 4) P4, P5, P6 – те же параметры (P1, P2, P3) для автокорреляционной функции этой разности;
- 5) P7 – среднее значение параметров P1, P2, P3;
- 6) P8 – среднее значение параметров P4, P5, P6;
- 7) P9 – среднеквадратическое отклонение сигнала разности $\Delta(i, j)$.

ВЫВОДЫ

Полученные в результате аналитических и экспериментальных исследований идентификационные параметры позволили разработать исследовательскую систему в среде LabVIEW для проведения исследований по распознаванию рукописных цифр. Интерфейс системы представлен на рисунке 2.

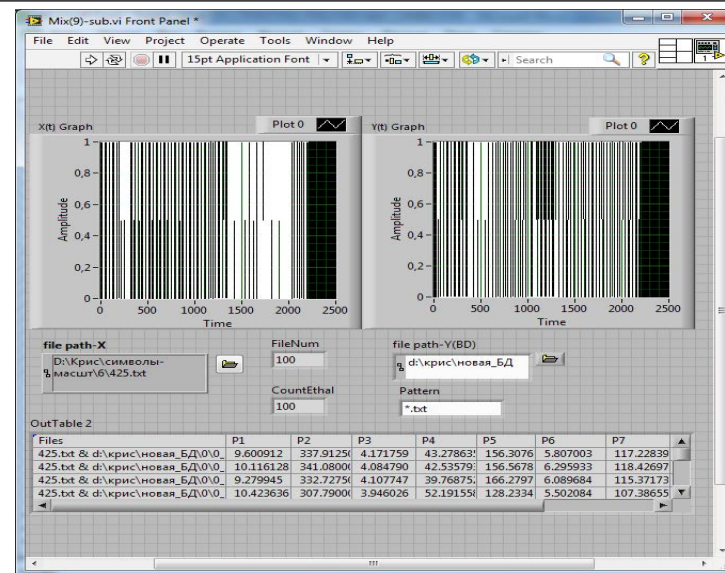


Рисунок 2 – Вид интерфейса управления для системы распознавания рукописных цифр

На панели интерфейса представлены: X(t) – входной бинарный сигнал, Y(t) – бинарный сигнал эталона, file path – X место ввода входного сигнала бинарного сигнала, file path-Y(BD) – место нахождения ввода сигналов эталонов из БД, Out Table – таблица идентификационных параметров.

Направление дальнейших исследований авторов статьи связано с экспериментами по точности распознавания рукописных цифр разных исполнений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Местецкий, Л. М. Математические методы распознавания образов / Курс лекций. – М. : Изд-во МГУ, 85 с. : ил.
- 2 Яковлев, Л. В. Техническое состояние элементов ВЛ по данным об отказах. Энергетик. – М. : Энергопресс. – 2003. – № 4.
- 3 Павлов, С. Н. Системы искусственного интеллекта. – М. : Эль Контен, 2011. – 174 с.
- 4 Кликушин, Ю. Н., Кошечков, К. Т. Методы и средства идентификационных измерений сигналов. – Петропавловск : Изд-во СКГУ им. М. Козыбаева, 2007. – 186 с.

Ю. Н. Кликушин¹, А. К. Кошекков²

Өлшем сәйкестендіру негізінде қолжазба таңбаларының құрылымын көрсету үшін параметрлерді таңдау

¹Омбы мемлекеттік техникалық университеті,
Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы;

²Инженерлік және сандық технологиялар факультеті,
М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

Y. N. Klikushin¹, A. K. Koshekov²

Selection of parameters for presenting the structure of manual symbols based on identification measurements

¹Omsk State Technical University,
Omsk, 644050, Russian Federation;

²Faculty of Engineering and Digital Technology,
M. Kozybayev North Kazakhstan State University,
Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада сәйкестендіру өлшемдерінің негізінде қолжазба сандарды таңу жүйесінің құрылымы сипатталған. Ең тиімді және оңтайлы сәйкестендіру және статистикалық параметрлерді таңдау бойынша зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Кіріс сипаттамалары ретінде эталондары бар кіріс сигналдың әртүрлілігінің бинарлық сигналдары және автокорреляциялық функциялар қолданылады.

The article describes the structure of the handwriting recognition system based on identification measurements. The results of studies on the selection of the most effective and optimal identification and statistical parameters are presented. As input characteristics, binary signals of the difference of the input signal with the standards and the autocorrelation function are used.

К. Т. Кошекков¹, Н. И. Калантаевская², С. И. Латыпов³

¹д.т.н., профессор, 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;

³PhD докторант, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет Инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан

e-mail: ¹kkoshekov@mail.ru; ²natasha0487@mail.ru; ³slatypov@mail.ru

**НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ**

Статья посвящена вопросам текущего состояния и перспективам развития энергетической отрасли Казахстана, говорится о необходимости цифровизации энергетики посредством параллельной работы энергетической сети и обслуживающей ее информационной сети. Предлагаются варианты применения нейронных сетей для прогнозирования энергетической нагрузки с целью дальнейшего управления энергетическими процессами. В качестве базы знаний для обучения нейронной сети предлагается использование данных получаемых при мониторинге сети автоматизированной системой контроля и учета электрической энергии.

Ключевые слова: нейронные сети, электроэнергетические системы, электрические сети, качество электрической энергии, прогнозирование нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития энергетической отрасли Казахстана, когда объем производства электрической энергии достиг стабильных высоких показателей, производимые мощности практически покрывают спрос промышленных и бытовых потребителей в электрической энергии, актуальным становится вопрос повышения качества функционирования

энергетической системы в целом. В рамках государственной программы «Цифровой Казахстан», ставится вопрос о необходимости технологического перевооружения существующих отраслей промышленности, в том числе одной из первых задач ставится цифровизация электроэнергетики, таким образом, преобразование энергетической отрасли должно происходить, опираясь на новые концепции и технологии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Функционирование энергетической системы Казахстана основано на непрерывном процессе производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии. Данный процесс подразумевает вертикальную структуру энергетической сети, где выработанная энергия через трансформаторные подстанции по линиям электропередач поступает к конечному потребителю (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Принципы технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии

Традиционная концепция развития энергетики в Казахстане, основана на увеличении производимых мощностей, модернизации технологического отдельных видов оборудования и инфраструктуры, вводятся автоматизированные системы контроля и учета электрической энергии. Но данная стратегия имеет и свои ограничения. Так, автоматизированная система контроля и учета электрической энергии направлена на мониторинг потребления энергии, не затрагивая управление режимами работы энергетической системы, то есть имеет идентификационные свойства, а не управляющие.

Возможности, которые дает современный уровень развития техники и технологии позволяет не только производить мониторинг и сбор информации

о состоянии энергетической сети, но и осуществлять планирование и прогнозирование энергопотребления для при принятия решений об осуществлении определенных управляющих воздействиях.

Прогнозирование энергопотребления позволит решить следующие проблемы:

- перерасход ресурсов при производстве избыточной электроэнергии;
- выбор оптимального режима работы энергетической системы;
- предотвращение перегрузки оборудования и линий электропередач;

Таким образом существующая база данных, собранная автоматизированная система контроля и учета электрической энергии при определенном анализе и обработке позволит найти более эффективные способы решения некоторых текущих рабочих задач и проблем энергетической отрасли.

Инструментом для решения поставленной задачи прогнозирования энергопотребления предлагается использовать искусственные нейронные сети, как мощный математический аппарат, позволяющий устанавливать сложные функциональные зависимости между входными и выходными параметрами, не смотря на наличие случайных и неопределенных факторов, влияющих на потребление электрической энергии.

Искусственные нейронные сети как один из способов реализации искусственного интеллекта, применяются как инновационный способ прогнозирования временных рядов, распознавания образов, решение задач кластеризации и классификации.

Возможности использования и внедрение искусственных нейронных сетей в энергетическом комплексе для прогнозирования энергопотребления предлагается произвести по следующей схеме:



Рисунок 2 – Схема использования искусственных нейронных сетей в энергетическом комплексе для прогнозирования энергопотребления

Обучение нейронной сети для диагностики предаварийных ситуаций требует наличие базы знаний, содержащей информацию о параметрах сети в нормальных и предаварийных режимах функционирования энергетической сети. Таким образом, обучающая выборка должна состоять из множества входных векторов, но и соответствующих им откликах, т.е значения параметров сети позволяющие распознать предаварийную ситуацию на основе определенных признаков. Реальные данные позволяют нейронной сети пройти обучение и в режиме реального времени относить текущий режим работы энергетической сети к нормальному либо к предаварийному.

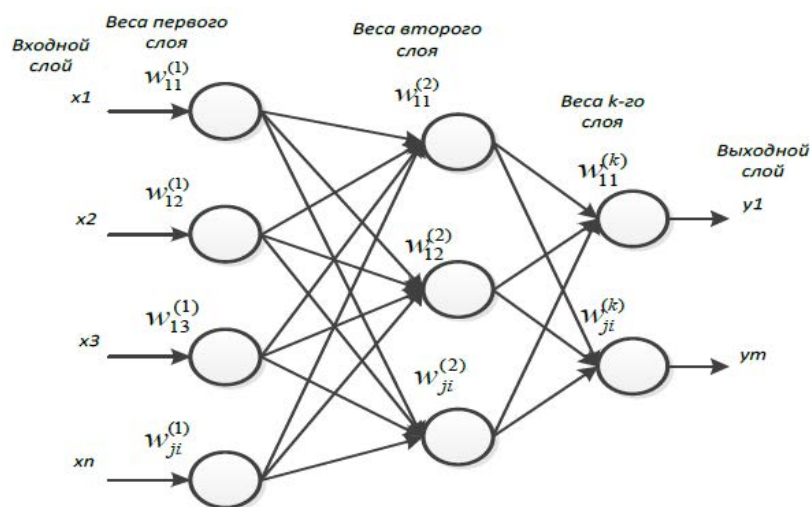


Рисунок 3 – Структура нейронной сети

Математическая задача заключается в нахождении таких весовых коэффициентов, чтобы минимизировалась ошибка рассогласования между реакцией сети и требуемым откликом для всей обучающей выборки [1].

$$\min E = \sum_{i=1}^p E_p = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^m (y_{ij} - d_{ij})^2, \tag{1}$$

где y_{ij} , d_{ij} – соответственно фактическая и желаемая реакции j-го нейрона выходного слоя j-го нейрона выходного слоя на i-й входной вектор; p – число примеров в обучающей выборке; m – число нейронов в выходном слое.

Под процессом *обучения* искусственной нейронной сети понимается настройка весовых коэффициентов w_{ij} ее базовых процессорных элементов, результатом чего является выполнение сетью конкретной задачи. Достижение

подобных целей формализуется критерием качества J, минимальное значение $\min_w J = J^*$ которого соответствует наилучшему решению поставленной задачи [3]:

Процедура коррекции весов использует информацию о градиенте функции ошибки E и требует дифференцируемости функции активации. Простейший вариант реализует градиентный спуск в пространстве весовых коэффициентов, осуществляемый последовательно для всех примеров обучающей выборки [3]:

$$\Delta w_{ij}^{(k)}(t) = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial w_{ij}^{(k)}}, k = 1, 2, \dots, K, \tag{2}$$

где $w_{ij}^{(k)}$ – весовой коэффициент j-й связи i-го нейрона в слое k; η – скорость обучения; K – число слоев нейронов в сети.

Развитие энергосисемы и повышение качества ее функционирования возможно не только с помощью замены оборудования, применения новых материалов в строительстве и реконструкции элементов электрических сетей, а также перспективным является использование цифровых технологий в моделировании, планировании и выборе варианта управления энергосистемой.

ВЫВОДЫ

- 1 Эффективность функционирования энергетической сети можно повысить с помощью прогнозирования нагрузки, что позволит в дальнейшем управлять производством электрической энергии.
- 2 Актуальным средством прогнозирования нагрузки являются искусственные нейронные сети, которые позволяют учесть нелинейность изменения нагрузки и большое количества векторов, влияющих на энергопотребление.
- 3 В качестве базы знаний для формирования обучающей выборки искусственной нейронной сети целесообразно использовать данные получаемые с автоматизированной системы учета и контроля электрической энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Новые информационные технологии в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами / Н. А. Манов, и др., Ин-т социально-экономических и энергетических проблем Севера. – Екатеринбург : Уральское отделение РАН (УрО РАН), 2002 .

2 **Salman, S. K.** Introduction to the Smart Grid : Concepts, Technologies and Evolution – The Institution of Engineering and Technology, 2017.

3 **Терехов, В. А.** Нейросетевые системы управления / В. А. Терехов, Д. В. Ефимов, И. Ю. Тюкин. – М. : Мир, 2017.

4 **Круглов, В. В., Борисов, В. В.:** «Искусственные нейронные сети. Теория и практика.» 1-е. – М. : Горячая линия – Телеком, 2001. – С. 382.

5 **Васильев, В. И., Ильясов, Б. Г.** Интеллектуальные системы управления. Теория и практика : Учебное пособие. – М. : Радиотехника, 2009.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

K. T. Koshekov¹, N. I. Kalantayevskaya², S. I. Latypov³

Энергетикалық кешендегі нейрондық желілік технологиялар

^{1,2,3}Инженерлік және сандық технологиялар факультеті,

М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,

Петропавл қ, 150000, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

K. T. Koshekov¹, N. I. Kalantayevskaya², S. I. Latypov³

Neural network technologies in the energy complex

^{1,2,3}Faculty of Engineering and Digital Technology,

M. Kozybayev North Kazakhstan State University,

Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақала Қазақстанның энергетикалық саласының ағымдағы жағдайы мен даму перспективаларына арналған, энергетика желісінің қосарлас жұмысы арқылы энергетиканы цифрландыру және оның ақпараттық желісіне қызмет көрсету туралы айтылады. Нейрондық желіні оқытуға арналған білім базасы ретінде электр энергиясын бақылау мен өлшеудің автоматтандырылған жүйесі арқылы желінің мониторингінен алынған деректерді пайдалану ұсынылады. Электр энергиясын бақылау мен есепке алудың автоматтандырылған жүйесі торапқа мониторинг жүргізген кезде нейрондық желіні оқыту үшін білім базасы ретінде алынған деректерді пайдалану ұсынылады.

The article is devoted to the issues of the current state and prospects for the development of the energy sector in Kazakhstan, and the need for

digitalization of energy through the parallel operation of the energy network and the information network serving it. Options are proposed for the use of neural networks to predict the energy load for the purpose of further control of energy processes. As a knowledge base for teaching a neural network, it is proposed to use data obtained from network monitoring by an automated system for monitoring and metering of electrical energy.

К. Т. Кошекoв¹, С. И. Латыпов², Н. И. Калантаевская³

¹д.т.н., профессор, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

²PhD докторант, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

³PhD докторант, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан
e-mail: ¹kkoshekov@mail.ru; ²slatypov@mail.ru; ³natasha0487@mail.ru.

**АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛОВ**

Для успешного развития производственного сектора, а так же повышения качества обеспечения электроэнергией потребителей, необходима слаженная работа всей энергетической системы. Причем как на этапе производства электроэнергии, так и при транспортировке и распределении. Очевидно, что не малую роль в выполнении поставленных задач играет надёжность всего задействованного оборудования.

Надёжность электроэнергетического оборудования, в большей степени, закладывается технологией производства. Тем не менее, вероятность выхода из строя зависит и от многих других факторов. Например: качество выполненных монтажных работ, условия эксплуатации и так далее.

Для предотвращения аварийных состояний требуется своевременное обнаружение развивающихся дефектов. Применение современных диагностических методов и оборудования позволяют в значительной степени снизить вероятность возникновения аварий.

Ключевые слова: диагностика, интеллектуальные приборы, обработка сигналов, прогнозирование развития дефектов, электроэнергетическое оборудование.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день для большинства оборудования, применяемого в электроэнергетических системах, существуют типовые методики проведения диагностических измерений и испытаний.

В некоторых случаях процесс диагностики сводится к подключения готовых приборов к определенным функциональным частям исследуемого оборудования. После сопряжения подопытных образцов и диагностических приборов производится индикация результатов. Для ряда измерительных инструментов предусмотрена возможность сохранения получаемых данных, а так же их передачи на центральные диспетчерские пульты, серверы, компьютеры и прочее. Отправка данных производится с целью проведения дальнейших манипуляций с измерительными сигналами.

В то же время, существуют и такие методики диагностики, которые подразумевают привлечение различных диагностических приборов или даже лабораторий. Так, например, при диагностике маслонаполненных трансформаторов выполняется целый ряд мероприятий:

1) химический анализ масла, при котором определяются показатели качества трансформаторного масла: электрическая прочность, кислотное число, содержание водорастворимых кислот, наличие механических примесей, цвет, наличие растворенного шлама;

2) электрический контроль масла, в результате которого определяется тангенс угла диэлектрических потерь и пробивное напряжение;

3) хроматографический анализ масла с определением содержания газов, антиокислительной присадки, влаги, азота и кислорода;

4) вибрационные измерения параметров вибраций трансформатора;

5) термографические измерения, оценка и анализ температуры разрядов;

6) акустическая регистрация звуковых импульсов для определения локализации, возникающих при электрических разрядах, с помощью датчиков, устанавливаемых на стенку бака.

Естественно, что при выполнении такого количества испытаний и привлечении разнотипного оборудования, говорить о скорости диагностирования не приходится. К тому же, увеличение числа операций, каждая из которой имеет свою погрешность, отрицательно влияет на вероятность правильного диагностирования.

Существуют современные диагностические системы, позволяющие практически мгновенно получить результаты. Причём в ряде случаев не приходится даже обесточивать испытуемое оборудование. Но развитие применения таких высокопроизводительных систем диагностики осложняется их высокой стоимостью и сложностью обслуживания. Как правило, для подключения к испытуемому оборудованию и получения результатов

необходимо наличие специально обученного высококвалифицированного специалиста-эксперта.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На кафедре «Энергетика и радиоэлектроника» Северо-Казахстанского государственного университета имени М. Козыбаева ведутся исследования интеллектуальных методов обработки измерительных сигналов с целью повышения точности и скорости диагностирования.

В работе [1] описана возможность модернизации виброанализаторов путем дополнительного подключения интеллектуального блока анализа временных характеристик измерительного сигнала. В его структуру входит база данных, включающая экспертные оценки, и база знаний, построенная на основе метода идентификационных измерений свойств регулярности/хаотичности характеристик вибросигналов по технологии шкал. В результате проведенных исследований установлена эффективная оценка состояния нефтедобывающих станков-качалок.

Был проведен ряд исследований [2] на электроэнергетических объектах, находящихся в ведении АО «СЕВКАЗЭНЕРГО» (г. Петропавловск, Казахстан). Для исследования были выбраны акустические сигналы маслонаполненных трансформаторов. Очевидно, что форма сигнала определенного дефекта индивидуальна.

Целью исследования стало – исследовать возможность применения технологий искусственного интеллекта и цифровой обработки сигналов для совершенствования метода акустического контроля и диагностики силового оборудования, разработать новый алгоритм диагностирования.

Методика обработки диагностических сигналов базируется на применении технологий идентификационных измерений и сортировки по назначенным классам, а так же статистической обработки ряда выборок. Для реализации поставленных задач должна быть построена интеллектуальная система, функционирующая в двух режимах: обучение и измерение. Каждый режим, в свою очередь, реализуется пошаговым выполнением определённых манипуляций.

Алгоритм режима обучения можно представить в виде последовательного выполнения трёх шагов, как это показано на рисунке 1.

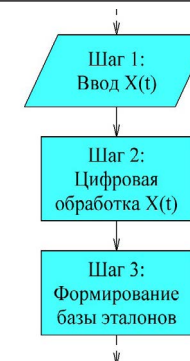


Рисунок 1 – Режим обучения

Первый шаг алгоритма подразумевает ввод эталонных сигналов, характеризующих то или иное дефектное состояние. В проводимом исследовании такой сигнал представляет собой акустический образ дефекта.

На рисунке 2 представлен пример образа звукового сигнала, характерный для дефекта выводов трансформатора.

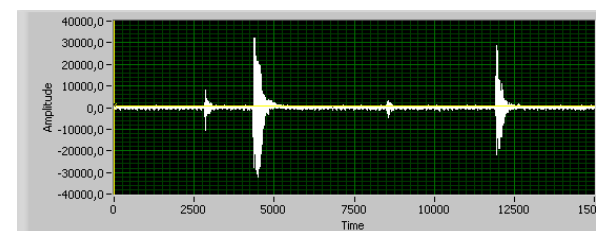


Рисунок 2 – Образ звукового сигнала дефекта

Как видно из рисунка 2, звуковые сигналы дефектов имеют сложную форму, содержат стационарные и нестационарные составляющие, что усложняет их описание математическими зависимостями.

Вторым шагом режима обучения производится цифровая обработка сигналов с определением ряда вида:

$$Id_i = f[A_i, F_i, S_i, D_i, R_i, \sigma_i, E_i, MAD_i, A_{rms_i}, V_i, M_i, H_i]. \quad (1)$$

Первые пять значений ряда являются идентификационными параметрами определяемые по временной шкале. Последующие значения – статистические параметры.

Идентификационный параметр A характеризует форму распределения сигнала $X'(t)$, который, в свою очередь, является функцией $X(t)$ ранжированной по возрастанию (Рисунок 3).

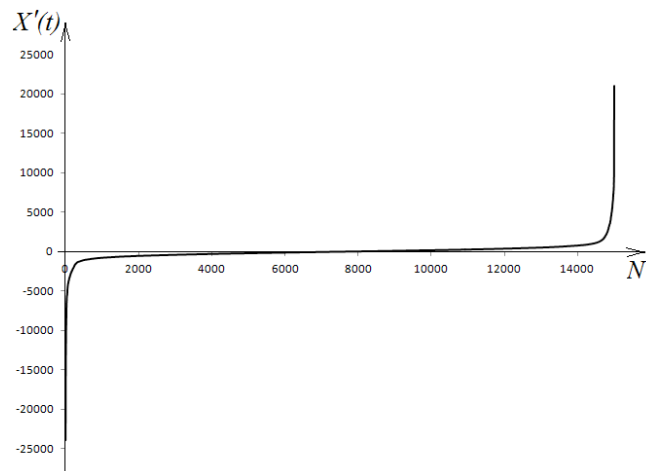


Рисунок 3 – Ранжирование значений исследуемого сигнала $X_i(t)$

$$A = 2 \cdot \frac{\overline{|\Delta X'(t)|}}{\overline{|X(t)|}} \cdot N, \tag{2}$$

где $\overline{X(t)}$ – среднее значение сигнала $X(t)$;

$\overline{\Delta X'(t)}$ – среднее значение приращения ранжированного сигнала;
 N – количество выборок исследуемого сигнала.

Идентификационный параметр F является характеристической частотой исследуемого сигнала:

$$F = \frac{\overline{|\Delta X(t)|}}{\overline{|\Delta X'(t)|}}, \tag{3}$$

где $\overline{\Delta X(t)}$ – среднее значение приращения исследуемого сигнала.

Для определения идентификационного параметра формы S сигнал $X'(t)$ равномерно дискретизируется по уровню. Производится разбиение графика функции по оси ординат на десять равных частей. При этом получаются

девять характеристических точек $C(1)$ - $C(9)$. Значения функции в этих точках определяют идентификационный S -параметр:

$$S = \frac{C(8) - C(2)}{C(9) - C(1)} 100, \tag{4}$$

Идентификационные параметры D и R определяются в процессе нахождения отклонений между мгновенными значениями исследуемого сигнала (M -Scale) с мгновенными значениями его ранжированными по возрастанию (D -Scale) и убыванию (R -Scale) репликами. Данная операция подробно описана в [3].

Далее находятся статистические параметры, характеризующие исследуемый сигнал. Среднеквадратичное отклонение функции σ вычисляется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N |X_i - \mu|^2}, \tag{5}$$

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i, \tag{6}$$

где μ – среднее арифметическое выборки.

Следующий статистический параметр E – энергия сигнала, вычисляется по формуле:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^w |F_i|^2}{|w|}, \tag{7}$$

где F_i – компоненты спектра дискретного вейвлет-преобразования,
 w – размер окна (число компонент спектра).

Среднее абсолютное отклонение MAD – величина, используемая для оценки прогнозных функций, вычисляется по формуле:

$$MAD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |N_i - m(N)|, \tag{8}$$

где $m(N)$ – среднее арифметическое значение.

Среднее квадратическое (квадратичное) значение это число, равное квадратному корню из среднего арифметического квадратов данных чисел:

$$A_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |N_i|^2}. \tag{9}$$

Дисперсия это мера разброса значений случайной величины относительно её математического ожидания. Вычисляется по формуле:

$$V = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N |N_i - \mu|^2. \quad (10)$$

Мода M – значение во множестве наблюдений, которое встречается наиболее часто.

Энтропия по Шенону – информационная двоичная энтропия для независимых случайных событий с N возможными состояниями, распределённых с вероятностями p_i :

$$H(N) = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i. \quad (11)$$

Таким образом, по формулам (2) – (11), находятся все значения ряда, характеризующего исследуемый сигнал.

Третий шаг режима обучения связан с систематизацией полученных данных. При участии эксперта формируется база эталонов в виде реляционной базы данных, то есть лингвистической и числовой матрицы эталонов:

$$S^{\mathcal{E}}[a \times b] = \begin{bmatrix} \text{Класс}_{11}(Id_1^{\mathcal{E}1}) & \text{Класс}_{12}(Id_2^{\mathcal{E}1}) & \dots & \text{Класс}_{1b}(Id_b^{\mathcal{E}1}) \\ \text{Класс}_{21}(Id_1^{\mathcal{E}2}) & \text{Класс}_{22}(Id_2^{\mathcal{E}2}) & \dots & \text{Класс}_{2b}(Id_b^{\mathcal{E}2}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \text{Класс}_{a1}(Id_1^{\mathcal{E}a}) & \text{Класс}_{a2}(Id_2^{\mathcal{E}a}) & \dots & \text{Класс}_{ab}(Id_b^{\mathcal{E}a}) \end{bmatrix}, \quad (12)$$

где a – количество назначенных классов (состояний объекта диагностики);
 b – количество идентификационных параметров.

Для каждого класса определяются диапазоны принадлежности:

$$\text{Класс}_{ij}(Id_j^{\mathcal{E}i}) = (\min Id_j^{\mathcal{E}i}, \max Id_j^{\mathcal{E}i}), \quad (13)$$

где $\min Id_j^{\mathcal{E}i}$ – минимальное значение диапазона для определенного вида дефекта;

$\max Id_j^{\mathcal{E}i}$ – максимальное значение диапазона для определенного вида дефекта.

Алгоритм режима измерения, как и режима обучения, выполняется пошагово. Последовательность его выполнения складывается из пяти шагов, как это показано на рисунке 4.



Рисунок 4 – Режим измерения

Первые два шага алгоритма (рисунок 4) в режиме измерения не отличаются от режима обучения. Разница состоит в том, что теперь производится обработка уже не эталонного сигнала, а диагностируемого. Так же, как и в случае с режимом обучения, формируется массив характеристических параметров.

При выполнении третьего шага режима измерения определяется принадлежность сигнала к диапазону класса по диагностическим параметрам:

$$d_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } Id_{xi} \in \text{Класс}_{ij}(Id_j^{\mathcal{E}i}) \\ 0, & \text{если } Id_{xi} \notin \text{Класс}_{ij}(Id_j^{\mathcal{E}i}) \end{cases}. \quad (14)$$

Следующим шагом производится формирование таблицы принадлежности диагностических параметров. Такая таблица представляется в форме матрицы:

$$P[b \times a] = \begin{bmatrix} & \varepsilon_1 & \varepsilon_2 & \cdot & \varepsilon_b \\ Id_{x1} & d_{11} & d_{12} & \cdot & d_{1b} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ Id_{xa} & d_{a1} & d_{a2} & \cdot & d_{ab} \end{bmatrix}. \quad (15)$$

По результатам выполнения пятого шага алгоритм режима измерения формируется выходное суждение. Для этого анализируется выходной код, который получается при логическом перемножении значений d для каждого класса:

$$OutCode = \prod_{i=1}^a d_{ij}. \quad (16)$$

Предложенный метод позволяет провести модернизацию инструментов диагностики с дополнительным внедрением блоков с интеллектуальной цифровой обработкой измерительных сигналов. Возможность определения вида неисправности непосредственно у объекта диагностирования, в полевых условиях, позволит отказаться от других методов анализа.

Для повышения точности диагностики, а так же для расширения области применения, необходимо увеличить размерность массива Id_i . Так же положительно повлияет на расширение области применения использование беспроводных технологий [4].

ВЫВОДЫ

Авторами статьи были проведены исследования по апробации разработанной методики на примере диагностики силовых трансформаторов. С целью получения корректных результатов к работе были привлечены эксперты по диагностике АО «СЕВКАЗЭНЕРГО».

По результатам исследований была сформирована база эталонных сигналов с соответствующими назначенными классами принадлежности по параметрам. Из общего числа рассматриваемых параметров были выбраны наиболее информативные.

По ряду проведенных измерений и обработке множества измерительных сигналов точность диагноза составила порядка 85 %.

База данных эталонов индивидуальна для каждого объекта диагностики. Так как она наращивается, то можно внести неограниченное количество дефектов и использовать наиболее информативные параметры из возможных.

Корректность приводимой классификации определяется, главным образом, компетентностью эксперта, назначающего классы. Поэтому при использовании данного метода в общей погрешности классификации будет дополнительно присутствовать субъективная составляющая.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Koshekov, K. T., Klikushin, Yu. N., Kobenko, V. Yu., Sofina, N. N., Savostin, A. A., Kashevkin, A. A.** Testing a Pump Unit by Identification Measurements of Vibration Signals // Russian Journal Nondestructive Testing. – Vol. 52. – No 5. – 2016. – P. 280–286.

2 **Латыпов, С. И., Аушакимов, А. К., Дарий, Е. М., Зыкова, Н. В.** Современные тенденции в диагностике маслонаполненных трансформаторов. Материалы МНПК «Козыбаевские чтения – 2018 : Евразийский потенциал и новые возможности развития в условиях глобальных вызовов». – Т. 2. – Петропавловск : СКГУ им. М. Козыбаева, 2018. – С. 288–291.

3 **Кошекков, К. Т., Савостин, А. А., Кашевкин, А. А., Астапенко, Н. В., Кошеккова, Б. В.** Модернизация виброанализаторов на основе идентификационных измерений. Дефектоскопия. Федеральное государственное унитарное предприятие «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр «Наука» (Екатеринбург). – № 5. – 2018. – С. 26–32.

4 **Кошекков, К. Т., Савостин, А. А., Кашевкин, А. А., Адильбеков, А. Е.** Система диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования на основе беспроводных технологий. Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – Павлодар, 2017. – № 3 – С. 70–79.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

К. Т. Кошекков¹, С. И. Латыпов², Н. И. Калантаевская³

Зияткерлік сигналды өңдеу арқылы электрлік жабдықты диагностикалау алгоритмі

^{1,2,3}Инженерлік және сандық технологиялар факультеті,

М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,

Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

K. T. Koshekov¹, S. I. Latypov², N. I. Kalantayevskaya³

Algorithm for diagnostics of electric power equipment with intelligent signal processing

^{1,2,3}Faculty of Engineering and Digital Technology,
M. Kozybayev North Kazakhstan State University,
Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 06.02.19.

Өңдеуші секторды табысты дамыту, сондай-ақ тұтынушыларға электрмен жабдықтау сапасын арттыру үшін бүкіл энергия жүйесінің үйлестірілген жұмысы қажет. Электр энергиясын өндіру кезеңінде де, тасымалдау мен тарату кезінде де. Әрине, барлық жабдықтардың сенімділігі берілген тапсырмалардың орындалуында маңызды рөл атқарады.

Электр энергетикалық жабдықтардың сенімділігін көбіне өндіріс технологиясы салады. Солай болса да, істен шығуының ықтималдығы басқа да көптеген факторларға байланысты. Мысалы: орнату жұмыстарының сапасы, пайдалану шарттары және т.с.с.

Апаттардың алдын алу үшін кемшіліктерді уақытылы анықтау қажет. Заманауи диагностикалық әдістер мен жабдықтарды қолдану апаттардың ықтималдығын айтарлықтай төмендетуі мүмкіндік береді.

For the successful development of the manufacturing sector, as well as improving the quality of electricity supply to consumers, the coordinated work of the entire energy system is necessary: both at the stage of electricity generation, and during the transportation and distribution. Obviously, the reliability of all the involved equipment plays an important role in the fulfillment of the assigned tasks.

The reliability of electric power equipment, to a greater extent, is laid by the production technology. However, the probability of failure also depends on many other factors. For example: the quality of the installation work, operating conditions, and so on.

To prevent accidents, timely detection of developing defects is required. The use of modern diagnostic methods and equipment can significantly reduce the likelihood of accidents.

ГРНТИ 49.29.14

K. T. Koshekov¹, P. P. Xaybuldin², M. A. Gaerilova³

¹доктор PhD, профессор, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150007, Республика Казахстан;

²д.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Промышленный транспорт», Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

³магистр, ст. преподаватель, кафедра «Технологии систем связи», Факультет энергетике, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан

e-mail: ¹kkoshekov@mail.ru; ²medtex20050@mail.ru; ³ylita2005@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЖИМА МИМО ПРИ ПОСТРОЕНИЯ КАНАЛА СВЯЗИ С УДАЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

При активной работе промышленных предприятий Казахстана остро встает вопрос об оценке влияния производственного процесса на экологическое состояние окружающей атмосферы. В современном мире понятия связь и экологический мониторинг тесно связаны друг с другом. Не имея физической возможности постоянно находиться на удаленных промышленных объектах, на помощь приходят автоматические станции контроля атмосферы. В данной статье рассматриваются проблемы построения канала связи с удаленными объектами экологического мониторинга.

Ключевые слова: экологический мониторинг, беспроводные системы связи, передача данных, окружающая среда, технология МИМО.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях интенсивного освоения недр Казахстана, важным является оценка влияния этих мероприятий на окружающую среду и условия жизнедеятельности общества.

Экологический мониторинг (мониторинг окружающей среды) – комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе

компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды.

Для проведения экологического мониторинга используются комплексные системы наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды.

Эти системы, как правило, работают в автоматическом режиме, на значительном удалении от центров обработки информации. Для передачи данных в них используются различные принципы и устройства удаленного доступа.

В связи с многообразием возможных вариантов передачи данных, возникают затруднения в обработке и анализе поступающей информации в аналитических центрах различных экологических служб.

Это усложняет оценку передаваемых данных и составления прогнозов и выбора решений для устранения экологических проблем.

Для разветвленных инфраструктур предприятий, расположенных в отдаленных, изолированных местах, использование неуправляемых систем мониторинга было долгое время ограничено предельной дальностью линий связи. Традиционно, радиосвязь использовалась лишь как часть комплексного решения, и несмотря на то, что она доказала свою рентабельность, существенными недостатками были ограничения, связанные с возможной скоростью передачи данных, длительностью времени передачи и повышенной вероятностью потери данных при расширении области передачи, а также влияние различных погодных условий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Последнее десятилетие характеризуется интенсивным развитием систем беспроводной связи (мобильная радиосвязь, системы беспроводного доступа к сети Интернет, компьютерные радиосети внутри зданий и др.).

Однако очень часто наблюдаются перебои в процессе обмена данными и потеря качества сигналов из-за удаленности расположения устройств экологического мониторинга от базовых станций, отсутствие покрытия сетями GSM фиксированных операторов и сложных метеорологических условий.

Оценку качества и надежности каналов связи произведем на примере удаленного сбора и передачи данных станцией мониторинга атмосферного воздуха AQM 65, производства компании AeroqualLTD (Окленд, Новая Зеландия).

AQM 65 представляет собой компактную станцию контроля качества воздуха, предназначенную для точного измерения уровня загрязнения атмосферы и параметров окружающей среды. Платформа станции комплектуется для измерения широкого спектра загрязнителей воздуха, таких как озон (O_3), двуокись азота (NO_2), окись углерода (CO), диоксида серы (SO_2), твердых частиц PM10 и PM2.5, а также метеорологических параметров, таких как температура, влажность, скорость и направление ветра.

Для связи со станцией Aeroqual AQM 65, а также для осуществления мониторинга данных получаемых с нее был разработан специализированный интерфейс AeroqualConnect [4].

AeroqualConnect – это стандартный пользовательский интерфейс. Доступ к нему возможен через беспроводную сеть WiFi, локальную сеть Ethernet.

Доступ к AeroqualConnect позволяет подключаться к станции AQM по локальной сети (по сети, непосредственно в здании или офисе и т.д.). Если на месте установки станции имеется локальная беспроводная сеть или сеть LAN, то можно настроить соединение AQM с этой сетью. Такой вариант возможен, если AQM установлена на границе промышленного объекта и беспроводная сеть покрывает место установки станции [4].

Также AQM 65 можно подключить к локальной сети Ethernet-кабелем от AQM до локального маршрутизатора, используя разъем Ethernet, находящийся в компьютере самой станции [4].

Есть другой способ управления станцией AQM, когда локальная сеть не позволяет доступ извне, и получить доступ к AQM возможно с помощью AeroqualCloud через Интернет [4].

AeroqualCloud – это сервер на основе облачной технологии. Подключится в данном случае возможно так же, как и в случае с AeroqualConnect, с помощью WiFi, Ethernet.

Большинство объектов мониторинга атмосферного воздуха в Казахстане находятся вне городских зон, в трудно доступной местности, что ограничивает применение локальной сети передачи данных. При этом, единственно возможным способом обмена данными с прибором, остается использование сети сотовой связи. Для организации таковой в станции AQM 65 установлен IP-модем, согласованный с основным процессором станции и настроенный, посредством SIM-карты на определение сети GSM.

Так как большинство промышленных объектов и станции контроля атмосферы находятся вне городских зон, а некоторые станции и вовсе в местах малопроеходимых человеком, и в месте установки станции отсутствует какой либо сигнал локальной сети, все способы связи рассмотренные выше не подходят в большинстве случаев. В таких ситуациях в станцию устанавливается IP-модем, и соединение устанавливается по сети сотовой связи.

На рисунке 1 представлены варианты связи станции AQM с клиентами.



Рисунок 1 – Возможные варианты передачи данных станции AQM

Поскольку данные передаются в реальном времени, реализация приложений с высокой пропускной способностью, сопровождается трудностями управления ресурсами, которые часто непреодолимы, в то время как дорогостоящие ресурсы должны быть распределены для сбора и анализа данных с удаленных станций. В результате всего этого, в настоящее время удобнее обратиться к сотовой связи для более гибкой и эффективной информационной платформы.

За годы развития беспроводной связи, развивались и технологии связи с глобальной сетью в основе которых лежат стандарты сотовой связи GSM и CDMA, а также стандарты систем передачи данных IEEE 802 (рисунок 2). Исторически технологии беспроводной связи развивались по двум независимым направлениям – системы телефонной связи (сотовая связь) и системы передачи данных (Wi-Fi, WiMAX) [2].

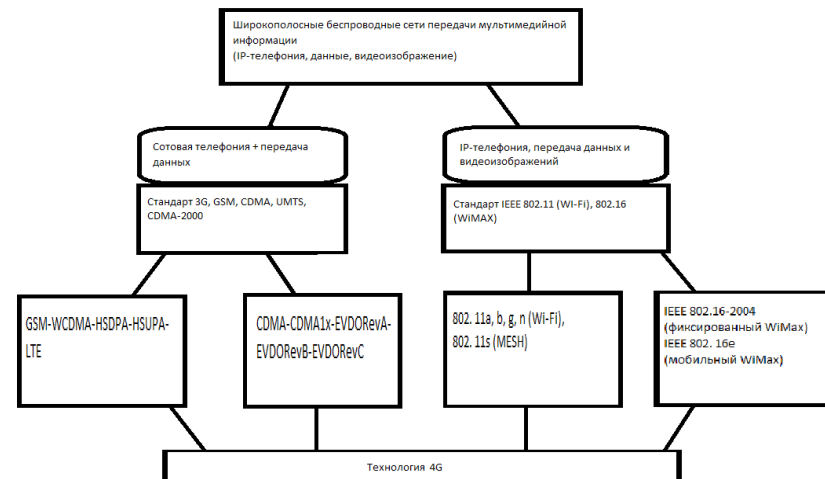


Рисунок 2 – Основные направления развития технологии широкополосной связи

Не смотря на быстрое развитие технологий сотовой связи, все еще остается, открыт вопрос наиболее важной проблемы – повышение качества надежности обслуживания пользователя при увеличении скорости передачи информации, за счет уменьшения вероятности ошибки передачи данных.

Нарастание числа информации передаваемой от станций мониторинга атмосферы, делает актуальным вопрос об увеличении пропускной способности, увеличении объема приема и передачи большего числа данных. Самым простым решением данной проблемы было бы увеличение излучаемой мощности и расширение полосы частот, но из-за дороговизны частотных диапазонов такое решение не целесообразно, но имеет место для рассмотрения.

Так же остается открытым вопрос о корректном восстановлении сигнала на приемной стороне, для этого нужно снизить ошибки при передаче данных. Снизить ошибки при передаче данных позволяет разнесенный прием, это становится возможным за счет передачи несколькими антеннами.

В современных высокоскоростных сотовых сетях например с режимом LTE или 4G в симбиозе могут работать некоторые конфигурации систем беспроводной связи. Такой симбиоз может значительно улучшить емкость сети, спектральную эффективность и скорость передачи информации.

Существует несколько базовых конфигураций систем беспроводной связи которые работают вместе с сотовой связью: SingleInputSingleOutput –

SISO (один вход, один выход), SingleInputMultipleOutput – SIMO (один вход, несколько выходов), MultipleInputSingleOutput – MISO (несколько входов, один выход) и MIMO (несколько входов, несколько выходов), структурные схемы 4х конфигураций представлены на рисунке 3 [2].



Рисунок 3 – Структурные схемы базовых конфигураций систем беспроводной связи

Требования к пропускной способности мобильных сетей очень высоки и, при этом, они постоянно растут. В каналах связи таких систем действует комплекс помех и искажений. В первую очередь необходимо учитывать влияние многолучевости, причиной которой является наличие отражений на трассе распространения радиоволн [5].

Для борьбы с многолучевым распространением сигналов применяется несколько различных решений. Одной из наиболее распространенных технологий является ReceiveDiversity – разнесенный прием. Суть его заключается в том, что для приема сигнала используется не одна, а сразу несколько антенн (две или четыре), расположенные на расстоянии друг от друга. Таким образом, получатель имеет не одну, а сразу две копии переданного сигнала, пришедшего различными путями. Это дает возможность собрать больше энергии исходного сигнала, т.к. волны, принятые одной антенной, могут не быть принятыми другой и наоборот. Также сигналы, приходящие в противофазе к одной антенне, могут приходить к другой синфазно.

Эту схему организации радио интерфейса можно назвать SingleInputMultipleOutput (SIMO). Также может быть применен обратный подход: когда используется несколько антенн на передачу и одна на прием. Благодаря этому также увеличивается общая энергия исходного сигнала,

полученная приемником. Эта схема называется MultipleInputSingleOutput (MISO). В обеих схемах (SIMO и MISO) несколько антенн устанавливаются на стороне базовой станции, т.к. реализовать разнесение антенн в мобильном устройстве на достаточно большое расстояние сложно без увеличения габаритов самого оконечного оборудования [3].

Естественным обобщением систем SIMO и MISO являются системы связи, в которых используется несколько передающих антенн и несколько приемных антенн. Такие системы известны под названием MIMO.

Технология MIMO подразумевает использование нескольких антенн на передающей стороне и нескольких антенн на приёмной стороне и позволяет значительно повысить пропускную способность и/или помехоустойчивость системы связи по сравнению с традиционной системой с одной передающей и одной приёмной антеннами (SISO) [3].

Ниже представлены положительные особенности режима MIMO которыми не обладают все остальные конфигурации системы беспроводной связи.

1) MIMO (Несколько входов, несколько выходов) – это общий термин для систем в которых выполняется передача и приём нескольких потоков данных через несколько антенн. Для повышения ёмкости канала используется метод пространственного мультиплексирования.

Разница между восходящими и нисходящими каналами заключается в асимметрической скорости передачи, причем характеристики могут зависеть от особенностей распространения сигнала из-за разных конфигураций антенн в базовых мобильных станциях (рисунок 4).

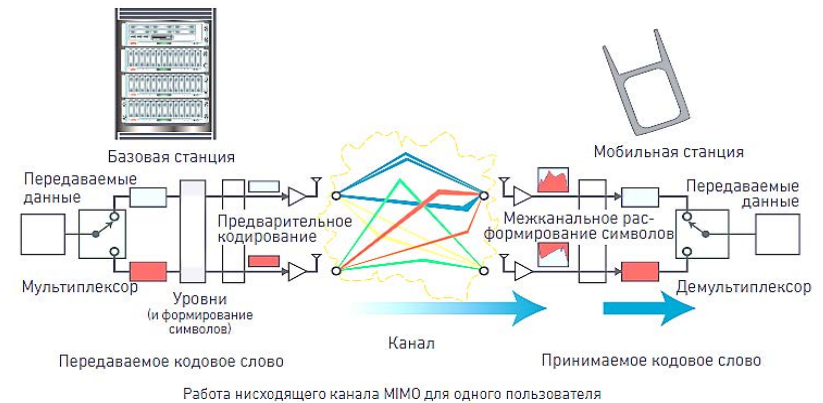


Рисунок 4 – Работа нисходящего канала MIMO для одного пользователя

2) Разность фаз принимаемого и передаваемого сигнала не влияет на MIMO без обратной связи.

Разности фаз, незначительные разности частот и смещения по времени устанавливаются за счет методик слежения в демодуляторе.

3) Сочетание конфигураций антенн базовой и мобильной станции сильно влияет на корреляцию канала (рисунок 5).

Угол излучения антенны базовой станции в сторону отдельного пользователя относительно узок, а угол прихода сигнала на мобильную станцию широк, что позволяет принимать не только прямые, но и отражённые сигналы.

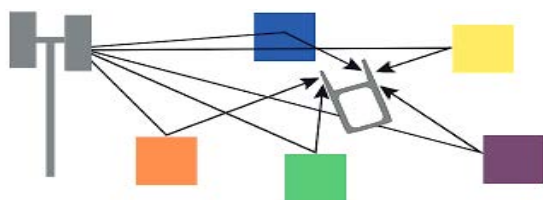


Рисунок 5 – Корреляция канала

4) Предварительное кодирование и внутреннее формирование диаграммы направленности адаптируют передаваемые сигналы в соответствии с состоянием канала.

Имеются два вида MIMO с обратной связью, в которых передаваемые сигналы взаимно связаны в соответствии с текущим состоянием канала. Предварительное кодирование для работы MIMO не нужно, но оно может улучшить параметры, если состояние канала меняется не слишком быстро. В LTE можно выбрать один из трёх вариантов предварительного кодирования. Некоторые устройства WLAN постоянно применяют индекс кодирования LTE 1 и называют это пространственным расширением

Внутреннее формирование диаграммы направленности (расширенная форма предварительного кодирования) изменяет передаваемые сигналы так, чтобы добиться лучшего отношения уровня несущей к шуму с помехами на выходе канала. В стандарте 802.11n внутреннее формирование диаграммы направленности называется просто «Формированием диаграммы направленности».

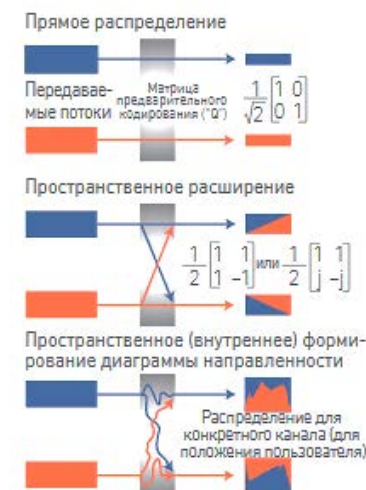


Рисунок 6 – Пространственное формирование диаграммы направленности

5) Система MIMO должна состоять хотя бы из двух передатчиков и двух приёмников, причём приёмники должны располагаться в одном месте.

Если это не так, то такая система скорее будет называться многоантенной, а не MIMO. Приёмники должны располагаться в одном устройстве, а передатчики – необязательно, из-за возможности применения двух мобильных станций в восходящем канале MIMO. На приведённом рисунке показан восходящий канал многопользовательской (MU) системы MIMO 2x2, в которой потоки данных двух разных мобильных станций обрабатываются одной базовой станцией. Их передачи спланированы так, что происходят в одно и то же время и занимают одни и те же частоты. Основное преимущество MU-MIMO в том, что ёмкость соты возрастает без дополнительных затрат и без увеличения потребляемого тока из-за наличия только одного передатчика в каждой мобильной станции [2].

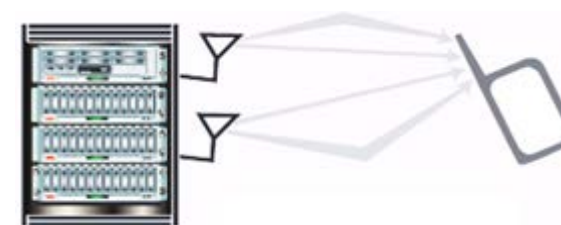


Рисунок 7 – Многоантенная передача в нисходящем канале

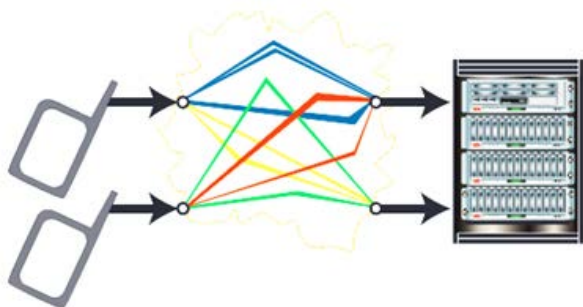


Рисунок 8 – MU MIMO в нисходящем канале

7) Восстановление сигнала MIMO выполняется в два приема:

- 1 Восстановление канальных коэффициентов
- 2 Разделение сигналов и демодуляция

8) Самым главным преимуществом системы MIMO является ее пропускная особенность.

Пропускная способность системы связи – максимальная скорость передачи информации, при которой обеспечивается сколь угодно малая вероятность ошибки.

Физический смысл возможности увеличения скорости передачи данных можно пояснить с помощью формулы Шеннона.

Например, емкость системы SISO определяется теоремой Шеннона-Хартли:

$$C = \log_2 \left(1 + \frac{E_b}{N_0} \right)$$

где $\frac{E_b}{N_0}$ – среднее отношение сигнал/шум.

Формула емкости системы MIMO:

$$C = \log_2 \left[\det \left(I_M + \frac{E_b}{N_0 N_{tr}} H H^H \right) \right] = \sum_{i=1}^{\min(N_{tr}, M_r)} \left(1 + \frac{E_b}{N_0 N_{tr}} \lambda_i \right)$$

где λ_i это собственное значение $H H^H$,
 $\det(\cdot)$ – определитель матрицы.

Соответственные и сингулярные значения связаны выражением $\sigma_i^2 = \lambda_i$.

Пропускная способность канала MIMO равна n пропускных способностей каналов SISO, т.е. канал MIMO может быть представлен в

виде совокупности параллельных каналов SISO и скорость передачи данных при технологии MIMO линейно увеличивается с увеличением числа антенн.

Тем не менее, для того, чтобы ощутить преимущества технологии MIMO, требуются мощные процедуры обработки сигналов от множества антенн в приемнике, с целью повышения пропускной способности канала и повышения достоверности принимаемых сообщений.

ВЫВОДЫ

Большинство промышленных предприятий и объектов недропользования в Казахстане являются источниками I и II классов экологической опасности, что требует постоянного контроля за выбросами предприятий. В этих условиях надежная и качественная взаимосвязь экологического мониторинга и телекоммуникаций позволит осуществить непрерывный контроль в режиме реального времени за состоянием окружающей среды. В условиях удаленности объектов и с невозможностью постоянного контроля, канал связи, построенный на основе мобильных операторов с режимом MIMO, наиболее интересен для выполнения этой задачи.

Для применения технологии MIMO в приборах экологического мониторинга необходимо рассмотрение, обоснование и выбор различных вариантов модернизации приемно-передающих устройств приборов экологического мониторинга.

В будущем будут рассмотрены следующие варианты модернизации станции:

- 1) построение канала связи клиент-станция с применением услуг сотовых операторов при поддержке режима SISO;
- 2) построение канала связи клиент-станция с применением услуг сотовых операторов при поддержке режима MIMO;
- 3) расширение приемно – передающей полосы частот.

Применение различных вариантов построения приемно-передающей сети требует оценки качества и емкости сигналов по зависимостям, а также необходимости определения уровня материальных затрат на модернизацию оборудования.

В качестве показателя эффективности предлагаемых технических решений возможно использование показателя удельных приведенных затрат на единицу емкости канала или коэффициента качества сигнала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Новиков, Ю. В. Локальные сети : архитектура, алгоритмы и проектирование. М., 2016. – 54–59 с.

2 **Дж. Ирвин, Д. Харль.** Передача данных в сетях : инженерный подход // БХВ-Петербург, 2009. – 17–26 с.

3 **Палмер, М., Синклер, Р.** Проектирование и внедрение компьютерных сетей // БХВ-Петербург, 2015, 38–56 с.

4 <https://www.aeroqual.com/> [Электронный ресурс]. (15.10.18).

5 **Нефедов, В. И., Сигов, А. С.** Основы радиоэлектроники и связи // Высшая школа, 2015. – С. 103–108.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

К. Т. Кошекoв¹, Р. Р. Хайбуллин², М. А. Гаврилова³

Қосалқы экологиялық мониторинг объектілеріне байланысты коммуникациялық қандай дамытуға арналған МІМО режиміні пайдалану

¹Инженерлік және санитарлық технологиялар факультеті,
Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті М. Қозыбаева,
Петропавл қ., 150007, Қазақстан Республикасы;

²Транспорт-жол факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы;

³Энергетика, автоматтандыру және телекоммуникациялар факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

К. Т. Koshekov¹, R. R. Khaibullin², M. A. Gavrilova³

Employment of the MIMO mode for building a communication channel with remote environmental monitoring objects

¹Faculty of Engineering and Digital Technology,
M. Kozybaev North Kazakhstan State University,
Petropavlovsk, 150007, Republic of Kazakhstan;

²Transport and Road Faculty,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan;

³Faculty of Energy, Automation and Telecommunications,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Қазақстанның өнеркәсіптік кәсіпорындарының белсенді жұмысымен өндіріс процесінің қоршаған орта атмосферасының экологиялық жағдайына әсерін бағалау мәселесі туындайды. Қазіргі әлемде коммуникация және қоршаған ортаның мониторингі тұжырымдамалары бір-бірімен тығыз байланысты. Дене қабілетіне қарамай, ол қашықтағы өнеркәсіптік орындарда үнемі жүреді, автоматты атмосфералық станциялар құтқаруға келеді. Бұл мақалада қоршаған орта мониторингінің қашықтағы сайттарымен байланыс арнасын құру мәселесі қарастырылады.

Under the active work of industrial enterprises of Kazakhstan, there is an acute question of assessing the impact of the production process on the ecological state of the surrounding atmosphere. In the modern world, the concepts of communication and environmental monitoring are closely related to each other. Having no physical ability, he is constantly at remote industrial sites, automatic atmospheric stations come to the rescue. This article discusses the problem of building a communication channel with remote environmental monitoring sites.

Б. В. Кошекova¹, А. А. Савостин²

¹докторант PhD, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

²к.т.н., доцент, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск 150000, Республика Казахстан
e-mail: ¹kbv_petr@mail.ru; ²alex_savostin@mail.ru

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ 4G ТЕХНОЛОГИИ

В статье рассмотрены особенности построения сетей сейсмических наблюдений (ССН). Предложена структура сети передачи данных на основе применения перспективной широкополосной беспроводной связи 4G. Представлены преимущества построения сети и оценка количества станций, находящихся в зоне покрытия. Предложены варианты решения проблем сетей передачи данных при препятствиях природного характера и горной местности.

Ключевые слова: сейсмический мониторинг, сеть передачи данных, технология 4 G.

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование технологий обработки сейсмологических данных и прогнозирования землетрясений основано на использовании материалов наблюдений, полученных с помощью локальных, региональных и глобальных сетей цифровых сейсмических станций, регистрирующей аппаратуры, а также на применении все более совершенных компьютерных технологий и методов обработки цифровых сейсмограмм из накопленных банков данных.

В данном направлении развития инструментальной сейсмологии интерес представляют научно-технические достижения ученых из Калифорнийского университета в Беркли, которые разработали приложение для Android. Оно дает смартфону возможность регистрировать сотрясение грунта во время землетрясения [1]. Это позволит создать глобальную сейсмическую сеть, которая сможет предупредить пользователей о приближении подземных толчков.

Совершенствуются сейсмографы – приборы регистрации и сбора сейсмических данных на основе применения новых технологий инерциальных и гравитационных измерений [2] и современных радиоэлектронных средств. Данные инновации увеличивают точность измерений, расширяют динамический диапазон сбора сейсмограмм, обеспечивают возможностями подключения дополнительных внешних датчиков и интерфейсов LAN и GSM, увеличивают время автономной записи и скорость передачи данных.

В настоящее время многие коллективы ученых применяют технологии искусственного интеллекта для разработки методик и алгоритмов анализа и обработки сейсмограмм [3]. Перспективные результаты в данной направлении описаны в работе [4] и связаны с использованием искусственных нейронных сетей для решения частной задачи классификации зашумленных сейсмических сигналов.

Из представленного анализа следует, что задача развития инструментальной сейсмологии продолжает оставаться актуальной.

Целью статьи стало – исследовать возможность построения высокоэффективной сети передачи сейсмических данных для обеспечения обработки сейсмограмм с применением современных интеллектуальных технологий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В Республике Казахстан успешно функционирует сеть сейсмических наблюдений (ССН) для регистрации землетрясений различной силы и удалённости, включающая 52 станции: региональные (РС), сейсмотелеметрические (СТС), пункты сильных движений (ПСД).

РС в количестве 28 единиц оснащены цифровой сейсмической аппаратурой с широким динамическим диапазоном, необходимым для регистрации как слабых, так и сильных землетрясений различной удалённости. Короткопериодная аппаратура (0,02÷10 сек.) с высокой чувствительностью регистрирует землетрясения в ближней зоне, а длиннопериодная (10÷360 сек.) – также землетрясения в ближней зоны и сильные землетрясения на удалении несколько тысяч километров. Основное оборудование: сейсмические регистраторы QUANTERRA (Q730), DAS 6102, CMG-DM24S3EAM (DM-24).

Основные 18 РС являются обслуживаемыми, т.е. информация обрабатывается непосредственно на станциях, результаты передаются в Центральную сейсмическую обсерваторию (ЦСО) в г. Алматы. Остальные 10 РС – необслуживаемые, по каналам спутниковой связи информация передается в ЦСО для обработки.

СТС – 7 цифровых телеметрических станций и 4 аналоговые станции системы «Вулкан». Каждая цифровая СТС оснащена регистратором MARS-3Т и 3-мя сейсмометрами СМ-3-КВ, ориентированные в направлении север-юг (N-S), восток-запад (E-W), и вертикально (Z). Аналоговые СТС (4 ед.) в количестве оснащены сейсмометрами СМ-3-КВ и аппаратурой передачи данных. Информация в ЦСО передается по радиоканалу УКВ диапазона посредством радиомодема MDS1710С.

Каждая из 13 ПСД оснащена GPS-антенной и цифровой аппаратурой сильных движений ETNA. Данные станции актуальны для инженерной сейсмологии при составлении карт детального сейсмического районирования и микросейсморайонирования.

На основании ежедневных поступлений материала формируется оперативный каталог обстановки, который размещается в том числе на сайте <http://www.some.kz/>.

В настоящее время в мире активно ведутся работы по совершенствованию ССН путем создания пунктов мониторинга вариаций почвенного радона (Rn222) приборами с передачей по мобильной связи GSM.

Как видно из приведенного анализа, передача непрерывных телеметрических данных со станций в ЦСО организуется следующими способами: УКВ радиосвязь, спутниковая связь и по каналам GSM/GPRS.

Авторы предлагают усовершенствовать ССН путем применения перспективной широкополосной беспроводной связи 4G, известной под названием IMT-Advanced. Структурная схема ССН, построенная на применении 4G, представлена на рисунке 1.

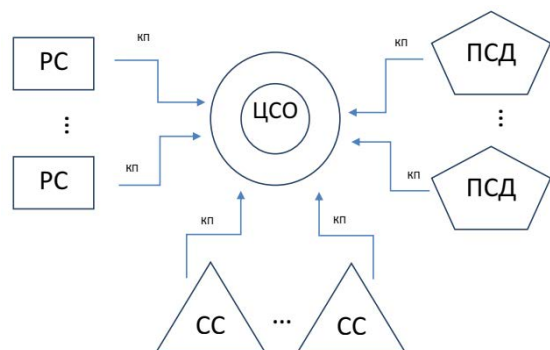


Рисунок 1 – Структурная схема ССН, построенная по технологии 4 G

На рисунке 1 приняты следующие обозначения ЦСО – Центральная сейсмическая обсерватория, РС – региональные сейсмические станции

(обслуживаемые и необслуживаемые), СС – сейсмотелеметрические станции (аналоговые и цифровые)

ПСД – пункты сильных движений, КП – каналы передачи сейсмических.

Благодаря применению инфокоммуникационных технологий 4G, стало возможным получение следующих преимуществ:

- высокая скорость передачи данных до 30 Мбит/с с высоким качеством голосовой связи;
- пакетный протокол передачи данных IPv4 и IPv6;
- возможность в предоставлении широкополосного доступа к интернету в труднодоступной местности, т.е. более оправдано установить одну станцию 4G, нежели провести оптоволоконную связь, что обеспечит высокоскоростную связь на десятки километров;
- доступность на месте огромнейшего объема всевозможной информации, в том числе видео об охране станций;
- повышение удобства и существенная экономия времени;
- доступность интернет-телевидение в высоком качестве (HD);
- создание видеозвонков и видеоконференции с несколькими станциями одновременно;
- возможность обработки образов сейсмограмм с применением нейронных систем и других средств цифровой обработки сигналов;
- возможность применения инфокоммуникационных технологий в местах, где есть покрытие 4G.

В настоящее время в Республике Казахстан обеспечивающие услуги широкополосной беспроводной связи 4G являются следующие операторы: СП «Tele2 Казахстан и Altel» и ТОО «Beeline Казахстан». В ходе исследований авторами были изучены зоны покрытия технологиями 4G сейсмических станций РК. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Покрытие 4G сейсмических станций РК

Покрытие 4G	Сейсмические станции				
	РС обслуживаемые	РС необслуживаемые	СТС цифровые	СТС аналоговые	ПСД
Tele2/Altel	9	6	3	3	12
Beeline	9	6	3	3	12
Общее количество	18	10	7	4	13

Как видно из таблицы 1, в среднем передачу данных от 40–80 % сейсмических станций можно обеспечить с применением 4G технологий. По расчетам авторов перевод станций, находящихся в зоне покрытия, обеспечивается 3-кратная экономия затрат на проведение сейсмического мониторинга.

При организации инфокоммуникационной сети ССН перевод других станций на технологии 4G пока имеет трудности:

- достаточно большое расстояние от станции наблюдения до базовой станции (БС);
- препятствия природного характера: особенности рельефа (горная и холмистая местность), густые лесные массивы и лесозащитные полосы, овраги и т.д.;
- расположение выше или ниже уровня приема в горной местности.

Указанные проблем авторы предлагают разрешить двумя вариантами.

Во-первых, применить, применить системы усиления 3G/4G-сигнала, включающей комплект антенн, приемник сигнала и набор комплектующих, обеспечивающих связь и слаженную работу всех компонентов. Существуют две системы усиления: с применением Wi-Fi технологии и без применения. Антенна – это устройство для приема и передачи сигнала от БС и обратно, устанавливается на крыше сейсмостанции. Сигнал от БС после приема 3G/4G антенной и предварительного усиления встроенным усилителем, подается на репитер – основной усилитель. Репитер усиливает сигнал и передает дальше по высокочастотному кабелю к сейсмической аппаратуре. Данные системы рассчитаны на всех операторов и каждый прибор работает через свою SIM-карту.

Во-вторых, строительство дополнительных БС. Данный вариант является дорогостоящим, однако из-за ежегодного снижения стоимости услуг телекоммуникаций, повышения возможностей применения 4G в других отраслях, например, в образовании, в логистике и на транспорте, затраты на строительство в течение короткого срока окупятся.

В качестве прибора для сбора информации предлагается использовать компьютерный сейсмограф ZET 7152-N VER.3, сочетающий в себе функции акселерометра и велосиметра с широким динамическим диапазоном до 176 дБ, бездемонтажной калибровки, возможностью подключения дополнительных внешних датчиков, удобной в использовании панелью управления, автономной записью до 18 часов, с интерфейсами LAN и GSM и высокой скоростью передачи данных.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований было установлено, что для обеспечения интеллектуальной обработки сейсмограмм требуется построение сети сейсмических данных на основе применения широкополосной беспроводной связи 4G. При этом переход в настоящее время станций, находящихся в зоне покрытия услуг, предоставляемых Казахстанскими операторами, обеспечивает достаточную экономическую эффективность. А

при строительстве базовых станций в горных и труднодоступных местностях позволит окупить проект за короткий период, в том числе, благодаря их применению в других отраслях и обеспечению цифровой связью сельских населенных пунктов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Hannibal, A. E.** On the possibility of using artificial neural networks in seismic monitoring tasks // Seismicheskie Pribory. – 2018. – Vol. 54. – No. 3. – P. 5–21. DOI: 10.21455/si2018.3-1

2 <https://nplus1.ru/news/2016/02/13/seismic-smartphones> [Электронный ресурс].

3 **Qingkai Kong, Richard M. Allen, Louis Schreier, Young-Woo Kwon.** MyShake : A smartphone seismic network for earthquake early warning and beyond // Science Advances. – Vol. 2. – No. 2. – 12 Feb 2016. – e1501055. – DOI: 10.1126/sciadv.1501055

4 **Кислов, К. В., Гравиров, В. В.** Использование искусственных нейронных сетей в классификации зашумленных сейсмических сигналов // Сейсмические приборы. – М. : ФГБУИ «Институт физики земли им. О. Ю Шмидта РАН», 2016. – Т. 52. – № 2. – С. 46–64.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Б. В. Көшекөва¹, А. А. Савостин²

4G технологиясы негізінде сейсмикалық деректерді беру желісін құру мүмкіндігі туралы

^{1,2}Инженерлік және сандық технологиялар факультеті,

М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,

Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

B. V. Koshekova¹, A. A. Savostin²

On the capability of building a network for transmission of seismic data on the basis of 4G technology

^{1,2}Faculty of Engineering and Digital Technology,

M. Kozybayev North Kazakhstan State University,

Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада сейсмикалық бақылау желілерін құру ерекшеліктері қарастырылған (СБЖ). 4G перспективалы кең жолақты сымсыз байланысты қолдану негізінде деректер желісінің құрылымы ұсынылды. Жабу аймағында орналасқан желі құрудың және станциялар санын бағалаудың артықшылықтары ұсынылған. Табиғи сипаттағы және таулы жерлердегі кедергілер кезінде деректерді беру желілерінің мәселелерін шешу нұсқалары ұсынылды.

The features of the building seismic observation networks (SON) are considered in the article. The structure of the data network based on the use of advanced 4G broadband wireless communications has been proposed. The advantages of building a network and an estimate of the number of stations in the coverage area are presented. The solutions to the problems of data networks with obstacles of a natural origin and mountainous areas are offered.

ГРНТИ 44.31.35

М. С. Кучербаяев¹, Д. Ш. Жуматаев²

¹магистрант, гр. МТЭ-24п, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, гр. МТЭ-12н, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹kucherbayev@icloud.com; ²zh.dauletbek@mail.ru

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАПАЛЬНЫХ ГОРЕЛОК ПРИ РОЗЖИГЕ КОТЛОАГРЕГАТОВ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с устройством запальных горелок для розжига котлоагрегатов, а также его технико-экономические оценки эффективности. Проводится описание метода и принципа работы с угольной пылью. В отличие от мазутной технологии розжига котлоагрегатов, запальные горелки, работающие на угольной пыли, имеют достаточное количество существенных моментов, среди главных – экономический эффект при экономии мазута, экологическая безопасность окружающей среды.

Ключевые слова: запальная горелка, угольная пыль, мазутная технология.

ВВЕДЕНИЕ

Горелка представляет собой устройство для смешения кислорода воздуха – основного окислительного компонента с топливом и создания постоянного устойчивого пламени.

Запальная горелка – технически важное устройство, необходимое для розжига основной горелки. Данные устройства широко используются в промышленных котлах и агрегатах, включая ТЭЦ.

Длительное время подобный вид горелок работал на мазуте. Это вид горелок позволяет более эффективно перерабатывать имеющиеся продукты переработки нефти в необходимую тепловую энергию в результате сжигания.

В последние годы наблюдается тенденция перепланировки заводов, перерабатывающих нефть на работу с более легкими ее составляющими (фракциями). В связи наблюдающимся дефицитом мазута и его экономической высокой его ценой применение запальных горелок на основе мазута уменьшается [1, 195].

Стоит отметить и сокращение добычи нефти, которое также делает мазут более дефицитным топливом для ТЭЦ. Ценовая категория мазута примерно в 10 раз выше цены угля, что значительно повышает затраты. Использование мазута не только не выгодно по ценовой категории, но и создает множество других технических проблем.

Для эффективного решения подобных проблем используются безмазутные устройства с топливом, выделяющим оптимальное, эквивалентное количества тепла с применением угольной пыли.

Сегодня имеется большое число агрегатов для безмазутной растопки котельных. В общем случае их делят на два вида:

1 Автономные – не имеющие связи с конкретным котлом и технологией его применения;

2 Индивидуальные – установленные на конкретном котле и связанные по рабочим параметрам с котлом и его дополнительными характеристиками.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Более эффективной технологией в развитии технических устройств для ТЭЦ принято считать запальные устройства, работающие на угольной пыли [2, 57].

Стоит отметить, что образующаяся угольная пыль не только чрезвычайно физически активна, ее технические характеристики достаточно близко приближаются к гидромазутным, чем облегчается возгораемость угля.

По всему миру разрабатываются запальные горелки, работающие на угольной пыли с целью замены дефицитного и дорогостоящего мазута.

Несмотря на разнообразие конструкций запальных горелок подобного типа их главной задачей является получение газозоодушного состава.

Горелки, применяемые для возгорания угольной пыли, работают под давлением и непрерывным потоком воздуха. Вне зависимости от конструкции запальной горелки рядом с ней имеется емкость для хранения угольной пыли и прибор для его дробления, в котором он превращается в порошок.

Главной задачей запальной пылеугольной горелки является ускорение газификации топлива для дальнейшей его переработки.

Важными критериями выборами запального угольного устройства являются следующие характеристики:

1 Создание оптимальных условий для устойчивого возгорания угольной пыли;

2 Высокий уровень качества работы устройства при промышленном использовании;

3 Экономическая оптимизация затрат на закупку запальников.

Сам метод работы с угольной пылью зарекомендовал себя высокой теплоотдачей и достаточным длительным временем прогорания угольной пыли. Измельченная угольная пыль быстрее возгорается и становится высоко реакционноспособной в короткие сроки.

Простота использования запального устройства, работающего на газовой пыли заключается в подведении газа к угольной пыли, которая в течение 1–2 минут самовоспламеняется.

Растопочные горелки, использовавшиеся в середине 20 века, в 40–50 годах имели неудобную конструкцию. Они работали на кусковом угле и требовали трудоемкого труда обслуживающего персонала.

Запальные устройства последнего поколения отличаются компактностью, эргономичностью, высоким уровнем приспособляемости к работе систем обеспечения ТЭЦ. Наибольшая эффективность наблюдается при работе с угольной пылью жестких топлив с большим выходом летучих компонентов [3, 13–15].

Многие специалисты также отмечают достаточно эффективную окупаемость оборудования, работающего на угольной пыли по отношению к оборудованию, работающему на мазуте.

На ТЭЦ современного типа уголь сжигается факельным способом в виде муки тонкого помола, которая в дальнейшем через горелки вдувается в топочное устройство потоком воздуха. Этот способ признан наиболее успешным, потому что позволяет управлять процессом горения.

Сгорание частиц угля проходит в несколько этапов. При попадании на горелку происходит нагрев угольной частицы до температурных показателей 400 градусов Цельсия и выше. В результате чего выделяются органические компоненты низкомолекулярных веществ, находящихся в составе угля.

Эти частицы начинают активно гореть, и температура заметно увеличивается.

Далее все летучие соединения испаряются и выгорание продолжает коксовый остаток – основной компонент, содержащий углерод. Углеродные частицы приходят в движение совместно с факелом, находящемся в сопле запальной горелки и возгораются.

Все вышеперечисленные процессы могут быть заметно разнесены по временным характеристикам и происходят на разном расстоянии от работающей горелки. Разброс температур при сгорании порошкообразного угля варьируется до 1350 градусов Цельсия.

Проведенные расчеты показывают, что значительное уменьшение частиц угольной пыли приводит к более качественному воспламенению в целом. В тоже время увеличение воздуха в сторону избытка к заметному понижению температуры в камере топки [4, 181].

Важным параметром при горении является коэффициент избытка воздуха, который рассчитывается как общий объем воздуха, подаваемый в топочное устройство в отношении к необходимому объему для сгорания источника энергии, в данном случае угольной пыли.

Порядка 10 лет назад появилось компьютерное слежение процессов, происходящих в топочной камере, учитывающее аэродинамические показатели топочной системы и процессов теплообмена. Отдельное внимание уделяется образованию оксидов азота и как следствие, снижению сосредоточения кислорода.

Наибольшее снижение концентрации кислорода наблюдается в топке с шлакоудалением жидких отходов и наименьшего уменьшения с шлакоудалением сухого характера.

Определяющим фактором большинства технологий сжигания является принятие эффективных мер по снижению выхода оксида азота, который образуется из-за неэффективного сгорания мазута. Максимальное уменьшение любых видов окислов достигается при применении мельниц самого мелкого помола и сжигание при минимальных концентрациях кислорода.

Из образующихся оксидов азота наиболее вредным считается оксид азота NO₂, так называемый «бурый газ» – газообразное вещество бурого цвета с резким неприятным запахом, отрицательно воздействующее на дыхательные пути человека и способное вызывать значительные функциональные нарушения органов и систем организма, влияя на обоняние и дыхание, а также зрительные функции.

Но наиболее отрицательное воздействие на организм вызывает совместное действие оксидов азота, негативно вступающих в реакцию с гемоглобином – белком крови, ответственным за перенос кислорода.

При сгорании мазута на ТЭЦ образуется огромное количества NO. Несмотря на то, что он раздражающе действует на дыхательные пути, человек может длительное время его не чувствовать.

При повышенной концентрации оксидов азота человек становится более восприимчивым к патогенной микрофлоре, вызывающей заболевания органов дыхания.

При работе запальных горелок, работающих на мазуте, образуются дымовые газы. Преобладающими продуктами горения мазута являются оксиды азота, а также соединения на основе натрия и ванадия, окислы неполного сгорания топлива, загрязняющие воздушную атмосферу вокруг ТЭЦ или осаждающиеся вокруг ее территории.

Уголь по своему составу относится к циклическим аренам с большой процентной массой углерода, воды и примесей минерального характера, сгорающих с образованием золы. При сгорании угля образуются более

безопасные компоненты – угольная кислота, распадающаяся на углекислый газ и воду, а также оксиды веществ минерального происхождения [5, 93].

По последним данным оксиды азота, образующиеся при горении мазута еще более вредны, чем угарный газ. При соприкосновении оксидов азота с влажной человеческой кожей образуются сразу две кислоты – азотная и азотистая. Азотная кислота относится к одной из трех самых сильных кислот, обладающих сильными окислительными свойствами.

В свою очередь эти две кислоты раздражающе действуют на органы дыхания, в значительной степени поражая альвеолы легких – пузырьковые структуры, осуществляющие газообмен с капиллярами легких.

Дальнейшее действие оксидов азота проявляется не только в разрушении альвеол, но и увеличении частоты простудных заболеваний, а также в появлении хронических заболеваний легких. Вторичное действие оксидов азота заключается в образовании нитритов – солей азотистой кислоты и дальнейшем всасывании их в кровь.

При этом гемоглобин крови живых организмов превращается в метгемоглобин и происходит нарушение сердечно-сосудистой деятельности в целом. Попутно оксиды азота участвуют в образовании фотохимического смога также негативно воздействующем на органы дыхания. При этом кровеносная система теряет способность переносить кислород по органам и тканям.

ВЫВОДЫ

При замене мазута на угольную пыль при подаче ее в горелочное устройство решаются следующие технические проблемы:

- удобные способы хранения и транспортировки угольной пыли непосредственно к месту розжига;
- одновременное воспламенение образующихся газовых и воздушных потоков.
- автоматизация конструкций регулирования безмазутной растопки угольной пыли.

Экономический эффект с учетом экономии мазута при больших объемах работы составляет десятки миллионов долларов и максимальном сроке окупаемости в пределах одного года делает запальные горелки на угольной пыли более выгодными.

Немаловажным аспектом является и большая экологическая безопасность запальных устройств, не выделяющих вредных окислов азота, отрицательно влияющих на человеческое здоровье.

Для эффективности системной оценки первичных горелочных устройств, работающих на угольной пыли следует оценивать

все технические аспекты их использования, а также поиск новых путей и средств защиты окружающей среды и здоровья человека [6, 83].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Жуйков, А. В., Видин, Ю. В.** Модернизация безмазутной растопки и подсветки котельных агрегатов на Красноярской ТЭЦ-2// Промышленная энергетика. – 2006. – № 5.

2 **Буянтуев, С. Л., Елисафенко, А. В., Легостаев, С. М.** Применение плазменных пылеугольных горелок на котле ТПЕ–185 Улан-Удэнской ТЭЦ // Энергет.

3 **Карпенко, Е. И., Мессерле, В. Е., Коногоров, Н. М.** Плазменно-энергетические технологии использования угля для эффективного замещения мазута и природного газа в топливном балансе ТЭС // Теплоэнергетика. – 2004. – № 10. – С. 53–60ик. – 2003. – № 3.

4 **Дубровский, В. А.** Повышение эффективности энергетического использования углей Канско-Ачинского бассейна : Монография. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004.

5 Пат. 2313034 Российская федерация, МПК F23C 5/08. Топка / В. А. Дубровский, Ж. Л. Евтихов, Г. М. Анохин и др.; заявитель и патентообладатель КГТУ, опубл. 20.12.07, Бюл. № 35 Практические рекомендации по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике (с типовыми примерами). – М., 2000. – 290 с. – 5 с. : ил.

6 Энергетическая стратегия России на период до 2020 года. Распоряжение Правительства России от 28.08. 2003 № 1234-Р, 2003. – 118 с.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

М. С. Кучербаяев¹, Д. Ш. Жуматаев²

Қазандықтың жануы кезінде тұтандыру оттығы пайдалану проблемалары

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

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

M. S. Kucherbayev¹, D. S. Zhumatayev²

Problems of the use of ignition burners when heating boilers

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

Material received on 06.02.19.

Мақалада қазандық қондырғыларын жалындаған тұтандыру оттығы құрылымы, сондай-ақ техникалық және экономикалық тиімділік бағалары қарастырылады. Көмір шаңсымен жұмыс істеу әдісі мен әдісінің сипаттамасы. Көмір отындарына арналған отынның жану технологиясынан айырмашылығы, көмір шаңында жұмыс істейтін оттықтардың қыздырғыштары маңызды нүктелердің жеткілікті сабына ие, олардың арасында мазутты үнемдеуде, қоршаған ортаны қорғаудағы экономикалық тиімділік бар.

The article deals with the issues related to the device of ignition burners for ignition of boiler units, as well as its technical and economic efficiency estimates. A description of the method and principle of working with coal dust is given. In contrast to the fuel oil ignition technology of boiler units, ignition burners operating on coal dust have enough significant moments, among the main ones there is an economic effect in saving fuel oil and, environmental safety.

**В. П. Марковский¹, Б. К. Шапкенов²,
А. Б. Кайдар³, М. Б. Кайдар⁴**

¹к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³м. т. и т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

⁴менеджер АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: ¹wadim54@mail.ru; ²argin_intel@mail.ru; ³argin_intel@mail.ru;

⁴1m.kaidar@amangeldygas.kz

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ РИСКОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЯХ

В статье рассмотрены использующиеся в современной международной практике системы риск-менеджмента в электроэнергетике: ранжирование рисков по вероятности, ранжирование рисков по величине нанесенного ущерба, ранжирование рисков по величине нанесенного ущерба. Приведены различные варианты матриц рисков для конкретных предприятий. Сформулированы мероприятия по совершенствованию организации системы управления рисками в электрохозяйстве предприятия с учетом проведенного анализа, предложены рекомендации по управлению рисками, которые позволяют увеличить вероятность безотказной работы энергетического оборудования при выполнении рекомендаций системы риск-менеджмента.

Ключевые слова: системы риск-менеджмента, ранжирование рисков по вероятности, по величине нанесенного ущерба, матрицы рисков, выявленные угрозы, надежность, реализация фактора риска

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения устойчивого развития и выполнения стратегических целей энергетической отрасли необходимо уметь грамотно управлять рисками. Любой хозяйствующий субъект должен сам оценивать величину приемлемого в данных конкретных условиях риска и в соответствии с этим проводить мероприятия, которые позволяют избежать превышения этого

значения в процессе хозяйственной деятельности. Безусловно, обеспечение бесперебойной и эффективной работы системы энергоснабжения, невозможно без разработки адекватной текущей ситуации системы риск-менеджмента в электрохозяйстве организации. Однако процесс определения и оценки совокупности рисков, присущей конкретному промышленному предприятию, а также действенных инструментов управления этими рисками, следует признать сложным и требующим серьезных усилий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Разработка системы риск-менеджмента (рисунок 1) на предприятии базируется на выявлении и оценке уровня приемлемого риска. Данный подход является более эффективным, нежели стремление к достижению нулевого риска, в соответствии с которым считается необходимым полное исключение вероятности влияния негативных событий на текущие процессы на предприятии за счет проведения соответствующих организационных мероприятий, созданию необходимых систем безопасности, предотвращающих все возможные опасности.

Помимо высокой стоимости реализации такого подхода следует отметить его практическую неэффективность – условия функционирования энергетического предприятия или электрохозяйства предусматривают вероятностный характер происходящих внутри и вне его событий и регулярное появление случайных, незапланированных факторов.



Рисунок 1 – Ранжирование рисков по вероятности

Концепция допустимого риска учитывает этот вероятностный характер и позволяет спрогнозировать ущерб от реализации того или иного фактора

риска, зарезервировать и своевременно распределить ресурсы как на снижение вероятности появления проблемы, так и на соответствующую подготовку к проведению мероприятий по устранению возможных последствий аварии.

Для расчета показателя приемлемого риска имеет смысл провести ранжирование выявленных угроз надежности в зависимости от величины возможного ущерба и вероятности наступления рискованного случая [1, с. 123].

Вышеизложенные подходы позволяют сформировать следующую укрупненную схему оценки рисков [2, с. 135–138] на энергетическом предприятии или в электрохозяйстве (рисунок 1–4):



Рисунок 2 – Ранжирование рисков по величине нанесенного ущерба



Рисунок 3 – Ранжирование рисков по величине нанесенного ущерба

Рекомендации системы риск-менеджмента в зависимости от ранга [3, с. 68–73], присвоенного конкретному виду риска, приведены в таблице 1:

Таблица 1 – Рекомендации по управлению рисками

Ранг	Мероприятия в целях приведения риска к приемлемому уровню
Очень низкий риск	Данные риски находятся на приемлемом уровне, дополнительные мероприятия не требуются, возможна проверка на избыточность обеспечения надежности
Низкий риск	Уровень риска соответствует приемлемому, проводимых мероприятий достаточно для поддержания надежности, дальнейшее снижение риска следует осуществлять только с минимальными затратами имеющимися в распоряжении предприятия ресурсов
Средний риск	Риски превышают допустимые значения, предприятию следует разработать комплекс мероприятий по их снижению, в случае необходимости для этого следует выделить дополнительные ресурсы
Высокий риск	Данная группа рисков является недопустимой, необходимы срочные действия по снижению величины риска до приемлемых значений. Соответствующие мероприятия следует осуществлять до тех пор, пока риск не перейдет в категорию средних, после чего работа с данным фактором будет вести в обычном порядке. В случае, если рассматриваемый риск снизить не удастся, возможно рассмотреть вопрос о прекращении деятельности в данных условиях
Очень высокий риск	Категория рисков, означающая высокую вероятность наступления катастрофических последствий при реализации фактора риска, в случае выявления такого рода опасностей деятельность должна быть полностью прекращена (время на снижение опасности превышает средний ожидаемый период до момента крупной аварии)

Для получения величины комплексного риска [4, с. 115–119] производится суммирование показателей возможного ущерба от всех выявленных независимых друг от друга видов риска с учетом вероятности их возникновения. На эффективность мероприятий, проводимых с целью снижения комплексного риска, будут влиять, с одной стороны, затраты на их осуществление, с другой стороны, фактическая величина уменьшения риска.

При этом оптимальное значение затрачиваемых на систему управления рисками ресурсов и будет достигнуто в случае:

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{\Delta KP}{\Delta Z} = 1,$$

т.к. при дальнейшем увеличении затрат снижение величины риска будет недостаточным для их возмещения.

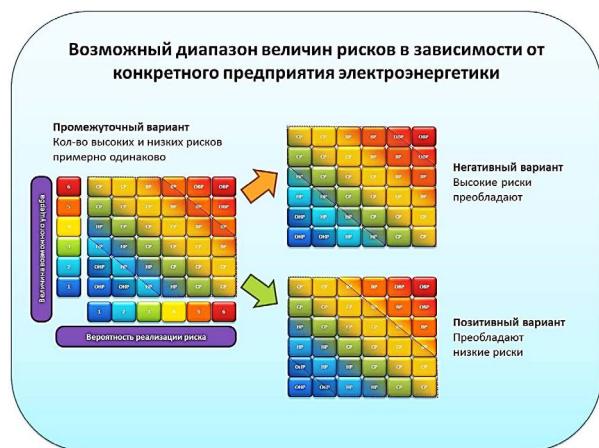


Рисунок 4 – Различные варианты матриц рисков для конкретных предприятий

ВЫВОДЫ

Обоснована необходимость повышения качества принятия управленческих решений с учетом влияния рисков при реализации сложных инновационных проектов по созданию и эксплуатации объектов энергетики.

Рассмотрены подходы к решению проблемы эффективного управления предприятиями энергетической отрасли, в том числе управления рисками, как элемента общей системы управления предприятием.

Разработаны рекомендации по управлению рисками, сформированы предложения по совершенствованию системы управления рисками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П. Система диагностики аварийных пульсаций напряжения в контактной сети тяговых преобразователей // Сб. Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. – Ч. 1. – Алматы, 1996. – С. 135–138.

2 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.

3 Шапкенов, Б. К. Обеспечение непрерывного функционирования предприятий при отключении электроэнергии Международная научно-практическая конференция «Снижение рисков и ликвидация последствий ЧС природного и техногенного характера – приоритетные направления социальной безопасности и устойчивого развития в северных регионах РК, г. Павлодар, 2009. – С. 68–73.

4 Шапкенов, Б. К. Многоуровневая защита деятельности предприятий от аварий и негативных факторов» / Журнал «Комплексная безопасность». – № 10. – 2009. – с. 115–119.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

В. П. Марковский¹, Б. К. Шапкенов², А. Б. Кайдар³, М. Б. Кайдар⁴

Энергетикалық компаниялардағы тәуекелдерді өлшеудің кешенді жүйесі

^{1,2}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

³«ХимПарк Тараз» ЕЭА БК» АҚ, Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

⁴«ҚазТрансГаз» АҚ, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

V. P. Markovsky¹, B. K. Shapkenov¹, A. B. Kaidar³, M. B. Kaidar⁴

A comprehensive system of risk measurement in the energy companies

^{1,2}S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³JSC «MC SEZ HimPark Taraz», Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

⁴JSC «KazTransGas», Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада электр энергетикасындағы тәуекел-менеджмент жүйесінің қазіргі халықаралық тәжірибесінде қолданылатын: ықтималдығы бойынша тәуекелдерді саралау, келтірілген залал

көлемі бойынша тәуекелдерді саралау, келтірілген залал көлемі бойынша тәуекелдерді саралау қарастырылған. Нақты кәсіпорындар үшін тәуекел матрицаларының әр түрлі нұсқалары бар. Жүргізілген талдауды ескере отырып, кәсіпорынның электр шаруашылығында тәуекелдерді басқару жүйесін ұйымдастыруды әсетілдіру бойынша іс-шаралар қалыптастырылды, тәуекел-менеджмент жүйесінің ұсынымдарын орындау кезінде энергетикалық жабдықтың тоқтаусыз жұмыс істеу мүмкіндігін арттыруға мүмкіндік беретін тәуекелдерді басқару бойынша ұсынымдар ұсынылды.

In the article there are presented the systems of risk management in the electricity industry used in the modern international practice: a ranking of the risks by probability, ranking the risks according to the magnitude of the damage, ranking the risks according to the magnitude of the damage. There are various risk matrices for specific enterprises. Formulated measures to improve the organization of the risk management system in the electrical equipment of the enterprise including analysis, recommendations on risk management, which allow to increase the probability of failure-free operation of energy equipment during the implementation of the recommendations of the system of risk management.

ГРНТИ 44.09.03

**С. А. Мендыбаев¹, Н. Б. Байкенова²,
М. А. Чуприна³, Г. М. Садвокасова⁴**

¹к.т.н., доцент, Энергетический факультет, Казахский аграрный университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010011, Республика Казахстан;

²ст. преподаватель, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴ст. преподаватель, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹norbiba@mail.ru; ²lyubeckaya.marin@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ИСТОЧНИКА ТОКА С КРУТОПАДАЮЩЕЙ ВНЕШНЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

В статье проведено исследование переходных процессов резонансного источника тока с крутопадающей внешней характеристикой методом математического моделирования, получены осциллограммы тока при различных добротностях и значениях емкости резонансного контура, выполнен анализ результатов моделирования.

Ключевые слова: переходные процессы, крутопадающая внешняя характеристика

ВВЕДЕНИЕ

Источник тока с крутопадающей внешней характеристикой, рассматриваемый в статье, является резонансной схемой. Резонансный источник тока (РИТ) относится к техническим устройствам больших мощностей, анализ и синтез которых представляет собой сложную задачу. Решение этой задачи является трудоемким процессом, требующим существенных материальных затрат. Физическое моделирование (ФМ) не позволяет исследовать режимы при изменении реактивных параметров в широких пределах, не обеспечивает учета нелинейностей, особенно

при аварийных режимах. В связи с этим большое внимание уделяется математическому моделированию (ММ).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ силовых схем с помощью математических моделей позволяет существенно сократить объем, исследований по сравнению с физическим моделированием, обеспечивает возможность просмотра большого количества вариантов, интересных для анализа объекта [2]. С этой целью была разработана математическая модель (МД), с учетом характерных особенностей резонансного источника, среди которых одной из основных являются коммутация нулевых значений выходного тока). В процессе моделирования нагрузка источника менялась от значения $Z_H = 0$ (короткозамкнутый режим источника тока), до значения $Z_H = Z_{H\text{НОМ}}$ (номинальный режим источника тока), при различных значениях добротности Q резонансного контура резонансного источника.

На схеме замещения (СМ) резонансного источника тока (рисунок 1), обозначено: R_H – сопротивление нагрузки; r_{TP} – активное сопротивление трансформатора; L_{TP} – индуктивность рассеяния трансформатора; R_L – активное сопротивление дросселя параметрического источника; i_H, i_L, i_C – токи через R_H, L, C ; U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} – линейные напряжения питающей сети.

Электромагнитные процессы в резонансном источнике тока, описываются следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} L \cdot di/dt &= U_C - U_{BC} - i_L \cdot R_L \\ i_C &= -i_L - i_H \\ i_C &= C \cdot dU_C/dt \\ L_H \cdot di_H/dt + i_H \cdot (R_H + r_{TP}) &= U_C + U_{CA} = U_1 \end{aligned} \tag{1}$$

Структурная схема математической модели параметрического источника, на базе ИМС, реализующая систему уравнений (1), приведена на рисунке 2. Усилители 1, 2, 3 представляют собой модель колебательного звена, настроенного на частоту сети, в котором имеются два контура отрицательной обратной связи (ООС):

- контур, связанный с добротностью дросселя;
- контур, моделирующий нагрузку.

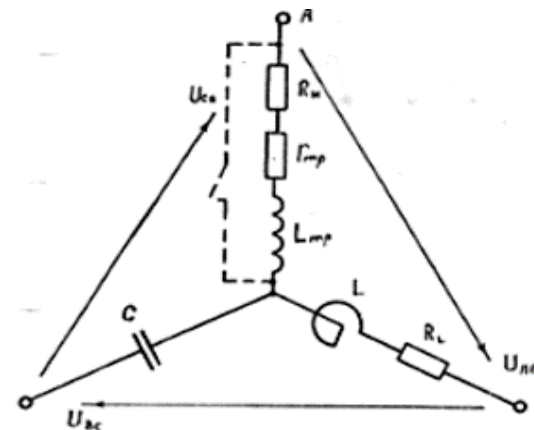


Рисунок 1 – Схема замещения трехфазного резонансного источника тока

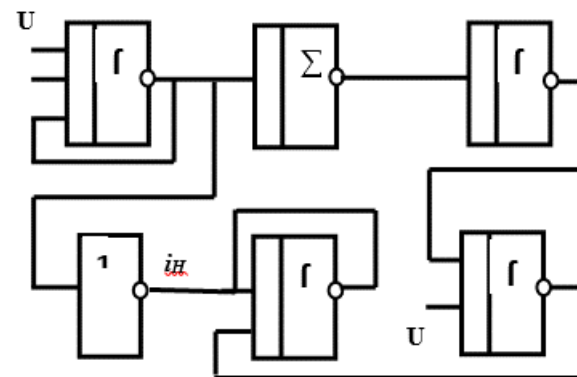
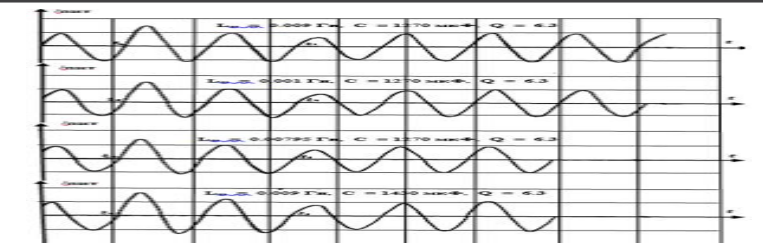
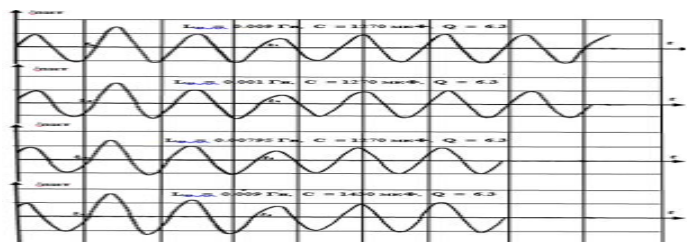


Рисунок 2 – Схема математической модели резонансного источника

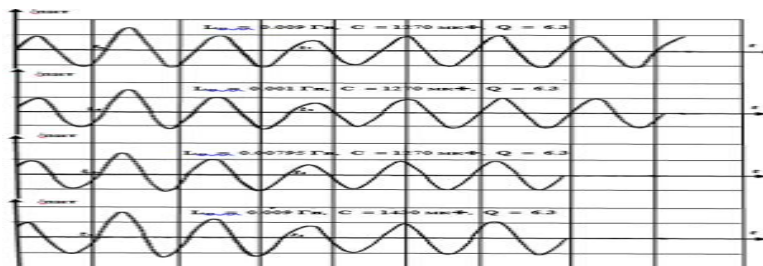
На рисунках 3 и 4 приведены осциллограммы тока резонансного источника, полученные на математической модели при различных значениях величины нагрузки, добротности Q , резонансного контура источника и отклонений емкости C (рисунок 1) от резонансного значения.



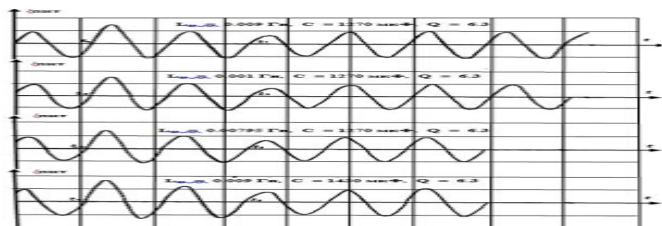
L=0,009Гн, C=1270 мкФ, Q=6,3



L=0,001Гн, C=1270 мкФ, Q=6,3



L=0,00795Гн, C=1270 мкФ, Q=6,3



L=0,009Гн, C=1430 мкФ, Q=6,3

Рисунок 3 – Осциллограммы тока резонансного источника при различных добротностях и параметрах резонансного контура

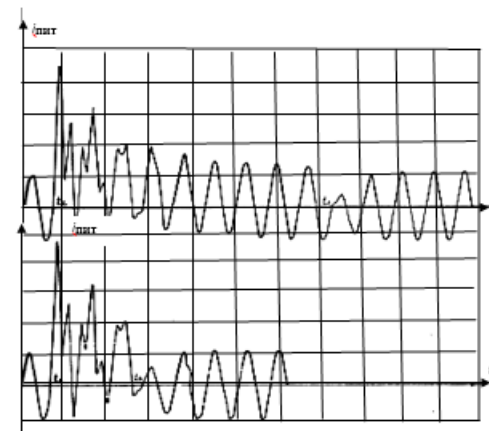


Рисунок 4 – Осциллограммы тока источника в переходных режимах

Результаты моделирования показали:

- 1) При $(R_H + r_{TP}) \gg RL$ изменение добротности в широких пределах не влияет на переходный процесс при коммутациях нагрузки.
- 2) При замыкании нагрузки, в начальный момент появляются значительные броски токов, вследствие ненулевых начальных условий переключения.

3) Длительность переходного процесса T_{II} , при выполнении условий:

$$R_H \gg R_L, R_H \gg r_{TP}$$

можно с достаточной степенью точностью оценить постоянной времени равной:

$$T_{II} = L / (R_H + L_{TP}) = 1 / \omega \cdot x / R_H = T_C / 2 \pi \cdot x / R_H,$$

$$T_{II} / T_C = 1 / 2 \pi \cdot x / R_H$$

4) При отклонениях емкости C параметрического источника тока от своего резонансного значения, коэффициент демпфирования контура нагрузки меняется в C/C_1 раз, также меняется и время переходного процесса равно:

$$T_{III} = T_{II} \cdot C / C_1$$

5) В зависимости от соотношений T_1 и T_2 переходной процесс будет аperiodическим или колебательным. Условие аperiodического переходного процесса записывается:

$$\xi \geq 1 \Rightarrow T_2 / T_1 \geq 4$$

$$(r_{TP} + R_H)^2 \cdot C / L_{TP} \geq 4$$

$$(r_{TP} + R_H) \geq 2 \cdot \sqrt{C / L_{TP}}$$

$$\xi \geq \sqrt{(2) / 2}$$

Время переходного процесса ($t_{П}$) определяется суммой постоянных времени T_1 и T_2 . При значениях коэффициента демпфирования равного:

Колебательный характер переходного процесса незаметен и переходной процесс становится близким к аperiodическому.

Проведенные в статье исследования динамики резонансного источника тока, на математической модели, могут быть использованы при практическом проектировании источников питания для наиболее энергоемких потребителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Семенов, Б. Ю. Силовая электроника. – М., 2012.

2 Сукер, К. Силовая электроника. – М., 2015.

3 Мендыбаев, С. А., Иванова, Е. В. Классификация вентильных преобразователей с характеристиками источников тока. В сборнике МНТК «Эффективное и качественное использование электроэнергии». Екатеринбург, 2012.

4 Мендыбаев, С. А., Исенов, С. С., Айболатова, А. К. Анализ вентильных преобразователей с характеристиками источников тока. В сборнике МНТК «Технические и математические науки». – М., 2016.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

С. А. Мендыбаев¹, Н. Б. Байкенова², М. А. Чуприна³, Г. М. Садвокасова⁴

Сыртқы сипаттамасы күрт құлайтын ток көзінің өтпелі үрдістерін зерттеу

¹Энергетикалық факультеті,

С. Сейфуллина атындағы Қазақ агротехникалық университетті,
Астана қ., 010011, Қазақстан Республикасы;

^{2,3,4}Энергетикалық факультеті,

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

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

S. Mendybayev¹, N. Baikenova², M. Chuprina³, G. Sadvokasova⁴

Research of transition processes of the current source with a large-drop external characteristics

¹Energy Faculty,

S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Astana, 010011, Republic of Kazakhstan;

^{2,3,4}Faculty of Energy Engineering,

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

Material received on 06.02.19.

Мақалада математикалық модельдеу әдісімен тегіс жағылатын сыртқы сипаттамалары бар резонансты ток көзінің өтпелі кезеңдерін зерттеу жүргізілді, резонанстық тізбектің әр түрлі Q-мәндері мен сыйымдылық мәндері үшін ағымдағы осциллограммалар алынған, модельдеу нәтижелерін талдау жүргізілді.

In the article, a study of transients of a resonant current source with a steeply dipping external characteristic by a method of mathematical modeling has been carried out, current oscillograms have been obtained for various Q-values and capacitance values of a resonant circuit, the analysis of simulation results has been performed.

**А. Х. Мустафин¹, Д. Н. Кабылкайыр²,
Т. А. Искакова³, В. В. Грёбенкин⁴**

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

²преподаватель-ассистент, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

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

⁴студент, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ²kabylkairov91@mail.ru; ³iskakovatm@gmail.com

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ОТ ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

Известно, что повышенная вибрация значительно уменьшает надежность оборудования. В результате при работе насоса и двигателя могут возникать перебои, что тормозит процесс и может вызвать поломку агрегатов.

Целью данной работы является снижение количества отказов по причине повышенной вибрации, улучшение условий труда за счет уменьшения шума, вибрации и утечек жидкостей в насосных агрегатах, применяемых в магистральных трубопроводах, а также используемых при выполнении технологических процессов в нефтехимическом и нефтегазовом производстве.

Рассмотрены основные причины возникновения вибраций и колебаний насосного агрегата. Наиболее часто встречающаяся причина вибрации – дисбаланс ротора при его вращении.

Предложены способы снижения вибраций ротора насоса. Одним из эффективных способов является внедрение демпферных устройств в конструкцию агрегатов. Демпферное устройство подшипника представляет собой простое конструктивное решение, которое в первую очередь предполагает обеспечение снижения

пульсаций рабочей среды и предохранение прибора от гидравлических ударов.

Ключевые слова: насосный агрегат, вибрации, колебания, неуравновешенность ротора, демпферное устройство, подшипник, работа насоса.

ВВЕДЕНИЕ

Рассматривая основные причины вибрации насосного агрегата, можно определить со спектром частот, по которым необходимо произвести подбор амплитудно-частотных характеристик демпферных устройств и оптимизацию их параметров. Неуравновешенность ротора (дисбаланс) при его вращении вызывает переменные нагрузки на опорах ротора и изгиб вала. Это наиболее общая из часто встречающихся причин вибрации. Максимальная амплитуда вибрации при дисбалансе имеет радиальное направление. Частота вибрации (в Гц), характерная для дисбаланса, равна:

$$f = \frac{n}{60}, \quad (1)$$

где n – частота вращения ротора в минуту.

Гидродинамическими источниками колебаний могут быть динамические составляющие радиальных и осевых сил, действующих на ротор насоса и обусловленных неравномерностью распределений давлений в проточных каналах насоса. Пульсации этих сил являются сложными колебаниями, содержащими компоненты на частоте вращения f , лопастной частоте $Z \cdot f$ (Z – число лопаток) и их гармоники – $k \cdot f$ и $k \cdot Z \cdot f$ ($k = 1, 2, 3, \dots$ – номер гармоники). Следовательно, при расчете параметров демпферов необходимо произвести их оптимизацию, которая учитывала бы взаимное влияние колебаний механической системы. Согласно исследованиям, проведенным Перевошиковым С. А. [1], одной из наиболее значимых по величине вибрации является пульсация давления потоков в проточных частях насосов. Она происходит при понижении подачи насосов с лопастной частотой, кратной количеству лопастей в рабочем колесе, а при повышении подач сверх номинальной с лопастной частотой кратной произведению лопастной частоты и количеству лопаток отвода. Пульсация давления, в свою очередь, связана с нестабильностью потоков и образованием вихрей из-за неравномерности полей скоростей и давлений [2]. Данный вид вибрации относится к внешним и сопровождается колебаниями корпуса насоса. В работе Мисюры В. И., А. А. Панченко [3] установлена четкая связь между вибрациями корпуса и пульсациями давления. Для снижения вибрации предлагается провести ряд конструктивных мероприятий: уменьшить угол наклона лопастей на входе

рабочего колеса, увеличить число лопастей, уменьшить диаметр входного отверстия рабочего колеса и снизить частоту вращения вала.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В работе Попова Д. Н., Сосновского Н. Г., Сиухина М. В. [5], по результатам моделирования, предлагается необходимую жесткость и демпфирование опор ротора обеспечить за счет применения подшипников жидкостного трения, которые должны снизить вибрацию подшипников. Очевидно, что вносимые для применения конструктивные изменения требуют экспериментальных исследований на всех режимах работы насосов. В одном из авторских свидетельств на изобретение [6] разработаны конструкции, выравнивающие поля скоростей на выходе лопатки и обеспечивающие снижение пульсации давления жидкости. С этой целью рекомендуется подрезать лопатки на периферии и в освободившееся пространство поместить круглые диски, образующие щелевые каналы, которые работают по принципу машин трения. Авторами проведены экспериментальные стендовые испытания для одного из типов насоса, которые подтвердили эффективность мероприятия. Однако, испытания проведены только для одного насоса и выводы не могут распространяться для других. Кроме того, применение щелевых канавок в проточной части по нашему мнению увеличивают потери на трение и понижают КПД насоса на номинальных режимах работы.

В работе [7] предлагается устанавливать упруго-демпферные опоры агрегата между фундаментом и рамой агрегата, которые, по их мнению, должны снизить до 50 и более раз передачу на фундамент динамических (вибрационных) нагрузок генерируемых агрегатом. Амортизатор состоит из корпуса, крышки и двух упругих гидропленочных пакетов, собранных из гофрированных металлических пластин. Особенностью гидропленочного пакета является высокая демпфирующая способность, которая достигается за счет трения гофрированных металлических пластин друг о друга, структурного трения, а также всасывания масла внутрь пакета и выдавливания его из пакета при растяжении и сжатии амортизатора. Виброизоляция фундамента и демпфирование колебаний агрегата предлагается обеспечивать также применением серийных корабельных резинометаллических амортизаторов типа А-2000. Применение таких амортизаторов направлено на вибрационную защиту фундамента и не снижает уровень вибрации действующих на опоры ротора. Кроме того они не учитывают взаимосвязанных колебаний, возникающих от различных возбуждающих сил. Амортизаторы устанавливаются под рамой, что усложняет монтаж с целью их замены при повторной разборке и сборке конструкции.

С этой целью разработана модель колебаний ротора и корпуса насоса с учетом упругих c_1 , c_2 и диссипативных связей b_1 , b_2 между их массами m_p и m_k (рис. 1). Принципиальной особенностью модели является то, что источником колебаний является пульсация давления жидкости передающееся на корпус насоса F_1 , а также возмущения, передаваемые на опоры ротора от его неуравновешенности F_2 . По результатам расчетов модели показано значительное снижение амплитуд колебаний ротора на опорах и корпуса насоса на фундаменте при использовании демпферных устройств. Затем проведена оптимизация параметров демпферов по инерционным, демпфирующим и упругим характеристикам, аналогично существующим методам [8]. Предполагается разработать конструкции демпферного устройства в соединении корпуса насоса и рамы, а также в опорах вала ротора.

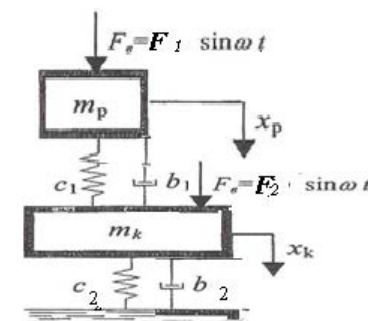


Рисунок 1 – Модель колебаний ротора и корпуса насоса

Для демпфера, устанавливаемого на опорной поверхности рамы в местах крепления корпуса, особое внимание, по причине значительной массы насосов, требует уделить выбору материала. Однако, современные материалы, которые сейчас применяется в виброизолирующих конструкциях крупных технологических установках, обладают достаточной прочностью при высокой податливости. Виброзащитные материалы Nowelle нового поколения – радикально переработанная линейка популярных в России и СНГ антивибрационных материалов, созданных в лабораториях НТЦ «Резина» более 15 лет назад и ставших известными под тривиальным названием ВЭП – вибродемпфирующие эластомерные пластины.

ВЫВОДЫ

Демпферное устройство подшипника представляет простое конструктивное решение, которое в первую очередь должно уменьшить

вибрацию подшипника. В качестве прототипа принимается устройство опор нагнетательного агрегата, в котором используются гидравлические или многослойные пластинчатые демпферы [9], хорошо зарекомендовавшие себя в газотурбинных двигателях. В отличие от известных устройств, рекомендуемых для применения в качестве упруго-демпферных опор [10], в предлагаемом демпфере используется кольцевая вставка из композитного материала, запрессованная в отверстие корпуса насоса. К таким материалам относится в первую очередь капролон (полиамид ПА-6), обладающий достаточной износостойкостью и прочностью и как любой полимерный материал способностью поглощать механические колебания.

Подшипник по наружному кольцу устанавливается согласно рекомендуемой стандартной посадке. Также по результатам проведенных мероприятий предполагается уменьшение утечек жидкостей по причине нормализации работы уплотнений и понижения уровня шума. Демпферные устройства предполагается опробовать в работе, установив на насосные агрегаты ГНПС Павлодар и ТОО «Компания Нефтехим LTD» и провести замеры вибрации насосных установок в контролируемых точках, а также уровня шума и объемы утечек жидкостей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Первошиков, С. И.** Снижение гидродинамической вибрации центробежных насосов / С. И. Первошиков // Известия вузов. Нефть и газ. – Тюмень : ТюмГНГУ, 1997. – № 4. – С. 50–56.

2 **Шабаров, А. Б.** Распределение скоростей и давлений по обводам проточной части рабочего колеса центробежного насоса / А. Б. Шабаров, С. И. Первошиков, С. Ю. Сальников // Известия вузов. Нефть и газ. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2004. – № 5. – С. 144–155.

3 **Мисюра, В. И.** Снижение вибрации центробежных лопастных нагнетателей в источнике ее возникновения / В. И. Мисюра, А. А. Панченко // Труды : Днепропетровский национальный университет, 2003. – 6 с.

4 **Первошиков, С. И.** Разработка способов снижения гидродинамической вибрации у подпорных насосов магистральных нефтепроводов / С. И. Первошиков // Известия вузов. Нефть и газ. – Тюмень : ТюмГНГУ, 1997. – № 6. – С. 137.

5 **Попов, Д. Н.** Гидродинамическая нагруженность роторов центробежных насосов при переходных процессах / Д. Н. Попов, Н. Г. Сосновский, М. В. Сиухин. – Наука и образование. Электронное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. [Электронный ресурс]. – URL: <https://technomag.bmstu.ru/doc/274914.html>.

6 **Мисюра, В. И.** Рабочее колесо центробежного насоса / В. И. Мисюра, Е. В. Багров // Бюл. РАН, 1986. – № 48. – С. 74–78.

7 **Гумеров, А. Г.** Виброизолирующая компенсирующая система насосноэнергетических агрегатов / А. Г. Гумеров, Р. С. Гумеров, Р. Г. Исхаков, Л. Ф. Новикова, Т. В. Хангильдин. – Уфа : Уфа, 2008. – 328 с. : ил.

8 **Мустафин, А. Х.** Динамика и прочность автомобиля // Метод расчета параметров гасителя крутильных колебаний: тез. доклада и науч. сообщение 6-го Всесоюзного совещания «Динамика и прочность автомобиля». – М., 1988.

9 **Гадяка, В. Г.** Особенности практической балансировки ротора турбокомпрессорных агрегатов, основанные на экспериментальном уточнении их динамических моделей / В. Г. Гадяка, В. И. Симоновский // Проблемы машиностроения. – 2007. – № 1. – С. 75–79.

10 **Балякин, В. Б.** Обобщенная методика расчета и проектирования упругодемпферных опор для роторов авиационных газотурбинных двигателей / В. Б. Балякин, И. С. Барманов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара : Самарский научный центр РАН, 2012. – Т. 14. – № 4. – С. 45–52.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Ә. Х. Мустафин¹, Д. Н. Қабұлқайыр², Т. А. Исақова³, В. В. Гребёнкин⁴
Сорғы қондырғыларын дiрiлдеу жүктемелерiнен қорғау әдiстерiн дайындау

^{1,2,3,4}Металлургия, машинажасау және көлік факультетi,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетi,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

A. K. Mustafin¹, D. N. Kabylkaiyr², T. A. Iskakova³, V. V. Grebenkin⁴

Development of methods for protecting pump units from vibration loads

^{1,2,3,4}Faculty of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Дәрістің жоғарылауы жабдықтың сенімділігін айтарлықтай төмендетеді. Нәтижесінде, сорғы мен қозғалтқыш жұмысында үзілістер болуы мүмкін, бұл процесті баяулатады және құрылғыға зақым келтіруі мүмкін.

Осы жұмыстың мақсаты магистральды құбырларда пайдаланылатын сорғы қондырғыларында шуды азайту, дірілдеу және сұйықтықтарды азайту арқылы дірілдің жоғарылауы, жұмыс жағдайларының жақсаруы, сондай-ақ мұнай-химия және мұнай-газ салаларында технологиялық процестерді жүзеге асыру кезінде қолданылатын апаттар санын азайту болып табылады.

Сорғы қондырғысының дірілдің және тербелістерінің негізгі себептері қарастырылды. Дірілудің ең көп таралған себебі – ротордың теңгерімсіздігі.

Сорғы роторының тербелістерін азайту жолдары ұсынылған. Бірліктерді жобалауға демпферлік құрылғыларды енгізудің тиімді жолдарының бірі. Мойынтіректегі демпферлік құрылғы – ең алдымен жұмыс ортасының пульсациясының төмендеуін қамтамасыз ету және құрылғыны гидравликалық соққылардан қорғауды қамтамасыз ететін қарапайым конструктивтік шешім.

It is known that increased vibration significantly reduces equipment reliability. As a result, there may be interruptions in the operation of the pump and the engine, which slows down the process and may cause damage to the units.

The purpose of this work is to reduce the number of failures due to increased vibration, improve working conditions by reducing noise, vibration and leakage of liquids in pumping units used in main pipelines, as well as used in the implementation of technological processes in the petrochemical and oil and gas industries.

Considered the main causes of vibration and fluctuations of the pump unit. The imbalance of the rotor during its rotation is the most common cause of vibration.

Proposed ways to reduce pump rotor vibrations. The introduction of damping devices in the design of the units is one of the effective ways. The damping device of the bearing is a simple constructive solution, which primarily involves ensuring the reduction of the pulsation of the working environment and the protection of the device from hydraulic shocks.

ГРНТИ 73.39.41

Р. М. Несмеянова¹, Д. К. Дюсенбаев²

¹к.х.н., ассоц. профессор (доцент), Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹nesm_r@mail.ru; ²diaskapvl@bk.ru

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ

Известно, что важнейшей проблемой энергетического комплекса является обеспечение надежности и безопасности эксплуатации трубопроводного транспорта. Вылив нефти или нефтепродукта при самом неблагоприятном сценарии развития аварии на трубопроводе может привести к пожару, что не только увеличивает технологический, экологический и экономический ущерб, но и способствует возникновению угрозы здоровью и жизни людей. В данной работе представлены наиболее распространенные и выгодные способы регулирования давления при трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов. Показано, что широкое применение в данном аспекте нашел метод дросселирования, который однако является довольно энергозатратным. Отмечается использование частотного регулирования тремя способами, но наиболее экономичным способом регулирования частоты вращения в широком диапазоне оборотов является применение полупроводниковых преобразователей.

Ключевые слова: трубопроводный транспорт нефти, магистральные трубопроводы, гидравлический удар, регулирование давления, дросселирование, частотное регулирование.

ВВЕДЕНИЕ

Магистральные трубопроводы предназначены для транспортировки подготовленной нефти, нефтепродуктов (бензина, дизельного топлива, керосина, стабильного конденсата), природного, нефтяного и искусственного газов, сжиженных углеводородных газов и их смесей, и других сжиженных углеводородов из районов их добычи или хранения до объектов потребления,

хранения или перевалки (нефтебаз, перевалочных баз, пунктов налива, газораспределительных станций, нефтеналивных терминалов).

Эксплуатация объектов трубопроводного транспорта представляет собой комплекс мероприятий, направленных на транспортировку массы продукта, установленной в соответствии с планом поставок. Комбинация параметров, определяющих работу трубопровода в отдельно взятый момент времени, называется технологическим режимом перекачки.

К основным параметрам, которые определяют технологический режим, относятся: распределение давления и скорости течения жидкости по длине трубопровода, комбинация числа используемых насосов и насосов, находящихся в резерве, а также степень открытия регулирующих заслонок, расположенных на узлах регулирования давления насосных станций.

Важнейшей проблемой энергетического комплекса является обеспечение надежности и безопасности эксплуатации трубопроводного транспорта.

Вылив нефти или нефтепродукта при самом неблагоприятном сценарии развития аварии на трубопроводе может привести к пожару, что не только увеличивает технологический, экологический и экономический ущерб, но и способствует возникновению угрозы здоровью и жизни людей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из таких факторов является резкое повышение давления в трубопроводе, возникающее в результате изменения скорости течения жидкости, то есть гидравлический удар.

В настоящее время на нефтеперекачивающих станциях (НПС) применяются следующие способы регулирования давления: дросселирование, частотное регулирование с помощью электрического преобразователя частоты, частотное регулирование с помощью гидравлической муфты.

Наиболее распространенным методом изменения характеристики сети является дросселирование регулятором давления или задвижкой, установленной на выходе насоса. Данный метод является простым и не требующим установки какого-либо дополнительного оборудования, однако наиболее энергозатратным.

Использование частотного регулирования относительно дросселирования помимо энергетической выгоды, позволяет уменьшить гидроудары в системе за счет плавного пуска и останова агрегата, при определенных условиях снизить кавитационный запас насоса.

Частоту вращения насоса можно изменять следующими способами:

- используя двигатели с переменной частотой вращения;

– при постоянной частоте вращения электродвигателя с помощью регулируемой гидравлической муфты или других устройств;

– применяя регулируемый электропривод на базе преобразователя частоты [1].

При применении гидравлической муфты частота вращения ротора электродвигателя остается постоянной, а регулирование частоты вращения ведомого вала гидромуфты достигается путем изменения объема масла, заполняющего рабочее пространство колес гидромуфты. Равенства частот вращения ведущего и ведомого вала быть не может, их разность характеризуется величиной, называемой скольжением гидромуфты. Поэтому с уменьшением передаточного числа КПД гидромуфты уменьшается [2].

Когда муфта полностью заполнена маслом, скольжение – минимально, а КПД передачи наибольший и составляет 93–96 %.

Более экономичным способом регулирования частоты вращения в широком диапазоне оборотов является применение полупроводниковых преобразователей. Скорость вращения вала электродвигателя меняется пропорционально частоте и амплитуде подводимого к статору напряжения.

Несмотря на их высокую стоимость в сравнении с другими способами частотного регулирования, использование приводов насосных агрегатов на базе преобразователей частоты (ПЧ) целесообразно там, где необходимо плавное регулирование в широком диапазоне при постоянно меняющихся уровнях нагрузки.

Частотное регулирование применяется на объектах трубопроводного транспорта нефти в составе привода магистральных насосных агрегатов (МНА). Помимо описанного ранее увеличения экономичности за счет исключения потерь, связанных с дросселированием и увеличения энергоэффективности насосной системы в целом, оно дает еще ряд важных преимуществ:

1 Частотно-регулируемый привод (ЧРП) позволяет осуществлять регулирование как минимального, так и максимального рабочего давления на входе магистрального насосного агрегата, поэтому для раскладки труб при работе на следующую НПС, это дает возможность использовать трубы с меньшей толщиной стенки, рассчитанные на меньшее давление. Таким образом, снижается общая металлоемкость строительства нефтепровода;

2 Регулирование частоты позволяет уменьшить количество сменных роторов насоса, необходимых для изменения его режима работы. Уже имеющиеся в наличии роторы могут использоваться в более широком диапазоне подач, в том числе при частотах вращения выше номинальной.

На практике распространены следующие схемы сопряжения преобразователей частоты с высоковольтными двигателями [3]:

– использование высоковольтного преобразователя частоты (ПЧ), подключенного непосредственно к высоковольтному двигателю, при этом в зависимости от типа выпрямителя в ПЧ, может потребоваться установка дополнительного согласующего трансформатора;

– двухтрансформаторная схема с низковольтным преобразователем частоты и двумя трансформаторами – понижающим на входе преобразователя частоты и повышающим на его выходе.

Двухтрансформаторная схема позволяет использовать для регулирования частоты низковольтный преобразователь частоты, отличающийся относительной дешевизной и простотой практической реализации. Вследствие этого они наиболее часто применяются для управления высоковольтными электродвигателями в диапазоне мощностей до 1–1,5 МВт. При большей мощности электропривода повышающий трансформатор вносит существенные искажения в процесс управления электродвигателем.

Обязательной является установка синусоидального фильтра на выходе ПЧ. Основными недостатками двухтрансформаторных схем являются высокие массогабаритные характеристики и меньшие по отношению к другим схемам КПД (92–96 %) из-за дополнительных потерь на трансформаторах и соединительных кабелях. Преобразователи, выполненные по этой схеме, имеют ограниченный диапазон регулирования частоты вращения двигателя.

ВЫВОДЫ

Несмотря на существование множества различных способов защиты от гидравлического удара, а также методов математического моделирования их работы, в области трубопроводного транспорта остается множество вопросов.

Анализ фактических технологических режимов работы магистральных нефтепроводов показал, что не во всех случаях применяемый способ регулирования является целесообразным с точки зрения энергопотребления. При этом, перечень, применяемых в настоящее время способов регулирования давления, не является исчерпывающим, так на нефтеперекачивающих станциях не используется способ перепуска.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Кожухова, А. В., Рамазанов, К. Н.** Применение ЧРП для повышения энергоэффективности насосной установки // Символ науки. – 2016. – № 11–3. – С. 95–97.

2 **Кожухова, А. В., Рамазанов, К. Н., Савельев, И. Е.** Моделирование и исследование САУ насосной станции // Символ науки. – 2016. – № 3–3. – С. 48–53.

3 **Афанасьев, А. В., Беккер, Л. М., Твердохлеб, И. Б.** Применение ЧРП для повышения энергоэффективности насосной установки // XIII Международная научно-техническая конференция «ГЕРВИКОН-2011». – Сумы : СумГУ, 2011, 6–9 сентября.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Р. М. Несмеянова¹, Д. К. Дюсенбаев²

Мұнай жүктеу бекеттерінде қысымды реттеу әдістері

^{1,2}Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 06.02.19 баспаға түсті.

R. M. Nesmeyanova¹, D. K. Dyussenbayev²

Methods of pressure regulation at oil-transporting stations

^{1,2}Faculty of Chemical Technologies and Natural Sciences,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 06.02.19.

Энергетикалық кешеннің маңызды проблемасы құбыр көлігін пайдаланудың сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету болып табылатыны белгілі. Мұнай немесе мұнай өнімдерін төгу құбырдағы аварияның дамуының ең қолайсыз сценарийі кезінде өртке әкеліп соқтыруы мүмкін, бұл технологиялық, экологиялық және экономикалық шығынды ұлғайтып қана қоймай, адамдардың денсаулығы мен өміріне қауіп төндіреді. Бұл жұмыста Мұнай және мұнай өнімдерінің құбыр көлігі кезінде қысымды реттеудің кең таралған және тиімді тәсілдері ұсынылған. Бұл аспектіде кеңінен қолдану дросселдеу әдісін тапты, алайда өте энергия шығыны. Жиіліктік реттеуді үш тәсілмен қолдану байқалады, бірақ айналымның кең диапазонында айналу жиілігін реттеудің ең үнемді тәсілі жартылай өткізгіш түрлендіргіштерді қолдану болып табылады

It is known that the most important problem of the energy complex is to ensure the reliability and safety of operation of pipeline transport. An oil or oil product spill in the worst-case scenario of a pipeline accident can lead to a fire, which not only increases technological, environmental

and economic damage, but also contributes to the threat to human health and life. This paper presents the most common and profitable methods of pressure regulation in pipeline transportation of oil and oil products. It is shown that the method of throttling is widely used in this aspect, but it is quite energy consuming. The use of frequency control in three ways is noted, but the most economical way to control the speed in a wide range of revolutions is the use of semiconductor converters.

ГРНТИ 44.41.35

К. К. Нуkenов

магистр, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: nukenov_kuanysh@mail.ru

УСТАНОВКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ В СОЧЕТАНИИ С ТЕПЛОМЫМ НАСОСОМ

В этой главе представлена экспериментальная установка и выведена динамическая модель солнечной системы отопления в сочетании с тепловым насосом, а также здания. Модель разработана для оценки эффективности различных стратегий управления. Метод сосредоточенных параметров используется для моделирования здания реалистично с достаточной простой моделью. Для здания построена модель сопротивления-емкости. В этой главе представлены различные методы разработки реалистичной модели теплового насоса, объяснены модель солнечного коллектора и резервуара. Проверка модели выполняется в этой главе. Линейная модель и представление пространства состояний также обсуждаются в конце.

Ключевые слова: бытовое отопление, тепловой насос, солнечные коллекторы, моделирование энергии, модель прогнозирующего контроля (МПК).

ВВЕДЕНИЕ

Быстрое увеличение использования энергии в мире является одной из основных проблем современного общества. Это использование энергии имеет высокие экологические последствия, такие как истощение озонового слоя, глобальное потепление, изменение климата и т.д. На долю зданий приходится почти 40 % конечного потребления энергии в мире. В европейских странах 70 % этой энергии направляется на управление комфортом в зданиях – для отопления, вентиляции, кондиционирования (МЭА, 2008). Вся энергия в древесине, нефть и природный газ изначально производились с помощью фотосинтеза и сложных химических реакций. Ископаемое топливо является результатом химических реакций в разлагающейся растительности при высоких температурах и давлениях в течение длительных периодов времени. Правительство стран ЕС намерено до 2020 года предоставить 15 % своего

спроса на энергию из возобновляемых источников. Солнечная энергия, с другой стороны, чиста и может поставляться без загрязнения. Существуют различные источники возобновляемой энергии, которые могут быть использованы для генерирования энергии, например, солнечная энергия, энергия ветра, энергия приливов, биомасса и т.д. Фотоэлектрические массивы могут использоваться для выработки электроэнергии из солнечной энергии, и они могут быть подключены к основной сетке. Солнечные домашние системы также доступны для производства электроэнергии для дома. Эта система состоит из массивов PV, перезаряжаемой батареи и контроллера заряда. Кинетическая энергия ветра может быть захвачена с помощью ветровых турбин, и тогда эта кинетическая энергия может быть преобразована в механическую энергию, а затем в электрическую. Солнечные коллекторы имеют широкий спектр применений, таких как солнечное водонагревание, обогрев и охлаждение помещений, солнечное охлаждение, солнечные тепловые электростанции, солнечное опреснение и т.д. В солнечных водонагревательных системах основным компонентом является солнечный коллектор, который поглощает энергию и передает это к рабочей жидкости. Интегрированные коллекторные системы используют часть резервуара в качестве солнечного коллектора. Недостатком этой системы является тепловые потери из резервуара. Системы солнечной энергии могут использоваться для производства горячей воды. В этом приложении теплообменник используется между солнечным коллектором и резервуаром для горячей воды, что позволяет использовать растворы антифриза в петле солнечного коллектора. Тепловой насос – это устройство, которое передает тепловую энергию от источника низкой температуры к высокотемпературному раковине. Использование теплового насоса для отопления помещений и горячей воды 2 поколения набирает популярность изо дня в день из-за низкого потребления энергии по сравнению с другим оборудованием [2]. Тепловой насос работает лучше всего при низких температурах, когда коэффициент производительности (COP) выше и требуемая энергия низкая. Солнечное излучение недоступно в ночное время. Поэтому солнечные коллекторы можно комбинировать с тепловым насосом таким образом, чтобы во времена низкой солнечной радиации вместо этого использовался тепловой насос. Тепловой насос также может воспользоваться более низкими тарифами на электроэнергию в ночное время в сочетании с тепловым хранилищем. Основная идея разработки стратегии оптимального управления в этой работе заключается в том, что стратегия управления может прогнозировать внешние погодные условия и модели занятости в здании. Стратегия также прогнозирует любой жаркий солнечный день в будущем и может использовать максимальную свободную энергию в течение

дня, то есть солнечной энергии, а также может прогнозировать цены на электроэнергию и использовать электричество в течение ночи.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Система управления является одним из ключевых компонентов любой системы ОВК (отопление, вентиляция и кондиционирование), и она имеет решающее значение для хорошей энергетической эффективности здания. Также признано, что системы отопления сложнее контролировать из-за колебаний в изо дня в день и от сезона к сезону, а также от требований к тепловому комфорту [2]. Система отопления здания всегда представляет собой компромисс между тепловым комфортом пассажиров и потреблением энергии. Если высокий уровень теплового комфорта поддерживается всегда, тогда стоимость энергии будет высокой; и если потребление энергии минимизировано, то тепловой комфорт должен быть принесен в жертву. Интеллектуальная система может попытаться сэкономить энергию в периоды низкой занятости, что значительно снижает негативное влияние на тепловой комфорт. Существуют различные стратегии контроля, которые используются для систем с возобновляемыми источниками энергии. Классические методы управления используют обратную связь с одним входным одиночным выходом (BOB), не требуя модели системы, например, термостат контролирует температуру в помещении. Такой метод управления прост в применении и может быть полезен для широкого спектра возобновляемых систем. Однако эти методы контроля ограничены, и их трудно распространить на многомерные системы без значительного опыта. В последние годы были разработаны дополнительные контроллеры, которые стараются повысить эффективность со сложными и нелинейными системами и сделать их доступными для инженеров без контроля более 3. Среди этих методов управления – методы прогнозирования и нечеткой логики. Управление нечеткой логикой основано на трех основных частях: фаззирования, правила и дефаззирования. Недостатком этого контроллера является то, что имеется несколько рекомендаций относительно того, как устанавливать правила значений фаззификации [3]. Модельный интеллектуальный контроллер (МИК) использует модель системы для прогнозирования будущей динамики системы. Эта информация затем используется контроллером, чтобы найти лучший ход управления. Контроллер использует информацию о прошлых входах и выходах наряду с оценкой текущих и будущих нарушений [4]. На этапе разработки возобновляемой энергии обычно создается системная модель для оценки потенциальных характеристик системы. Эта модель затем может использоваться модельным интеллектуальным контроллером, что дает веские основания применять МИК. Другая причина заключается в том,

что МИК может быть реализован и настроен без дополнительного знания теории управления. Этот тип контроллера отлично справляется с внешними помехами и может справляться с системными ограничениями. Однако эти преимущества необходимо детально изучить, чтобы убедиться в том, что этот контроллер является выполнимым и обеспечивает экономически эффективное управление системами с возобновляемыми источниками энергии.

Согласно Тордорову, 2006, стратегия оптимального управления – это метод на основе модели, который решает управляющий сигнал, делающий процесс удовлетворительным физическим ограничениям и в то же время минимизирует / максимизирует определенные критерии эффективности [1].

Это приводит к следующим целям;

- Симуляционная модель системы, здания и управления будет разработана как испытательный стенд для анализа различных стратегий управления;

- Проектирование многопоточного интеллектуального контроллера;

- Бенчмаркинг модельного прогнозирующего контроллера с контроллерами включения-выключения и пропорционально-интегрального (ПИ);

- Проектирование прогнозирующего контроллера модели на основе теплового комфорта для обеспечения лучшей тепловой комфорт пассажирам;

- Использование генетического алгоритма для изучения компромисса между термическими комфорта и энергопотребления;

- Сравнение различных методов управления с точки зрения смещения нагрузки, стоимость энергии, тепловой комфорт и реагирование на изменения окружающей среды.

Быстрый рост потребления энергии в мире является одной из основных проблем современного мира. Это использование энергии имеет высокие экологические последствия, такие как истощение озонового слоя, глобальное потепление, изменение климата и так далее. Согласно данным МЭА (Международного энергетического агентства), первичная энергия за последние два десятилетия (1984–2004 годы) увеличилась на 49 %, а выбросы CO_2 увеличились на 43 % (Международная энергетическое агентство, 2006). МЭА также продемонстрировало, что средний годовой прирост составляет 2 % в энергии и 1,8 % в выбросах CO_2 . Эти значения показаны на рисунке.

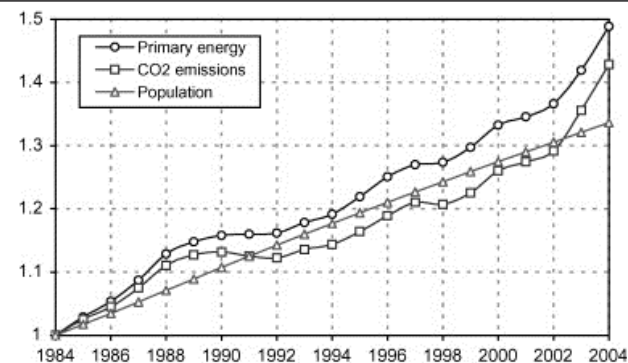


Рисунок 1 – Потребление первичной энергии и выбросы CO_2 .
Источник МЭА, 2006

Рассматривается двухзонное здание, а строительный слой моделируется как куски. Представлены различные методы получения подходящей модели теплового насоса источника воздуха, который соответствует данным, имеющимся у изготовителя. Полученная модель представляет собой простую модель, и ее коэффициент производительности соответствует данным изготовителя. Модели танков и солнечного коллектора представлены в этой главе. Объясняется описание состояний и линейных моделей, используемых в этом исследовании. Системная модель была проверена с использованием различных входных сигналов шага.

Солнечная система в сочетании с системой теплового насоса состоит из панели солнечных батарей, теплового насоса и аккумуляторных емкостей, как показано на рисунке 3–1. Панели солнечных батарей используются для отопления, когда это возможно, а тепловой насос используется для отопления, когда солнечная радиация недостаточна (пасмурная погода, ночь) и для целей горячей воды для бытовых нужд. Тепловой насос имеет мощность 6 кВт. Общая схема системы показана на рисунке 2, где можно наблюдать основные компоненты системы. Тепловой насос подключен к буферной емкости. Завод использует два разных источника энергии: солнечный коллектор и тепловой насос с электрическим источником воздуха. Оба эти устройства могут использоваться вместе или отдельно для нагрева нагревательного бака.

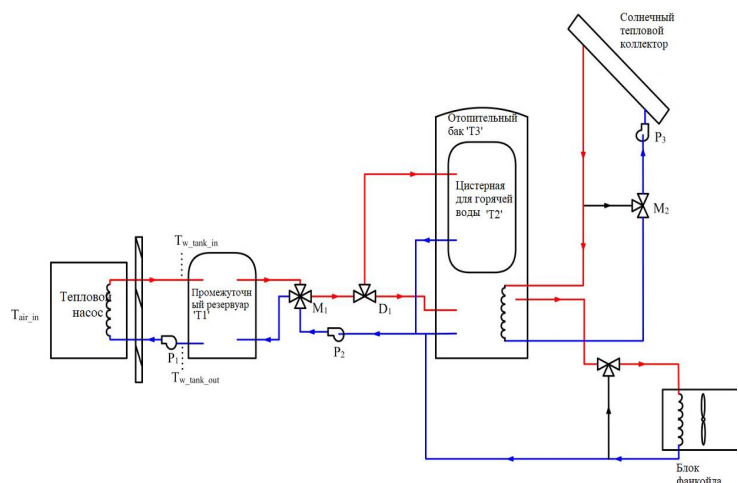


Рисунок 2 – Солнечная система в сочетании с тепловым насосом

Смесительный клапан M1 позволяет воде течь из буферной емкости (резервуара теплового насоса) в бак для нагрева или в резервуар для горячей воды, тогда как дивертер D1 отводит поток в один или оба этих резервуара. Клапан M2 позволяет воде подавать энергию в отопительный бак или возвращать его обратно в солнечные коллекторы. Цель системы – подавать горячую воду для отопления и горячей воды для дома при требуемых температурах. Целью управления является минимизация стоимости электроэнергии для системы. Если солнечное излучение низкое, тепловой насос можно использовать для нагрева резервуаров отопления и горячей воды. Оптимальное решение затрат может заключаться в работе теплового насоса в ночное время, когда тарифы на энергию значительно ниже.

Первичный источник энергии (солнечная энергия) не может быть манипулирована. Поэтому, хотя это полезно, с точки зрения управления это нарушение, потому что необходимо компенсировать изменения в солнечной энергии. Ожидается, что солнечная радиация будет использоваться, когда это возможно, и тепловой насос будет использоваться, чтобы компенсировать любой недостаток солнечной радиации. Фотографии основных компонентов системы показаны на рисунке 3:

- а) Отопительный бак, который инкапсулирует резервуар для горячей воды (не видно);
- б) Дивертер, который отводит поток из буферного резервуара в отопительный бак или резервуар для горячей воды;

- в) Клапан, который регулирует поток из буферной емкости в два других резервуара;
- г) Контроллер тока, который управляет тепловым насосом, дивертером и клапанами;
- д) буферный резервуар, который подключен к тепловому насосу.

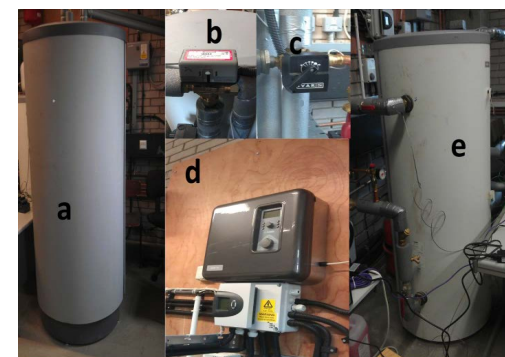


Рисунок 3 – (а) отопительный бак (б) дивертер (в) клапан (г) контроллер и (д) Промежуточный резервуар

Система накопления состоит из трех резервуаров. Резервуар для горячей воды находится внутри отопительного бака. Емкость отопительного бака составляет 450 л, а бак для горячей воды – 300 л. Третий бак – это буферный бак, который составляет 300 л. Он подключается к тепловому насосу и при необходимости подает горячую воду в два других резервуара.

Солнечные коллекторы используются для сбора солнечной радиации и повышения температуры воды в отопительном баке. Они используют солнечную энергию для повышения температуры воды и являются основным источником энергии в системе. Есть 2 плоских пластинчатых коллектора, каждый из которых имеет площадь поверхности 2м².

Тепловой насос – установленный тепловой насос использует воздух в качестве источника тепла. Это вспомогательный источник энергии для отопительного бака, но он является основным (единственным) источником энергии для резервуара для горячей воды. Тепловой насос напрямую подключен к буферной емкости. Номинальная электрическая мощность теплового насоса составляет 6 кВт. Используемый тепловой насос представляет собой одноступенчатый тепловой насос. Единственный тепловой насос не может модулировать свою выходную мощность в условиях низкой нагрузки, так как это вызовет перегрев контура текучей среды. Для решения этой проблемы резервуар используется между контуром нагрузки

и тепловым насосом, то есть буферным резервуаром. При использовании этой установки в условиях низкой нагрузки тепловой насос работает только с перерывами, и нагрузка медленно вытягивает энергию из буферного резервуара, когда тепловой насос выключен.

Манипулированные переменные

- Поток через клапан M1 между буферным резервуаром и двумя другими резервуарами;
- Поток от клапана M2, который позволяет жидкости солнечного коллектора течь в теплообменник внутри нагревательного бака для рассеивания тепловой энергии в отопительный бак;
- Поток через дивертер D1 либо в бак горячей воды, либо в отопительный бак;
- Включение / выключение теплового насоса;
- Два нагревателя включение / выключение для вентиляторных катушек для нагрева внутренней среды.

Измеренные переменные

- Температура воды во всех резервуарах
- Выходная температура солнечного коллектора или полезная энергия от коллектора.

Объективные функции

- Энергия, потребляемая тепловым насосом;
- Отклонения температуры;
- Тепловой комфорт.

Нарушения системы

- Температура внешней среды;
- Солнечное излучение;
- Потребление горячей воды в бытовых условиях;
- Занятость.

Крабб и др., в 1987 разработали упрощенную модель теплового отклика здания. В этой работе одна сосредоточенная строительная емкость и емкость комнатного воздуха были соединены вместе с проводящим путем через сеть из трех сопротивлений. В работе также описывается хорошее соответствие модели внутренней температуры с ограниченным набором наблюдаемых данных для здания школы. Влияние входов, например зональная тепловая нагрузка на модель здания не рассматривалась в этом исследовании [4], в 1993, обнаружили пять параметров модели [5], используя экспериментальные данные, и заявили, что этот метод может быть использован для идентификации онлайн-системы.

Тиндэйл, в 1993, пришел к выводу, что модель второго порядка не работает при использовании для элементов с высокой массой, то есть

материалов с высокой теплоемкостью. Еще один узел был добавлен к базовой модели второго порядка, и конвективные и лучистые пути теплопередачи были разделены. Он также разработал метод расчета параметров модели. Модель, используемая для этого исследования, основана на методе, используемом Густаффсон в 2008 и широко используется другими исследователями, в 2006 также использовали сосредоточенный подход для моделирования здания для прогнозирования модели. Используется типичный строительный элемент, состоящий из многослойной конструкции. Каждый слой элемента определяется его толщиной и свойствами материала, то есть теплопроводностью, плотностью и удельной теплоемкостью. Все внешние стены и крыша считаются одними и теми же строительными материалами. Строительные материалы и свойства наружных стен, крыши и перегородки между залом и спальней приведены в таблице 3–2. Рассматриваемое здание сохраняется намеренно простым: оно состоит всего из двух комнат; зал и спальни. В зале есть окно, выходящее на южную сторону, а размеры обоих номеров – 4,27 м * 4,57 м и 2,44 м в высоту. Общая площадь южного облицовочного окна в зале составляет 5,83 м². Схематическое изображение здания показано на рисунке 3–3. Поскольку нормальная тепловая нагрузка типичного дома колеблется между 10–12 кВт (около), а система теплового насоса имеет малый масштаб, поэтому рассматривается простое и малое здание. Здание было смоделировано в специализированном программном обеспечении под названием *Интегрированные Экологические Решения* (ИЭР), чтобы получить тепловую выгоду в помещении, то есть освещение, пассажиров и солнечную выгоду.

Тепловой насос – это устройство, которое передает тепловую энергию от более низкой температуры (источник) до более высокой температуры (сточной трубы). Он меняет естественный поток тепловой энергии. Рабочий цикл теплового насоса показан на рисунке 3.

Он состоит из четырех компонентов:

- компрессор;
- конденсатор;
- расширительный клапан;
- испаритель.

Конденсатор используется для преобразования хладагента из его газообразного состояния в жидкую форму, в то время как испаритель используется для преобразования хладагента из жидкого в газообразное состояние. Хладагент в его газообразном состоянии находится под давлением в компрессоре. Он сжимается с помощью дополнительной механической работы (W_{net}). Этот высокотемпературный и высокотемпературный флюид затем подается в конденсатор, где он высвобождает тепло (Q_{out}) и переходит

в жидкость. Затем он входит в расширительный клапан и переходит в жидкость низкого давления и низкой температуры. В этом состоянии хладагент подается в испаритель, где он получает энергию (Q_m) и переходит в газообразное состояние.

Эффективность теплового насоса рассчитывается по его коэффициенту производительности (КП). КП – отношение тепла, передаваемого к объему работы, выполняемой компрессору. КП может приблизительно рассчитать, используя температуры горячей зоны (в данном случае, с водной стороны) и холодную зону (в этом случае воздушная сторона).

$$КП = КПД_{\text{компрессор}} * \frac{T_{\text{к,выход}}}{T_{\text{к,выход}} - T_{\text{н,вход}}} \quad (1)$$

где К – коэффициент полезного действия и принимается за 0,4.

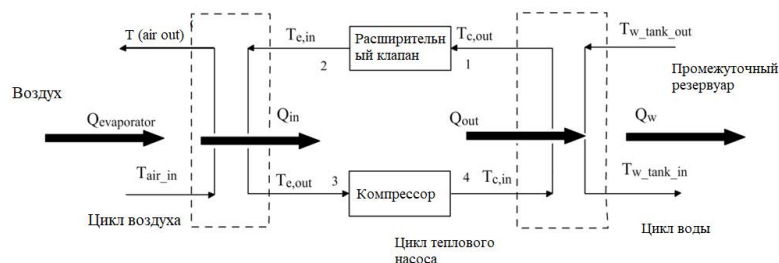


Рисунок 4 – Схематическая диаграмма теплового насоса

Для моделирования теплового насоса с воздушным источником используются различные методы. Chi et al., 1982 описал компьютерную программу анализа переходного процесса с тепловым насосом. В программе использовалось дифференциальное уравнение первого порядка для описания теплового и массового расхода. Тип моделирования деталей выходит за рамки этих исследований. Предположим, что модель 50 простых уравнений подходит для изучения характеристик системы теплового насоса с воздушным источником солнечной энергии. Модель теплового насоса, разработанная используется в качестве модели 1. Модель имеет динамические элементы, но процесс моделируется как процесс устойчивого состояния. Рассматриваемый тепловой насос представляет собой тепловой насос с воздушным источником. На рисунке 4 показан рабочий цикл и два внешних цикла. Воздушный цикл присоединяется к испарителю, когда водяной цикл прикреплен к конденсатору. Предполагается, что температура жидкости, выходящей из конденсатора, обозначенного как $T_{c,out}$ в точке 1, равна температуре воды,

поступающей в резервуар для воды, обозначенной как $T_{w,tank,in}$ (буферный резервуар). Аналогично также предполагается, что температура хладагента, подаваемого в испаритель, обозначенная $T_{e,in}$ в точке 2, равна температуре воздуха, поступающего в испаритель, обозначенном $T_{air,in}$.

ВЫВОДЫ

Разработана модель системы отопления и горячего водоснабжения, состоящая из теплового насоса и солнечной панели. Первоначальные симуляции выполняются с использованием данных погоды в Лафборо. Сделан вывод о том, что модель работает в соответствии с ожиданиями, и также найдено хорошее соответствие теплового насоса. Также представлена подробная модель здания. Прогностический контроль модели показал хорошую производительность, чем другие стратегии управления. Из этой статьи также сделан вывод, что модель предсказания дает лучшую возможность отслеживания ссылок, а также эффективно использует электричество в ночное время. Модель интеллектуального контроля также сдвинула нагрузку на ночь, чтобы сэкономить энергию и сохранить тепловую энергию в течение ночи. Тем не менее, модель интеллектуального контроля требует дополнительных усилий, и получение точной модели системы является важной частью контроллера. Как только модель системы будет найдена, настройка контроллера намного проще, чем контроллер ПИ. В будущем эти три стратегии контроля будут протестированы для различных условий окружающей среды, и будет проанализировано потребление энергии. Все эти стратегии управления будут реализованы на основе теплового комфорта внутренней среды. Функция стоимости, используемая в этой статье, представляет собой квадратичную функцию затрат и не использовала тепловой насос в ночное время, как и ожидалось. В будущем будет проанализирован линейный вес этой формулировки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Хэнц, Д., Фельсманн, К., Кнэйб, Д., Оценка оптимального управления активными и пассивное тепловое хранилище зданий // Международный журнал термических наук. – 2004. – С. 4–7.
- 2 Масьеджовски, Д., Предиктивный контроль с ограничениями. – 2001. – С. 4–6.
- 3 Даффи, Д., Бэкман, В. Термальный процесс солнечной энергии. – Вайли, Нью-Йорк, 1991. – С. 3–6.
- 4 <https://opticontrol.ee.ethz.ch/> [Электронный ресурс].

5 Цинь С. Д., Бадгуэлл Т. А., Обзор технологии интеллектуального контроля промышленной модели // Практика управления технологией. – 2003. – С. 4–6.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

К. К. Нукунов

Күн энергиясын және жылу сорғымен біріктірілген жүйені орнату және модельдеу

Энергетика факультеті,

С. Торайғырова атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

K. K. Nukenov

Setup and modelling of the solar system combined with a heat pump

Faculty of Energy Engineering,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Жылу сорғысы мен күн панелінен тұратын жылу және ыстық су жүйесі моделі жасалды. Бастапқы модельдер Loughborough-дағы ауа-райы деректерінің көмегімен орындалады. Модель күтуге сәйкес жұмыс жасайтынын және жылу сорғысының жақсы сәйкестігі де анықталды. Сондай-ақ, гимараттың толық моделін ұсынды. Болжалды басқару модельдері басқа басқару стратегиясына қарағанда жақсы нәтиже көрсетті. Бұл мақалада сондай-ақ болжау үлгісі байланыстың үздік қадағалау мүмкіндігін қамтамасыз етеді, сондай-ақ түнде электр энергиясын тиімді пайдаланады. Ақылды басқару моделі энергияны үнемдеу және жылу энергиясын бір түнде сақтау үшін жүкті түнде ауыстырды. Дегенмен, интеллектуалды басқару моделі қосымша күш талап етеді және дәл жүйелік модельді алу контроллердің маңызды бөлігі болып табылады. Жүйе моделі табылғаннан кейін контроллерді орнату PI контроллеріне қарағанда әлдеқайда қарапайым. Болашақта осы үш бақылау стратегиясы қоршаған ортаны қорғаудың әр түрлі жағдайларына сыналады және энергияны тұтыну талданады. Осы басқару стратегиясының барлығы ішкі ортадағы жылулық жайлылық негізінде жүзеге асырылатын болады. Осы мақалада пайдаланылған

шығын функциясы шаршы метрлік функция болып табылады және күткендей түнде жылу сорғыны пайдаланбаған. Болашақта осы тұжырымның сызықтық салмағы талданатын болады.

A model of a heating and hot water system has been developed, consisting of a heat pump and a solar panel. Initial simulations are performed using weather data in Loughborough. It is concluded that the model works in accordance with expectations, and a good match of the heat pump is also found. Also presented a detailed model of the building. Predictive control models showed better performance than other management strategies. This article also concluded that the prediction model provides the best link tracking capability, and also effectively uses electricity at night. The intelligent control model also shifted the load at night to save energy and save thermal energy overnight. However, the intelligent control model requires extra effort, and obtaining an accurate system model is an important part of the controller. Once the system model is found, setting up the controller is much simpler than the PI controller. In the future, these three control strategies will be tested for different environmental conditions, and energy consumption will be analyzed. All these management strategies will be implemented based on the thermal comfort of the internal environment. The cost function used in this article is a quadratic cost function and did not use a heat pump at night, as expected. In the future, the linear weight of this formulation will be analyzed.

**Е. А. Оразбеков¹, Н. К. Смайлов²,
Д. С. Жамангарин³, А. Т. Жетписбаева⁴**

¹магистрант, Қ. И. Сәтбаев атындағы ұлттық техникалық зерттеу университетінің лекторы, Алматы қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²доктор PhD, Қ. И. Сәтбаев атындағы ұлттық техникалық зерттеу университетінің лекторы, Алматы қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³докторант, Қазақстан инновациялық және телекоммуникациялық жүйелер университеті, Орал қ., Қазақстан Республикасы;

⁴доктор PhD, Қ. И. Сәтбаев атындағы ұлттық техникалық зерттеу университетінің лекторы, Алматы қ., 010000, Қазақстан Республикасы
e-mail: Nur_aly.kz@mail.ru

GPON ТЕХНОЛОГИЯСЫ НЕГІЗІНДЕ ЕКІБАСТҰЗ ҚАЛАСЫНДА РҰҚСАТ ЖЕЛІСІН ЖҮРГІЗУ

GPON желісінің жобалауының негізгі себебі жоғары технологиялы сандық теледидар желісі, интернет ресурстары және телефония болып табылады. Және де айта кететін жағдай жобалаудың төмен бағасы, сонымен қатар қызметтерді қолданудағы төлеу құны арқасында GPON желісі қолданыста өте ыңғайлы.

GPON кең жолақты желісі – кабелді теледидар, жоғары жылдамдықты интернет, телефония салаларында жаңа технологиялардың ең негізгісі болып табылады. Қазақстанда дәл осы қызметтер тұтынушының қалауына қарай бөлек те, бірге де ұсынылады.

Кілтті сөздер: GPON, желісі, кабелді теледидар, телекоммуникация, телефония, технология.

КІРІСПЕ

Қазіргі таңда Қазақстанның көптеген тұтынушылары телекоммуникация және байланыс жүйесінде кең жолақты GPON желісімен қолданады.

GPON кең жолақты желісі – кабелді теледидар, жоғары жылдамдықты интернет, телефония салаларында жаңа технологиялардың ең негізгісі. Қазақстанда дәл осы қызметтер тұтынушының қалауына қарай бөлек те, бірге де ұсынылады. GPON анықтамасы Gigabit Passive Optic Network – гигабитті пассивті оптикалық желі болып табылады. GPON технологиясының негізгі жұмысы ретінде орталық (OLT) және абоненттік бөлім (ONT) арасында байланысты қалыптастыру болып табылады.

Бұл байланыс оптикалық сплиттерлар арқылы бөліне алатын пассивті оптикалық желі болып табылады. Сплиттерлар абоненттердің максималды саны қосылуына қол жеткізуі үшін қолданылады.

GPON екі түрде ұсынылған: орталық бөлімнен тұтынушыларға, тұтынушылардан орталық бөлімге өтетін ағындардан тұрады. Барлық бағыттар бір талшықта, әртүрлі толқын ұзындықтары арқылы таратылады.

Жоғарыдағы ағындардағы өткізу жолағы тұтынушылар арасында біртіндеп таратылады. Кең жолақты рұқсат желісінің жаңа технологияларын енгізу аудан тұрғындарына қызмет көрсету деңгейін жоғарылатып өте сапалы телекоммуникациялық желі қалыптастыруға мүмкіндік береді.

НЕІЗІГІ БӨЛІМ

GPON технологиясына жалпы сипаттама:

Рұқсат желісін жобалау қазіргі таңда көптеген мекемелердің үздіксіз жұмысы үшін маңызды. Ең көп қолданылатын рұқсат желілері төменде көрсетілген:

- сымсыз желілер;
- талшықты-оптикалық желілер;
- аралас оптикалық-талшықты-коаксиалды желілер;
- мыс желілер және xDSL технологиялары.

Қазіргі таңда WI FI форматындағы сымсыз желі өте танымал. Бұл қызмет көптеген тұтынушыларға жаһандық Ғаламтор желісімен ешқандай сымсыз, модем құрылғысы арқылы ғана қолдануға мүмкіндік береді.

Сымсыз желілердің бірнеше түрлері бар жұмыс алшақтығына байланыста:

- сымсыз жеке желілер (WPAN – Wireless Personal Area Networks). Бұл желіге Bluetooth жатады.
- сымсыз жергілікті желілер (WLAN – Wireless Local Area Networks). Бұл желіге WI FI жатады.
- қала аумағына байланысты сымсыз желілер (WMAN – Wireless Metropolitan Area Networks). Бұл желіге WiMAX жатады.
- сымсыз жаһандық желілер (WWAN – Wireless Wide Area Network). Бұл желіге CSD, GPRS, EDGE, EV-DO, HSPA Жалғану түріне байланысты: Нүкте-нүкте Нүкте-Көп нүкте.

В) Қолдану аясына байланысты:

- 1) Корпоративті сымсыз желілер – өзіндік қолданыс үшін мекемелермен әзірленген
- 2) Тасымалдаушы сымсыз желілер – инженерлармен әзірленген телекоммуникация қызметін көрсету үшін

Инженерлар ұзақ арақашықтықта ақпарат тасымалдаудың ең жоғарғы жылдамдықта ақпарат тасымалдауды қамтамасыз ету үшін көптеген аналитикалық зерттеулер жүргізеді.

Желілерді жобалаудың келесі түрі – оптикалық – талшықты желілер– бұл активті және пассивті элементтерден тұратын, ақпаратты оптикалық диапазондағы электромагниттік толқындар арқылы тасымалдайтын желілер. Бұл желілерде актив құраушыларға – регенераторлар, күшейткіштер, модуляторлар және фотоқабылдағыштар жатады.

Желілерді жобалаудың үшінші түрі – аралас оптикалық – талшықты- коаксиалді желілер (HFC – Hybrid Fiber Coaxial). Атауында көріп тұрғандай бұл үш компоненттан тұратын , яғни оптикалық – талшықтық – коаксиалді аралас желі. Бұл желі бүкіл әлемде қолданылады. HFC желісі 3 негізгі технологиядан тұрады:

- TTC (Fiber to Carb) – үйлер тобына арналған оптика;
- FTTB (Fiber to Building) – мекемеге арналған оптика;
- FTTH (fiber to Home) – үйге дейінгі оптика.

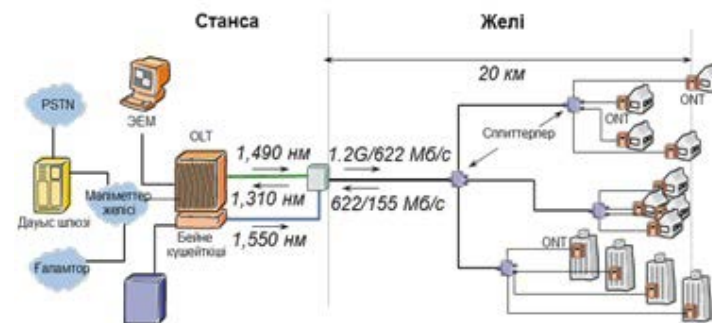
Және жобалаудың соңғы түрі телефондық мыс желілер және xDSL технологиясы ортақ қолданыстағы телефондық кабелді тұтынушылық желіде кеңінен қолданылады.

OLT (optical line terminal) орталықтың түйіншегі – орталықтың кеңсесінде тағайындалатын құрылым, ол деректерлерді тарапынан магистральді желілердің SNI (service node interfaces) интерфейстері арқылы қабылдайды және азаймалы тасқынды абоненттің түйіншегіне (түзу тасқын) PON ағаш нысанға келтіреді.

ONT (optical network terminal) абоненттің түйіншегі, бір жақтан, абоненттің интерфейстеріне, ал екінші жақтан, PON ағашына қосу үшін интерфейске ие, беріліс 1310 нм толқынының ұзындығымен жүргізіледі, ал әдіс – 1550 нм толқын ұзындығында. ONT деректерлерді OLT-тен қабылдайды, оларды абоненттерге UNI (user network interfaces) абоненттің интерфейстері арқылы айырбастайды және жұқтырады.

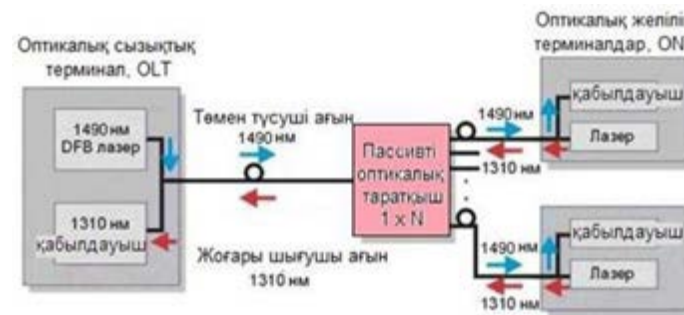
Оптикалық тармақтаушы – бұл бейтарап оптикалық многополюсник, оптикалық сәулеленудің тасқынын бір бағытта және біріктіруші бірнеше тасқындардың қарама – қарсы бағыты. Ортақ оқиғада бас тармақтаушының M кіретін және шыға берістің портының N болуы мүмкін. PON желілерде ең жиі 1xn тармақтаушыларды бір кіретін портпен пайдаланады. 2xn тармақтаушылар жүйеде талшық бойынша резервтеумен пайдалана біледі.

PON архитектурасының негізгі идеясы OLT-ні жалпыға бірдей қабылдап, таратқыш модулін қолдану барысында ONT-ны көптік абоненттік құрылғысына ақпараттарды жеткізуі және қайта жіберу. Осы принциптің жүзеге асырылуы 1 суретте көрсетілген.



Сурет 1 – PON архитектурасы

PON технологиясындағы ақпараттар тарату амалдары. PON желісінің жұмыс істеу қағидасы мынандай. OLT төмен түсетін ағындардың кадрларын PON бұтағының бойында 1490 нм толқын ұзындығына жібереді. Бұл ағын барлық бағыттарға қарай сплиттерлерде қайталаынады, тек қана оның қуаттылығы (сплиттер параметрінің тәуелділігімен) өзгереді. Жоғары шығушы ағында қақтығыстардан құтылу үшін (бір уақытта әр түрлі ONT-мен жіберілген өз кадрлары), әрбір ONT-да нақты уақыт аралығында ғана тасымалдауды жүзеге асыруына болады, бұл уақыт OLT-да динамикалық түрде ONT-дан келетін сәйкес тапсырыс арқылы жүзеге асырылады. Әрбір ONT 1310 нм толқын ұзындығына өз кадрларын PON-ның бұтағымен «жоғары» тасымалдайды, олар сплиттерлерде TDM әдісімен бірыңғай жоғары шығатын ағындарға бірігеді. Осы жағдай 2 суретте сипатталған.



Сурет 2 – PON желісінің жұмыс істеу принципі

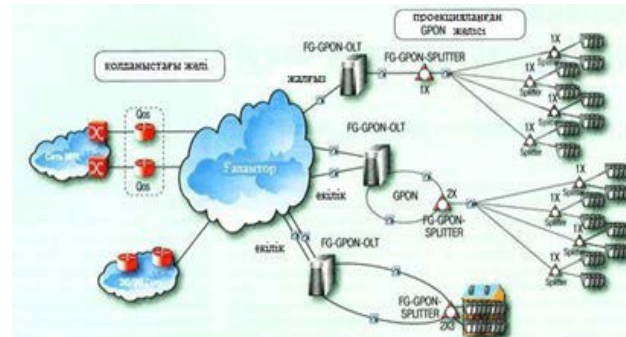
Ethernet технологиясының негізінде EPON стандарттары құрыла бастады. Ол үшін арнайы EFM2-нің комиссиясы құрылды. Екіншіден, FSAN3 топ мүшелерінің BPON-нан мұраға қалған ATM технологиясын қолдануды әрі қарай жалғастырып жатқан протоколдың-тәуелсіз GPON (Gigabite-capable Passive Optical Network, ITU-T G.984) стандарттарымен жұмысқа кірісті. Әрбір стандарт гигабиттік тарату жылдамдығында ауыспалы ұзындықтағы IP/Ethernet пакеттері арқылы нәтижелі әрекеттесе алатын өзінің жақсартылған нұсқасын ұсынады.

GPON-ның қасиеттері:

- GPON-ға жаңа абоненттерді қосу кезінде «инкапсуляцияның – гигабит режимі» GEM пайдаланылады;
- бір толқын ұзындығына 256 логикалық ONT-ның сүйеуі;
- ONT-ның автоматты және периодты түрде табылуының жаңа тәсілі;
- ONT-ның терезелерінде дрейф табылуы автоматты масштабталуы;
- AES алгоритмының арқасында әрбір ONT қосылыс қорғанышы;
- әртүрлі күй-жағдайлардың үлкен сан және абоненттік түйінінің (ONT) есептеу нәтижелерінің орталық түйінге (OLT) жіберілуі;
- OAM арқылы бөлінген каналдары, келісімдердің бақылау қызметтерінің деңгейі туралы әрбір каналда өткізу жолағының тасымалданылуы.

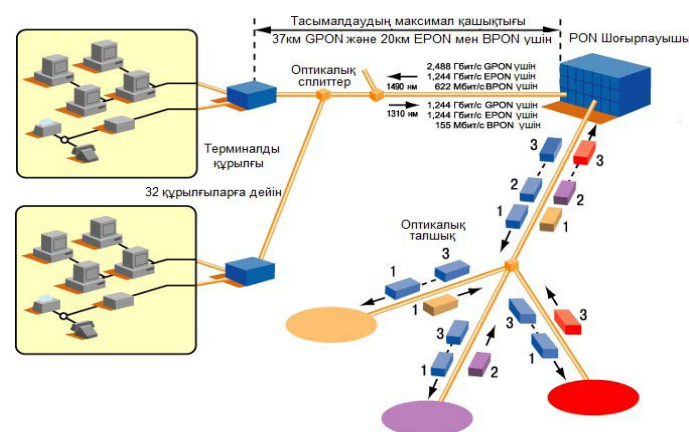
Қазіргі таңда PON-ның 2 басты технологиясын бөліп көрсетуге болады. EPON мен GPON. Олардың негізгі айырмашылығы, архитектураның базалық протоколында, EPON үшін – бұл Ethernet, ал GPON үшін ол – SDH. Одан басқа GPON технологиясының өткізу жолағы симметриялы емес (төмен түсуші ағын – 2,48 Гбит/с, жоғары шығушы ағын – 1,24 Гбит/с). EPON технологиясы үшін өткізу жолағы симметриялы – 1,24 Гбит/с.

GPON – жүйесі жоғары шығатын трафик үшін ортаға рұқсат бақылауын қамтамасыз етеді. Ең басты концепциялар ретінде төмен түсетін ағында кадрлар рұқсат етілген жайларды көрсету үшін төмен түсетін ағында кадрлармен ағын жоғары шығатын, үйлестірілген кадрларда трафик жоғары шығатын. 3-суретте GPON желісінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген.



Сурет 3 – GPON желісінің құрылымдық сұлбасы.

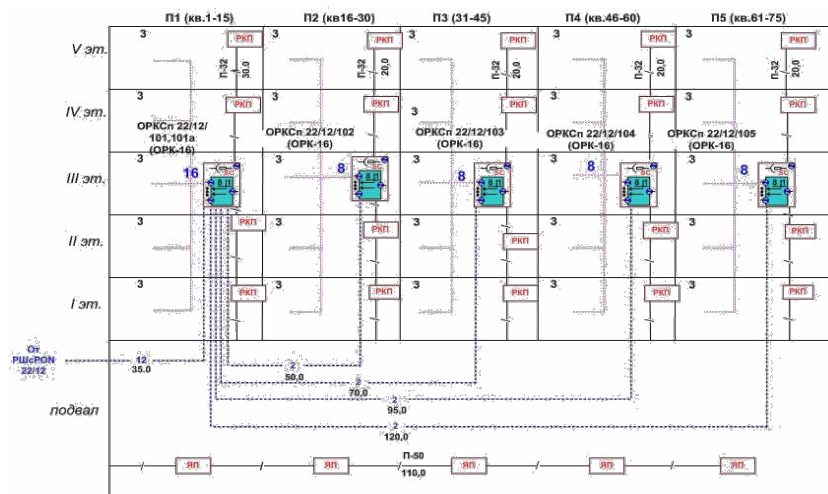
PON желісінің бір сегменті 32 абоненттік түйінді радиусы 20км дейін қамтиды. Егер PON жүйесі 32 абоненттік түйіндер үшін есептелсе, онда жүйелі берілген төрт MBS-тан кейін тек қана істей алады, барлық 32 ONT тасымалға сауалдар туралы өзіне мәлімдеу тасымалдау цикліді құрастырады. Себебі, PON желілері бұтақты-ағаш секілді құрылымды болып, бір оптикалық талшыққа ондаған абоненттердің келуі, байланыс сақтау қамтамасыз етуін операторға ең маңызды мақсаттардың біреуі болып табылады. Барлық абоненттік түйін терминалды болып келеді, яғни біреуі сөнсе немесе істен шықса қалған түйіндердің жұмысқа ешбір әсері болмайды. Әрбір абоненттік түйін әдеттегі тұрғын үйге немесе кеңсе ғимаратына есептелінген, және ол жүздеген абоненттерді қамти алады, 10/100BaseT интерфейстерді және 20 дейін E1 қамтамасыз етеді.



Сурет 4 – PON желісінің сәулеті

Бір оптикалық талшық, оның өткізу жолағы абоненттердің арасында динамикалық бөлінеді, тура және кері канал тасымалдауы қолданылады. Төмен түсетін ағын орталықты түйіннен абоненттерге 1490 немесе 1550 нм толқын ұзындықтарында жүреді және жылдамдығы 1 Гбит/с болады (жалпы барлық абоненттер үшін).

Қазіргі кезде ең қолайлы модель болып бір кең жолақты қатынау кәбелімен қолданушыларға бір уақытта 3 сервисті қызмет көрсету-ғаламторға жоғары жылдамдықты қосылу, IP-теледидар және телефон байланысы.



Сурет 4 – 4-ші ықшам ауданының 5 қабаттық тұрғын үйлерге оптикалық белсенді емес талшықты орнату сұлбасы.

5 қабатты тұрғын үйге сипаттама беріп өтсек, мұнда 5 кіреберіс, әр кіреберісте 1 тіреуіштен, әр қабатта 3 пәтер, ал жалпы пәтер саны 75 болып тұр. Әр қабатта 4 абоненттік бөлгіші бар SC аз көлемді таратқыш қораптар орнатылады. Абоненттік терминал майысқыш байланыстырушы шнур арқылы G.657A. иілу радиусы аз оптоталшықпен байланысады.

Ол таратқыш қорапқа жалғанады. Бір таратқыш қораптың сыйымдылығы көршілес жатқан абоненттерді қосуға жеткілікті болады.

GRPON желісінің өткізу қабілетін есептеу:

Барлық желіні тұтынушылардан пайда болатын жүктеме келесі формуламен анықталады:

$$B_o = (B_{XT} * k_{XT} + B_{VoIP} + B_{VoD} * k_{VoD}) * N_{AB} \tag{1}$$

мұндағы: B_{XT} – хабарды тарату жылдамдығы, МБит/с;

B_{VoIP} – IP-телефондау трафигінің жылдамдығы, кБит/с;

B_{TV} – «Сұраныс бойынша бейне» желісіндегі ағындар жылдамдығы, МБит/с;

N_{AB} – абоненттердің жалпы саны;

k – барлық абоненттер санының арасындағы белгілі бір қызмет түрін тұтынушы абоненттер коэффициенті. VoIP қызметі үшін пайдаланушылар саны 20 %-ды, XT – 70 %, сонымен қатар VoD – 10 %-ды құрап отыр.

Жүктемені есептеу:

Цифрлық теледидарлауды тарату:

$$B_{XT} = N_{аб} * 0,7 * 10 (\text{Мбит/с}), \tag{2}$$

$$B_{XT} = 1150 * 0,7 * 10 (\text{Мбит/с}) = 830 (\text{Мбит/с}).$$

$$B_{VoIP} = N_{аб} * 0,20 * 128 (\text{Мбит/с}) \tag{3}$$

Дауысты тарату:

$$B_{VoIP} = 1150 * 0,15 * 128 \text{кбит/с} = 28 (\text{Мбит/с}).$$

Сұраныс бойынша бейнелерді тарату:

$$B_{TV} = N_{аб} * 0,1 * 2 (\text{Мбит/с}) \tag{4}$$

$$B_{TV} = 1150 * 0,1 * \frac{2 \text{Мбит}}{\text{с}} = 134 (\text{Мбит/с})$$

Жалпы жүктемені есептейтін болсақ.

$$B_o = B_{XT} + B_{VoIP} + B_{TV} \tag{5}$$

$$B_{\Sigma} = 830 + 28 + 134 = 994 (\text{Мбит/с}).$$

MA5680T-ның өткізу қабілеті төменгі бағытта 2,5 Гбит/с-ты құраса, тұтынушылар үшін жалпы жүктеме 997Мбит/с болып тұр, соған сәйкес жалпы жүктеме OLT жүктемесінен аспайдығы байқалады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бүгінгі таңда GPON технология заман талабына сай құрылғылармен жабдықталып, абоненттерге көрсетілетін қызметтің бағасы едәуір арзандап, нәтижесінде желіні басқару жеңілдеді.

Екібастұз қаласының 4-ші ықшам ауданының тұрғындары үшін ақпараттық қажеттіліктерін толық қанағаттандыру үшін дыбыс, интернет және теледидарлық және радиохабарды дамыту, сонымен қатар IP-желісі арқылы әртүрлі бейнесигналдардың таралуын, аппаратуралық бөліктің жұмыс принципін және бағдарламалық қамтамасыз етудің ұйымдастырылу ерекшелігін көрсету болып табылады.

Мақала жазу барысында Екібастұз қаласының қазіргі қолданыстағы желі жағдайына шолу жасалды. GPON технологиясының архитектурасы сипатталып, оған сай жабдықтар таңдалды. Есептеу бөлімінде оптикалық кәбілдің параметрлерін, өшу коэффициентін, дисперсиясын, сенімділік параметрлерін, оптикалық бюджетті, таңдалған ауданда желінің сандық көрсеткіштері есептелінді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Алибаева, С. А.** Методические указания к экономической части дипломного проекта для специальности (для всех форм обучения, направление 652400 – радиотехника и телекоммуникации). – Алматы : АИЭС, 2001. – 27 б.

2 **Буров, В. П., Новиков, О. К.** Бизнес-план: методика составления М. : ЦИПК, 1995. – 54 б.

3 **Волков, О. И.** Экономика предприятий связи. – М. : Экономика, 1998. – 345б.

4 **Голубицкая, Е. А., Жигульская, Г. М.** Экономика связи : Учебник для вузов. – М. : Радиотехника и связь, 1999. 392 б.

5 Гольдштейн, Б. С. IP – телефония. – М. : Радио и связь, 2000. – 560 б.

6 **Дюсебаев, М. К.** Методические указания по «Охране труда» для студентов-дипломников. – А. : АИЭС, 1994.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

Е. А. Оразбеков¹, Н. К. Смайлов², Д. С. Жамангарин³, А. Т. Жетписбаева⁴

Проведение сетей доступа на основе технологии GPON в городе Экибастуз

^{1,2,4}Қазақский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан;

³Казахстанский университет инновационных и телекоммуникационных систем, г. Уральск, 090000, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

E. Orazbekov¹, N. Smailov², D. Zhamangarin³, A. Zhetpisbayeva⁴

Providing of access networks based on GPON technology in Ekibastuz city

^{1,2,4}K. I. Satbayev Kazakh National Reserch Technical University, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan;

³Kazakhstan University of Innovative and Telecommunication Systems, Oral, 090000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Основной причиной проектирования сети GPON является высоко-технологичная цифровая телевизионная система, интернет ресурсы и телефония. А также стоит отметить низкую стоимость, в связи с этим технология GPON является весьма удобной в использовании.

Широкополосная сеть GPON – является самой основной среди новых технологии в сферах кабельного телевидения, высокоскоростного интернета и телефонии. В Казахстане именно эти услуги в зависимости от требования потребителя предоставляется как раздельно, так и вместе.

The main reason for designing a GPON network is a high-tech digital television system, internet resources and telephony. And also it is worth to highlight the low cost, in addition with this technology GPON is very easy to use.

Broadband GPON – is the most basic among new technologies in the areas of cable television, high-speed internet and telephony. In Kazakhstan, these services are depending on the requirements of the consumer and provided both separately and together.

М. К. Пшембаев

к.т.н., докторант, Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, 220013, Республика Беларусь

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНОГО ПРОПИТОЧНОГО СОСТАВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДОРОЖНЫХ БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ОТ КОРРОЗИОННЫХ РАЗРУШЕНИЙ

Известно, что бетон представляет собой композиционный пористый материал. Пористость его поверхностного слоя (ПС) играет особую роль: она существенно снижает начальную сопротивляемость структуры бетона образованию различных коррозионных разрушений. Данное обстоятельство является особенно важным при защите бетонных покрытий автомобильных дорог, испытывающих одновременное воздействие погодноклиматических факторов и транспортных нагрузок. Обычно с этой целью ПС бетонных конструкций подвергают пропитке различными органическими и неорганическими соединениями. Решение может быть улучшено на основе правильного ориентирования при их выборе. В качестве органических соединений используют полимерные материалы на основе мономеров, а также полиуретановых, эпоксидных, акриловых и полиизоцианатных составов. Примерами применения неорганических композиций является использование в качестве пропитки водных растворов соединений, приводящих к образованию в порах бетона труднорастворимых фосфатов, фторидов, силикатов и других веществ. С целью снижения водопоглощения бетона следует считать целесообразным использование промышленных гидрофобизаторов на основе кремнийорганических соединений. Представляют также интерес композиционные составы пропиток на основе гидрофобизатора и веществ, образующих в порах бетона труднорастворимые соединения, которые кольматируют эти поры.

Ключевые слова: дорожный бетон, поверхностный слой бетона, пропитка органическим и неорганическим материалом, составы, свойства.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее объемной областью применения тяжелого бетона в настоящее время является отрасль дорожного строительства. Автомобильные дороги и мосты эксплуатируются в условиях интенсивного механического воздействия, ультрафиолетового излучения, воды, знакопеременных температур с замораживанием и высушиванием, химической агрессии и др. Сохранение стабильных эксплуатационных свойств на весь установленный период работы дорожного бетона является чрезвычайно актуальным. Защиту от коррозии автомобильных дорог и мостов осуществляют способами первичной и вторичной защиты [1–5]. К способам первичной защиты относятся: проектирование эффективных составов бетонов; применение химических добавок, повышающих качество бетона в процессе его получения и укладки; снижение проницаемости бетона технологическими методами; устранение усадочных трещин.

К способам вторичной защиты относятся мероприятия по защите поверхности бетонных изделий от воздействия агрессивной среды путем нанесения пропиточных составов и ряд других мероприятий.

С помощью пропиток для бетона решаются следующие задачи:

- защита бетонных поверхностей от агрессивных жидкостей и негативных факторов окружающей среды;
- увеличение износостойкости бетонных поверхностей;
- обеспыливание бетонных конструкций;
- укрепление поверхностного слоя бетона;
- повышение срока эксплуатации бетонных поверхностей;
- улучшение внешнего вида бетона.

Как известно, пропитки в зависимости от состава делятся на два вида: органические; неорганические [3, 5].

1 Органические пропитки

Органические пропитки действуют по следующему принципу: связующий элемент этих пропиток заполняет поры бетона, полимеризуется, наделяя поверхность способностью сопротивляться агрессивным средам и отталкивать воду. Кроме того, пропитки этого вида предотвращают пыление бетона и делают его более прочным.

В этой группе материалов наиболее распространенными являются мономеры, а также акриловые, эпоксидные, полиуретановые и полиизоцианатные составы [1–6].

1.1 Пропитки мономерами

Одним из основных факторов, влияющих на скорость пропитки, является вязкость пропиточного состава. При повышении температуры уменьшается вязкость жидкости и соответственно возрастает скорость пропитки. Данный

метод эффективен, но верхний предел температуры ограничен, т.к. при чрезмерном повышении температуры возрастают опасность термического разложения материала и расход топлива на обработку без заметного ускорения пропитки. Для улучшения условий пропитки и понижения вязкости пропиточного состава его нагревают до определенной температуры, а бетонные или железобетонные изделия перед пропиткой высушивают. Сушка способствует не только получению более полной пропитки, но и лучшему сцеплению пропиточного состава с минеральным скелетом. Сушку завершают непосредственно перед пропиткой. При этом температура дорожных покрытий при пропитке должна быть примерно на 10°C выше, чем у пропиточного состава. Это предохраняет от увеличения вязкости пропиточного состава в процессе пропитки за счет его остывания.

Наиболее эффективным направлением интенсификации процесса пропитки бетона является правильный подбор пропиточного состава. Выбор состава зависит от решаемой задачи: если требуется гидроизоляция бетона, то применяется один класс состава, если – повышение прочности, то используется другой вид пропиточного состава. Но в каждом случае необходимо подбирать свой способ пропитки. При этом можно выделить способы пропитки бетона мономерами, олигомерами, термопластами, расплавами минеральных веществ, например, серы, жидким стеклом.

Для пропитки бетонов используют мономеры, отличающиеся низкой вязкостью, хорошей способностью проникать в поры бетона и высокой прочностью. Наиболее эффективные из них: метилметакрилат, стирол, акрилонитрил, винилацетат. Обработка такими пропиточными составами делают бетон не только долговечным, но и значительно повышают прочность бетонных изделий.

Для повышения прочности бетона, как правило, применяют полимеризующиеся составы. Для обработки бетона полимеризующимся составом разработаны соответствующие технологические схемы. Наиболее оптимальной является четырехступенчатая схема обработки бетонов мономерами. Она включает сушку изделий, их вакуумирование, пропитку при атмосферном или избыточном давлении и полимеризацию пропиточного состава в порах бетона. При поверхностной пропитке по такой схеме наличие разрежения в порах бетона приводит к интенсивному проникновению мономера в глубь изделия. Более упрощенной является трехступенчатая схема, в которой отсутствует стадия вакуумирования. Но в этом случае, значительно снижается скорость пропитки и на 20–30 % качество модифицированного слоя бетона по сравнению с данными, полученными при обработке бетона по четырехступенчатой технологии. Разработана также двухступенчатая схема поверхностной модификации изделий, в которой

процесс пропитки совмещается с полимеризацией пропиточного состава. Можно повысить эффективность этого способа, если применить специальные способы скоростного подсушивания поверхностных слоев бетона и при этом строго соблюдать режим сушки во избежание трещинообразования.

Существенным недостатком мономеров является то, что большинство из них летучи, а так как процесс полимеризации относительно долгий, то до 30 % мономера испаряется. Для устранения этого недостатка необходимо применять специальные методы защиты или искать другие материалы, которые могут быть применены для этих же целей.

1.2 Акриловые пропитки

Акрил обеспечивает защиту бетона от влаги и хлористых соединений. Покрытие демонстрирует стойкость к ультрафиолету, стабильность цвета. Основным материалом пропитки является – вододисперсионный однокомпонентный акриловый лак.

Сфера применения: бетонные основания с легкими нагрузками или с ограниченным сроком эксплуатации (2–3 года) в цехах, складах, гаражах. При увеличении нагрузок в процессе эксплуатации следует обращаться к иным, более подходящим вариантам пропиток. Эксплуатация акриловых пропиток возможна на открытом воздухе и внутри помещений.

Преимущества таких пропиток: придание декоративных свойств, экономичность, простота технологии, отсутствие запаха при нанесении, обеспыливание бетона, пропитка паропроницаема, защита от моющих средств, масел, влаги, стойкость к ультрафиолету, грязестойкость.

Недостатки: долговечность акриловых пропиток не достаточно высокая, покрытие необходимо обновлять с периодичностью раз в 2–3 года, что снижает экономию, полученную при пропитке.

1.3 Полиуретановые пропитки

Полиуретановые пропитки для бетона эффективно обеспечивают обеспыливание поверхности и, кроме этого, полностью ее герметизируют, упрочняют верхний слой бетона (2–3 мм) до М600, повышают стойкость поверхности бетона к абразивному износу, ударную стойкость и химстойкость. Полиуретановые упрочнители – одни из самых популярных не только благодаря эффективному упрочнению, но и декоративным свойствам.

Материал пропиток поставляется обычно в виде концентрата. Наносится кистями, валиками на новые (от 3 дней) основания, старый бетон. Эта пропитка более эффективна по сравнению с акриловой. Пропитанный поверхностный слой обеспечивает стойкость к химическим реагентам, обеспыливание, высокую прочность, непроницаемость для влаги и прочих агрессивных соединений. Активные компоненты пропитки проникают в слой

бетона на глубину до 6 мм. В работе обычно используют однокомпонентный или двухкомпонентный полиуретановый состав.

Двухкомпонентные полиуретановые составы отличаются большей глубиной проникновения (до 10 мм и более). Материал работает даже на малопористых бетонах и на основаниях с повышенной влажностью. Однако, его расход вдвое больше, чем у однокомпонентных аналогов.

Сфера применения: бетонные основания с маркой М350, в т.ч. бетонная плитка. Эффективность материала доказана в гаражах, паркингах, терминалах, выставочно-торговых залах, в производственных цехах. При применении на дорогах требуется предварительная производственная апробация.

Преимущества: повышение марочной прочности бетона до М600, увеличение стойкости к износу в 8–10 раз, повышение ударопрочности в 1,5–2 раза, герметизация, обеспечение водонепроницаемости, стойкости к действию агрессивных веществ, обеспыливание, готовое покрытие легко обслуживать, быстрое и простое нанесение, поверхность не скользкая, доступная стоимость используемого оборудования.

Недостатки: полиуретановые разновидности требуют устройства гидроизоляционного слоя (при эксплуатации на открытом воздухе), выдержки бетона после пропитки – 28 суток, тогда как после акриловых пропиток можно работать спустя 3–5 суток. Нельзя работать по влажным основаниям (кроме двухкомпонентных), если предполагается эксплуатация при отрицательных температурах. В этом случае необходимо нанесение дополнительной противоскользкой пропитки. При работе с полиуретановыми пропитками попадание воды в материал недопустимо. Материал наносится только на затвердевшие сухие основания после предварительной подготовки. Пропитку наносят методом распыления, кистями или валиками в 1–2 слоя. Однокомпонентная полиуретановая пропитка обычно готова к применению. Двухкомпонентный состав смешивается 1:1.

1.4 Эпоксидные пропитки

Эпоксидными составы могут быть бесцветными и цветными. Их используют в основном для внутренних работ, так как материал плохо выдерживает действие ультрафиолета. Пропитки на основе эпоксидных смол выполняются для защиты бетона от химико-механических воздействий.

Преимущества: высокие прочностные характеристики, герметичность, лучшая сопротивляемость абразивам, минимальная влагопроницаемость, практически отсутствует усадка, эстетичность, отсутствие запаха при нанесении, высокая адгезия, полное обеспыливание.

Недостатки: материал проигрывает полиуретанам по устойчивости к механическому и химическому воздействию.

Сфера применения: бетонные основания цехов различных отраслей промышленности. Материал используется на складах, в гаражах, автомойках, холодильниках.

Эпоксидные пропитки двухкомпонентного состава требуют приготовления перед началом работ. Состав наносится на свежий или старый бетон. Готовая смесь наносится на чистую поверхность в 1–3 слоя валиком, кистью или краскораспылителем. Интервал между пропитыванием слоев – 12 ч.

1.5 Полиизоцианатные пропитки.

В настоящее время опробованы многочисленные рецепты (эпоксидно-фурановые, эпоксидно-каучуковые, эпоксидно-каменноугольные и др.). Основной проблемой таких пропиток является недостаточная адгезия к влажному бетону. Положение улучшилось когда удалось успешно внедрить изоляционное покрытие с использованием полиизоцианатных полимеррастворов, имеющих хорошую адгезию к мокрому бетону. Установлено, что наиболее стойкими в различных агрессивных средах являются составы на основе полиизоцианатного связующего. Разработан и запатентован способ получения связующего – полиизоцианата (Лукар) и изоцианатных композиций [7].

Защита бетона от морозного разрушения составами Лукар предельно упростилась. Очищенную поверхность пропитывают составом Лукар-ОП, однокомпонентной низковязкой жидкостью, поставляемой в готовом к употреблению виде, которую можно наносить при температуре наружного воздуха, до -22 °С и при любой положительной температуре и влажности. Его наносят распылителями или при малых объемах – кистями. Через 3–5 часов шпателем или кистью наносят состав Лукар-5 – двухкомпонентный состав повышенной вязкости, образуется высокопрочная поверхность, стойкая к агрессивным действиям окружающей среды. Особенностью таких защитных составов является повышенная адгезия к влажному бетону, а также бетонным и железобетонным конструкциям, эксплуатирующихся в условиях повышенной механической нагрузки.

В качестве высокоэластичных защитных покрытий обычно используют эластомеры на основе наирита, тиоколов, бутилкаучуков и хлорсульфированного полиэтилена (ХСПЭ). В сочетании с различными добавками и наполнителями эти эластомеры обеспечивают необходимую трещиностойкость, но, как правило, их поверхностная когезионная прочность недостаточна. Высокопрочные же смолы (эпоксидные, фурановые, полиэфирные, полиизоцианатные) нетрещиностойки.

Указанные факторы послужили основанием для разработки составов, которые совмещают прочностные и высокоэластичные свойства. В частности, были разработаны составы, включающие эпоксидные смолы, синтетические каучуки и присадки, повышающие стойкость к конкретным

химическим воздействиям. Основным недостатком таких защитных композиций является многокомпонентность, что усложняет технологический процесс и ограничивает использование их на стройплощадке.

Анализ достоинств и недостатков многочисленных композиций показал преимущество эпоксидно-полиизоцианатной композиции с ХСПЭ [8, 9], но из-за значительных затрат она не рекомендуется в дорожном строительстве.

Высокие пропиточные и закрепляющие свойства присущи полиизоцианатным составом, например составу Лукар-ОП. В качестве декоративно-защитного покрытия могут быть рекомендованы также композиции, состоящие из диановой эпоксидной смолы, ХСПЭ и полиизоцианатного связующего [8].

Отмечена лучшая проницаемость и исключительно высокая технологичность состава Лукар-ОП.

1.6 Пропитка бетона техническим растительным маслом

Установлены зависимости глубины пропитки бетонов и количества поглощенного технического растительного масла от времени пропитки, а также влияние вязкости масла на кинетику его поглощения бетоном. Показано, что количество максимально поглощенного масла бетоном существенно зависит от его пористости. Пропитка бетонов техническим растительным маслом позволяет снизить их водопоглощение до величины менее 1 %, повысить прочность на 35–40 %. Температурно-влажностные деформации модифицированных бетонов не имеют аномальных расширений в области отрицательной температуры. После 20 циклов попеременного замораживания и оттаивания не обнаруживается снижение прочности и изменения массы образцов. Анализ структуры бетонов с поверхностным слоем модифицированным техническим растительным маслом, показал наличие трех характерных слоев: модифицированного, переходной зоны и основного слоя бетона. Установлено, что переходная зона, образующаяся в процессе полимеризации пропиточного состава, играет положительную роль, улучшая совместную работу слоев, предохраняя пропитанный слой от скалывания при нагружении и циклическом действии агрессивной среды [10]. Технология не апробирована для защиты бетонных дорожных покрытий.

2 Неорганические пропитки

Неорганические пропитки имеют иной принцип действия. Они после проникновения в бетон вступают в реакцию с химическими соединениями затвердевшего бетона, которые в итоге становятся инертными к дальнейшим агрессивным взаимодействиям. В результате бетонная поверхность перестает пылить и приобретает такие дополнительные качества, как прочность и водостойчивость.

2.1 Поверхностное флюатирование бетона

Как уже было отмечено, вторичные меры защиты предполагают поверхностную обработку (пропитку) сформировавшегося бетона различными составами, изменяющими физико-химические и физико-механические свойства цементного камня в бетоне.

Одним из эффективных способов обработки бетона является флюатирование – введение в состав бетонной смеси гексафторсиликатов магния, кальция, цинка и других металлов (объемное флюатирование), либо обработка бетонной поверхности водными растворами указанных солей (поверхностное флюатирование) [11, 12]. При разработке пропиточного состава на основе $MgSiF_6$ авторы проводят оценку защитных свойств комплексно по величине и изменению во времени показателей капиллярного водонасыщения, водопоглощения, прочности на сжатие и изгиб, морозостойкости и атмосферостойкости. Непосредственно перед обработкой пропиточными составами проводили подготовку образцов, включающую обезжиривание, очистку, обеспыливание и сушку при температуре $(70 \pm 5)^\circ C$. Была проведена серия экспериментов по оптимизации режима поверхностной обработки бетона водным раствором гексафторсиликата магния. Определены кратность пропитки и концентрация раствора $MgSiF_6$ для каждого слоя. Установлено, что оптимальным режимом обработки бетона является его пропитка в два приема с концентрацией гексафторсиликата магния 5 мас. % и 15 мас. %. Разработанный пропиточный состав получил техническое название «Сифтом» [11].

В настоящее время для антикоррозионной защиты наиболее ответственных бетонных и железобетонных конструкций используется пропиточный состав Burke-0-Lith производства американской фирмы Burke, который является монополярным продуктом этого класса на строительном рынке СНГ. Действующее вещество в Burke-0-Lith – гексафторсиликат магния.

Установлено, что в результате обработки цементного камня пропиточным составом «Сифтом» водорастворимый гидроксид кальция взаимодействует с гексафторсиликатом магния с образованием водонерастворимых фторидов магния и кальция. У образцов, обработанных Burke-0-Lith, водопоглощение находится на уровне пропиточного состава «Сифтом». Полученные результаты объясняются прежде всего тем, что в результате возникающих диффузионных процессов гексафторсиликат магния перемещается с поверхности бетонного образца вглубь капилляров, пустот и микротрещин в бетонном массиве, где в результате взаимодействия с гидроксидом и карбонатом кальция образуются нерастворимые соединения. Следует отметить, что указанные пропиточные составы апробированы для защиты дорожных бетонных покрытий.

2.2 Пропитка бетона раствором жидкого стекла

Для повышения физико-механических свойств и долговечности бетона может быть успешно использована технология их пропитки жидкими пропиточными композициями, способными отверждаться при определённых условиях в поровом пространстве бетона. В качестве пропиточной композиции было принято жидкое натриевое стекло значительно менее дефицитное по сравнению с другими известными материалами, имеющее невысокую стоимость и обладающее низкой вязкостью при определённом содержании в нём воды. Кроме того, жидкое стекло характеризуется высокой химической стойкостью и способностью образовывать плотные, малорастворимые и даже практически водонепроницаемые пробки из продуктов взаимодействия с углекислым газом и цементным камнем. Автором [13] разработана технология пропитки мелкозернистого бетона жидким стеклом. Установлено влияние основных технологических параметров (тепловой обработки, сушки бетона до пропитки, избыточного давления, отверждения жидкого стекла в поровом пространстве бетона) на величину поглощения жидкого стекла при пропитке и прочностные характеристики пропитанного бетона. Впервые предложен способ отверждения жидкого стекла в поровом пространстве бетона в среде углекислого газа при температуре 100–120 °С. Однако предложения [13] не соответствуют условиям их применения при производстве защиты дорожных бетонных покрытий (наличие углекислого газа и температуры 100–120 °С).

2.3 Пропитка бетона солевыми растворами

Определяющим фактором водонепроницаемости, а также других основных свойств бетона, таких как прочность, морозо-, атмосферо-, коррозионная стойкость, является пористость цементного камня. Известно, что даже незначительное по объёму варьирование пористости в материалах приводит к резкому изменению их свойств. При умении контролировать поровую структуру, можно повышать показатели свойств и долговечности бетона.

В работе [15] выявлены особенности изменения пористости, водонепроницаемости и морозостойкости цементных бетонов, пропитанных солевыми растворами, после предварительного длительного твердения бетонов. При этом установлено:

- основную долю в повышении водонепроницаемости бетона вносит солевая составляющая по сравнению с цементной составляющей гидроизолирующей;

- при пропитке предварительно твердевшего цементного камня растворами солей-электролитов происходит их взаимодействие с продуктами гидратации цемента по реакциям присоединения и/или обмена с образованием главным образом соответствующих этрингитоподобных и гидромосульфалюминатных фаз, гидроксо-соединений и карбоната кальция.

Оптимальными видами солей являются натриевые соли, обеспечивающие взаимодействие с гидроалюминатами и портландитом цементного камня. Эти соли взаимодействуя с составляющими цементного камня, образуют трудно растворимые кристаллогидраты, заполняющие поры и микротрещины, уплотняя тем самым, структуру бетона и повышая его эксплуатационные характеристики. В качестве солей-электролитов и других химических соединений использовали нитрат натрия – NaNO_3 , хлорид кальция – CaCl_2 , сульфат натрия – Na_2SO_4 , сульфат алюминия – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, формиат натрия – HCOONa , карбонат натрия – Na_2CO_3 , хлорид натрия – NaCl , нитрат кальция – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, карбид кальция – CaC_2 , дигидрат сульфата кальция – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [15].

Пропитка затвердевших цементного камня, растворов и бетонов осуществляется путем нанесения раствора соли кистью на поверхность образцов при фиксированном расходе растворенной соли, составлявшем 1,5–4,5 % от массы цемента.

Уплотнение структуры цементного камня в бетоне при пропитке его растворами солей происходит из-за синтеза дополнительного количества различных фаз. В результате чего снижается размер и объем пор.

Образующиеся соединения, кольматируют поры бетона. Вследствие чего происходит уменьшение пористости и увеличение водонепроницаемости.

Таким образом, соли непосредственно принимают участие в формировании дополнительной структуры цементного камня, откладываясь в виде кристаллов новообразований, кольматируя поры или «вписываясь» в структуру материала наравне с другими фазами.

Установлено, что контролируя поровую структуру цементного камня, можно повышать не только показатели водонепроницаемости, но и морозостойкость и атмосферостойкость бетона.

2.4 Пропитка водорастворимой серой

Пропитка бетонов водорастворимой серой повышает их прочность, плотность, снижает проницаемость для жидкостей и газов, увеличивает морозостойкость, атмосферостойкость, стойкость к воздействию агрессивных сред. В зависимости от поставленной цели пропитку осуществляют путем полного погружения при нормальном атмосферном давлении или путем поверхностного нанесения, чем обеспечивают различную скорость пропитки и глубину проникновения -пропиточного состава. Различают поверхностную (на глубину 1–2 мм), частичную (до 50 % площади поперечного сечения) и полную пропитку. При поверхностной пропитке в конструкции образуется плотный защитный слой, повышающий стойкость бетона к внешним воздействиям, а несущая способность конструкции существенно не увеличивается. Как частичная, так и полная пропитка конструкции повышает одновременно и стойкость к внешним воздействиям, и несущую способность.

Новым направлением применения серы в качестве пропиточной композиции являются ее водные растворы, разработанные и предложенные НИИРЕАКТИВ (г. Уфа). Кроме бетонов, технология пропитки может быть использована для упрочнения любых пористых строительных материалов. НИИЖБ совместно с НИИРЕАКТИВ провели испытания образцов, пропитанных водным раствором серы, с целью определения возможности уплотнения структуры бетона и уменьшения водопоглощения. Полученные результаты испытаний позволили рекомендовать водный раствор серы, разработанный НИИРЕАКТИВ, в качестве пропиточной композиции для поверхностной и объемной пропитки строительных конструкций из бетона различных составов, как на этапе изготовления конструкций, так и при выполнении ремонтновосстановительных работ. Следует отметить простоту и доступность технологии обработки изделий водным раствором серы, однако, применительно к защите дорожных бетонных покрытий такой метод пока промышленно не апробирован.

2.5 Применение пропиточного состава «СТРОП-М» для защиты дорожных бетонных покрытий

В Казахстане с 2008 года начато строительство автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями. В настоящее время появляющиеся в процессе эксплуатации дефекты требуют своевременного ремонта.

Одним из способов защиты цементобетонных покрытий является применение пропиточного состава «СТРОП-М» [16].

Эффективность применения тех или иных технологий и материалов в конкретных условиях эксплуатации выявляется путем лабораторных испытаний и устройства опытных участков с последующим мониторингом их состояния.

Существенным отличием предлагаемого способа от других является то, что после нанесения на поверхность цементобетонного покрытия композиций на основе фосфорной кислоты последние выдерживают до образования высолов на поверхности покрытия, а для дальнейшей обработки используют раствор гидроксида кальция. Это обеспечивает прочное адгезионное взаимодействие композиций с цементным камнем и кольматацию пор в бетоне за счет увеличения количества образующихся средних фосфатов кальция в процессе ионообменной реакции между моно- и дизамещенными фосфатами натрия и гидроксидом кальция, содержащимся в растворе для обработки.

Наносимая композиция вначале вступает во взаимодействие с ионами кальция в составе $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в бетоне, а непрореагировавшая часть в виде высолов накапливается в порах и капиллярах бетона. Затем непрореагировавшие кислые фосфаты натрия вступают во взаимодействие с ионами кальция, содержащимися в растворе $\text{Ca}(\text{OH})_2$ для обработки. Таким образом, создаются прочные связи новообразований в порах бетона с цементным

камнем и поры заполняются нерастворимым средним фосфатом кальция ($\text{ПР}_{\text{Ca}_3(\text{PO}_3)_2} = 2 \cdot 10^{-29}$), что способствует повышению морозостойкости цементобетона в условиях действия агрессивных противогололедных реагентов. Средний фосфат кальция имеет белый цвет, что позволяет увеличить светоотражение обработанной поверхности и обеспечить соответствующее снижение нагрева бетонных плит от солнечной радиации; уменьшение их теплового деформирования, приводящего к образованию трещин и разрушений на дорожном покрытии. Поскольку фосфат кальция в порах цементобетона прочно связан с цементным камнем, при многократном замораживании-оттаивании в растворах противогололедных материалов (на основе наиболее распространенного антигололедного материала – хлорида натрия) поры не разрушаются, обеспечивая тем самым устойчивость светоотражения при действии знакопеременных температур.

Образцы дорожного цементобетона испытывались следующим образом.

Капиллярное всасывание раствора противогололедного материала определялось на образцах-кубиках бетона размером 7х7х7 см, выдержанных 28 суток в нормальных условиях. Образцы обрабатывались составом «СТРОП-М» и выдерживались 8 часов до образования высолов с последующей обработкой поверхности насыщенным раствором гидроксида кальция.

Морозостойкость оценивалась по потере массы обработанных образцов-кубиков после 400 циклов замораживания-оттаивания в 5 %-ном растворе NaCl. Этот метод в наибольшей степени характеризует повышение устойчивости поверхности бетона к воздействию знакопеременных температур в условиях применения противогололедных материалов.

Устойчивость светоотражающей способности поверхности образцов бетона оценивалась по степени снижения белизны, измеренной с помощью блескомера ФБ-2 в соответствии с ГОСТ 896 до процесса замораживания-оттаивания и после него.

Результаты лабораторных испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики обработанных и необработанных образцов [16]

Наименование показателя	Обработанные образцы	Контрольные образцы
Капиллярное всасывание раствора, г	3,0	7,5
Потеря массы при замораживании-оттаивании, г	0,8	2,7
Снижение светоотражения, %	17	68

Пропитка цементобетонных образцов составом «СТРОП-М» позволяет снизить капиллярное всасывание растворов противогололедных материалов

на 60 %, повысить морозостойкость (уменьшить потери массы образцов при морозном шелушении поверхности цементобетона) на 70 %, снизить падение светоотражающей способности на 75 % по сравнению с контрольными образцами, не обработанными составом.

ВЫВОДЫ

Проведен анализ существующих методов защиты бетонов от коррозионных разрушений с помощью различных пропиточных составов. Как наиболее перспективные для защиты дорожных бетонных покрытий отмечены солевые растворы, пропитка водорастворимой серой и апробированный в опытном производстве специальный пропиточный состав «СТРОП-М». Показан механизм, протекающих при этом химических реакций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Шейкин, А. М.** Об эффективности вторичной защиты дорожного бетона / А. М. Шейкин, С. В. Эккель // Наука и техника в дорожной отрасли, 2004. – № 1. – С. 19–23.

2 **Степанова, В. Ф.** Новые эффективные материалы для вторичной защиты железобетонных конструкций / В. Ф. Степанова, С. Е. Соколова, А. Л. Полушкин // Бетон и железобетон – пути развития: научные труды 2-й Всерос. конф. по бетону и железобетону, Москва 5–9 сентября 2005 г. – М. : Дипак, 2005. – Т. 4. – С. 509–511.

3 **Батраков, В. Г.** Модифицированные бетоны. / В. Г. Батраков // М. : Стройиздат, 1990. – 395 с.

4 **Микульский, В. Г.** Модификация строительных материалов полимерами / В. Г. Микульский, В. В. Козлов // Учебн. пособие. – М. : МИСИ, 1986. – 43 с.

5 **Магдеев, У. Х.** Бетонные изделия поверхностно модифицированные эпоксидными полимерами / У. Х. Магдеев, А. К. Давидюк, Б. В. Садов // Промышленность строительных материалов Москвы, – М. : 1986, № 7. – С. 24–25.

6 **Баженов, Ю. М.** Бетонополимеры / Ю. М. Баженов // М. : Стройиздат, 1983. – 472 с.

7 **Лукинский, О. А.** Гидрозащита подземных конструкций / О. А. Лукинский // Строительные материалы, № 1, 2008. – С. 20.

8 **Черников, Г. П.** Опыт применения трещиностойких защитных покрытий на основе хлорсульфированных полиэтилена / Г. П. Черников // Противокоррозионные работы в строительстве, 1982. – Вып. 4. – С. 2–4.

9 **Алиханов, Х. А.** Повышение эксплуатационных свойств бетона / Х. А. Алиханов // Автореф. диссерт. канд. техн. наук. – М., 2002.

10 **Мануйлова, Е. М.** Декоративные бетоны, модифицированные техническим растительным маслом / Е. М. Мануйлова // Автореф. дис. канд. техн. наук. – М. : МГСУ, 1995.

11 **Хотянович, О. Е.** Технология гексафторсиликата магния / О. Е. Хотянович, М. И. Кузьменков // Химическая промышленность. – 2007. – Т. 84. – № 5. – С. 233–241.

12 **Кузьменков, М. И.** Синтез гексафторсиликата магния / М. И. Кузьменков, О. Е. Хотянович // Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии : сб. науч. трудов. / НАН Беларуси, Институт химии новых материалов. – Минск : Белорусская наука, 2008. – С. 161–173.

13 **Скорина, Т. В.** Структурообразование в композициях на основе растворимых силикатов щелочных металлов / Т. В. Скорина // Автореф. диссерт. канд. техн. наук. – М., 2010.

14 Методические рекомендации по контролю качества поровой структуры дорожного бетона // М. : СоздорНИИ, 1978. – С. 17.

15 **Бровкина, Н. Г.** Повышение водонепроницаемости и морозостойкости цементных / Н. Г. Бровкина // Автореф. диссерт. канд. техн. наук. – Новосибирск, : 2012.

16 **Пшембаев, М. К.** Опытное применение пропиточного состава для цементобетонных покрытий автомобильных дорог / М. К. Пшембаев // Автомобильные дороги и мосты, 2017. – № 2(20). – С. 56–59.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

М. К. Пшембаев

Жол бетон жабындарын коррозиялық бұзылулардан қорғау үшін тиімді сіндіру құрамын таңдау мәселесіне

Беларусь ұлттық техникалық университеті,

Минск, 220013, Беларусь Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

M. K. Pshembayev

To the question of choosing an effective impregnating composition to protect road concrete coatings from corrosion

Belarusian National Technical University,

Minsk, 220013, Belarus.

Material received on 06.02.19.

Біз білетіндей, бетон композициялық кеуекті материал болып табылады. Оның беткі қабатының БҚ кеуектігі қолданыста басты роль атқарады. Кеуектік бетон құрылымының бастапқы кедергісінің әртүрлі каррозиялық зақымдануын төмендетеді. Сондықтан, автомобиль жолдарының бетон жабындысын климаттық ауа-райының факторларынан, транспорттық жүктемелердің әсерінен қорғаудағы маңызы зор болып табылады. Оны жүзеге асыру үшін, бетон құрылымының беткі қабатын органикалық және бейорганикалық қосылыстарға сіңіреді. Нәтиженің жақсаруы дұрыс қосылыс таңдағанға тура байланысты. Мономер негізіндегі полимерлі материалдарды, сонымен қатар полиуретанды, эпоксидті, акрилды және полиизонатты құрам органикалық құрылым негізінде қолданылады. Бейорганикалық қосылыстардың мысалы ретінде бетон саңылауларында пайда болатын күрделі еритін фосфатты, фторидті, силикатты және т.б. сулы ерітінділерді келтіруге болады. Бетонның сусіңіргіштігін төмендету үшін кремнийорганикалық қосылыс негізіндегі гидрофобизаторлар қолданған дұрыс. Гидрофобизатор және т.б. заттар негізіндегі бетон саңылауларын толтыратын күрделі еритін қосындыларға аса көп қызығушылық танытылуда.

It is known that concrete is a composite porous material. The porosity of its surface layer (SL) has a special role: it significantly reduces the initial resistance of the concrete structure to an appearance of various corrosion damages. This feature is especially important in the protection of concrete pavement of roads in the condition of simultaneous impact of weather and climatic factors and load of vehicles. Usually in this case concrete structure surface layers (SL) are impregnated with various organic and inorganic compounds. A correct choice of compound is important for improvement of solution. Polymeric materials based on monomers either polyurethane, epoxy, acrylic and polyisocyanate compositions as well, both can be used as organic compounds. Inorganic compositions that usually applied are aqueous solutions of compounds that lead to the formation of insoluble phosphates, fluorides, silicates and other substances in the pores of concrete. In order to reduce the water absorption of concrete it is necessary to consider appliance to use industrial water repellents based on organic silicon compounds. Also, the composite mixed materials based on water repellents and substances that form insoluble clumps in the pores of concrete are very interesting too.

ГРНТИ 67.53.25

Д. Ж. Рахимова¹, А. С. Никифоров²

¹магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²д.т.н., профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: aleke4599@mail.ru

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В статье раскрываются проблемы и подходы к утилизации крупногабаритных резинотехнических изделий как одного из источников загрязнения окружающей среды. Рассматриваются основные методы решения данной проблемы. Также указываются причины возникновения и накопления этого вида вторичного сырья, устранение которого позволит создать комфортные условия для проживания людей и решить задачу рационального использования вторичных ресурсов.

Ключевые слова: резинотехнические отходы, утилизация, энергоэффективность утилизации.

ВВЕДЕНИЕ

Затраты энергии и материалов, общее загрязнение могут быть радикально снижены при условии сокращения количества отходов, посредством поощрения полного использования сырья и переработки, путем превращения отходов в новую продукцию.

Благодаря уменьшению расхода энергии, получаемой в основном из ископаемого топлива, переработка отходов становится одним из наиболее эффективных методов сдерживания концентрации газов, способствующих парниковому эффекту, и сокращения загрязнений, составляющий которых ведут к образованию кислотных дождей. Продукты сгорания ископаемого топлива нарушают хрупкий баланс газов в атмосфере, что, как утверждают ученые, может вызвать глобальное повышение температуры и поднятия уровня океана – в случае увеличения доли оксида углерода в атмосфере. В результате действия загрязнителей, кислотных дождей и продуктов сгорания природного топлива уже повреждены 19 млн. га лесов в Северной

и Центральной Европе, это – территория, примерно равная Восточной Германии и Австрии, вместе взятым, и это же – тысячи мертвых озер на индустриальном Севере.

Общие решения по утилизации отходов, принятые местными и национальными правительствами, влияют на глобальное использование энергии, уровень теплоты в атмосфере и степень загрязнения окружающей среды.

Практический опыт использования различных видов утилизации твердых отходов в мире приведена в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Соотношение видов утилизации ТБО в различных странах, %

Вид утилизации	США	Великобритания	Франция	Германия	Япония	Средние данные
Захоронение на свалках	84	90	55	78	57	74,7
Сжигание	15	9	35	20	40	23,1
Переработка в удобрения	-	1	10	2	2	1,4
Прочие	1	-	-	-	1	0,8
Итого	100	100	100	100	100	100

Как видно из таблицы 1, только Франция и Япония широко используют сжигание, остальные страны – в основном полигоны-свалки. Сжигание позволяет:

- уменьшить объем отходов в 2–10 раз;
- использовать тепло от сжигания для отопительных целей (по расчетам специалистов, сжигание 5 тонн твердых отходов эквивалентно сжиганию 1 тонны условного топлива);
- снизить заражение отходами воды и почвы.

Но при этом уничтожаются важные компоненты, содержащиеся в отходах, образуется очень много золошлаковых отходов (до 25 %), которые подлежат захоронению на полигонах, загрязняется атмосфера.

Если эффективно использовать отходы, это повысит экономические показатели производства и одновременно улучшит экологическую обстановку в промышленных регионах. По содержанию ценных компонентов отходы сравнимы с первичным сырьем и должны быть повторно использованы в производственных процессах.

Отходы промышленности, образующиеся и накапливающиеся по ходу производства, стоит рассматривать как мощный источник сырьевой базы для получения новых компонентов. Такими отходами могут быть:

- резинотехнические изделия бытового назначения;
- автомобильные шины и шины сельскохозяйственных машин;
- промышленные резинотехнические изделия (конвейерные ленты, муфты, сальники и т.д.), которые ежегодно собираются и вывозятся с черты города.

Перечисленные отходы представляют собой бесформенную массу, которая, на первый взгляд, не представляет ценности. Однако это не так, хотя надо признать: возврат этих отходов в технологический передел практически невозможен без окускования. Практически эти отходы сегодня не организовано сжигаются, но при сжигании выделяются вредные газы – фтористые, диоксидные соединения, сажа, окислы азота, углеводороды. Некоторые из них обладают мощным мутагенным и канцерогенным действием, угнетают иммунитет, способствуют развитию аномалий и пороков развития. Они слабо расщепляются, накапливаются в организме человека. Кроме того, дым очень плохо рассеивается и в городской черте вызывает дополнительные проблемы в и так неблагоприятных в экологическом отношении городах: усиление смога и задымленности. При этом вредные вещества практически не исчезают, а остаются в приземном слое и подрывают здоровье всех, кто им дышит.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Нормативный документ, регламентирующий утилизацию опавшей листвы – это решения областных исполнительных органов Республики Казахстан (маслихатов) «**Об утверждении Правил благоустройства территорий городов и населенных пунктов**» [2].

Так, например, в Павлодарской области документом предусматривается утилизация (обезвреживание) твердых отходов и крупногабаритного мусора – обработка твердых отходов и крупногабаритного мусора различными технологическими методами на специальных сооружениях с целью предотвращения вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду, а также запрет на сжигание мусора, листвы, тары, производственных и других отходов на территориях городов и населенных пунктов.

Если посмотреть на реальную ситуацию, то окажется, что сжигать мусор намного проще и дешевле, чем вывозить на свалку, так как сжигание в ночное время вне рабочего дня, например, в частном секторе, контролировать практически невозможно.

А если посмотреть на эти отходы под иным углом, то они окажутся источником альтернативной энергии и потенциального дохода, что позволит решить сразу несколько задач службам городского коммунального хозяйства.

Очевидно, что такие отходы нужно окусковывать перед использованием в качестве топлива. Одним из перспективных методов окускования является

брикетирование, позволяющее путем прессования получать прочные куски одинаковых размеров, массы и формы.

Поскольку процесс окускования мелкофракционных отходов этим методом не предъявляет жестких требований по крупности и составу материалов, он является экономичным. Кроме того, возможность введения в брикетируемую шихту различных полезных при последующей переработке брикетов добавок позволяет целенаправленно управлять образованием конечного продукта, формируя таким образом его оптимальный химический состав и свойства.

Повышение эффективности использования сырьевых материалов решает не только задачи ресурсосбережения, но и улучшает экологическую обстановку на предприятиях и прилегающих территориях. В последние годы в связи с постоянно увеличивающимся количеством мелкофракционных сырьевых материалов, используемых в производстве, интерес к их подготовке и использованию у многих предприятий существенно возрос.

По сравнению с традиционными методами окускования брикетирование имеет преимущества в экологическом плане, так как характеризуется меньшими удельными капитальными и эксплуатационными затратами, особенно при реализации малотоннажных технологий.

Существуют различные варианты состава брикетов, к примеру:

– известен состав для брикетирования топлива (патент РФ N 2010842). Состав содержит, мас. нефтешлам 15–20, технический углерод 10–20.

Этот пример показывает, что в составе брикетов важную роль играет технический углерод, который является основной составляющей всех резинотехнических изделий. Благодаря этим компонентам брикет получается более плотным и менее хрупким, что позволяет складировать их и транспортировать на дальние расстояния.

При этом брикеты имеют цилиндрическую форму размером: диаметр × высота – 100×100, или 110×110, или 120×120 мм.

В качестве антрацитовой мелочи может быть использован антрацитовый штыб (АСШ) – отсева антрацита и отходы углеобогатительных фабрик класса 0-6. Содержание углерода – 89–98 %; плотность – 1,42–1,80 г/см³, выход летучих веществ – 1,5–9,0 %. Структурная прочность – 84,5 %. Высшая удельная теплота сгорания – 25980–27650 кДж/кг.

В качестве связующих веществ могут быть использованы отсева каменноугольного кокса класса 0–10, полученного при сортировке валового кокса на коксохимических предприятиях, что составляет 3–5 % от общего объема кокса. Содержание углерода – 97,4 %; плотность действительная – 1,94 г/см³, структурная прочность – 88,5 %; теплота сгорания – 25150–26400 кДж/кг.

Таким образом, подобная технология позволяет расширить ассортимент используемых твердых топлив, а также иметь более полную утилизацию различных отходов при получении эффективных твердых топлив с минимальными затратами.

Однако данные компоненты не соответствуют такому условию, как экологичность. То есть, несмотря на отличные связующие качества, данные вещества токсичны. Сжигание таких брикетов повлечет за собой выбросы вредных веществ в атмосферу, тем самым пагубно влияя на экологию.

Брикетиrowание, несомненно, является эффективным способом утилизации отходов. Данный способ позволит решить целый ряд проблем, таких как:

– утилизация отходов, вывозимых с городской территории. Проблема с вывозкой на свалки отпадет за ненадобностью;

– производство данного вида топлива, будет гораздо экономичнее в финансовом плане. Так как сырьем служит ресурс, который уже не представляет ценности в других сферах потребления.

Большую роль при этом играют особенности производства данных брикетов, к примеру, давление прессования брикетов. Диапазон давления ограничивается такими условиями как, минимальное давление должно обеспечивать необходимую плотность брикета. Что способствует устойчивости брикета к механическим воздействиям при сортировке, упаковке, транспортировке и хранению данного топлива.

Связующее вещество в брикетировании может значительно влиять на дороговизну и теплофизические свойства производимого топлива. При этом подготовка и добавление связующего элемента может усложнить процесс производства.

Нужно не забывать, что топливо не должно быть токсичным. Иначе, его использование сократит срок износа оборудования, или сделает процесс эксплуатации теплоэнергетического оборудования затратным и опасным.

Поэтому топливо с малым количеством выброса вредных веществ послужит вкладом в улучшение экологической ситуации.

Анализ истории развития менеджмента отходов показывает, что текущее состояние данной отрасли коммунального хозяйства соответствует вропейскому уровню 60–70 годов. Используя опыт развитых стран, можно утверждать, что магистральное направление развития данной сферы должно быть связано с оздоровлением практики захоронения отходов. Выход из экологического кризиса прошлого века в Европе был отмечен, в частности, переходом от открытых свалок к санитарному захоронению отходов.

Представляется, что проведение системной политики, создающей экономические предпосылки для применения и развития технологии

захоронения ТБО, в сочетании с усовершенствованием, расширением нормативно-технической и правовой базы является первостепенной задачей на этом пути. Абсолютно приоритетным следует считать также организацию реального, а не фиктивного контроля над соблюдением, хотя бы действующих экологических и технологических норм в сфере строительства и эксплуатации полигонов ТБО [3].

По самым оптимистичным прогнозам в ближайшие 30–50 лет захоронение бытовых и промышленных отходов на полигонах будет являться основным методом конечной стадии обращения с отходами. Об этом может свидетельствовать опыт многих экономически развитых стран, где при высоком уровне технологических разработок и значительных финансовых инвестициях в данную область, складирование отходов до сих пор является если не основным, то одним из основных методов управления отходами. Исходя из этого, проблема складирования отходов на полигонах еще долгое время будет оставаться актуальной.

В РК отсутствует государственная система управления отходами, включающая мониторинг, хранение, переработку и утилизацию промышленных и бытовых отходов.

Существующая нормативно-правовая база не раскрывает всех механизмов осуществления основных мероприятий по обращению с твердыми отходами. Отсутствуют перспективные технологии и технические средства для обращения с отходами. Не эффективна существующая система коммунального обслуживания населения, парк машин в большинстве регионов изношен. Низка информированность граждан в вопросах обращения с ТБО.

Сложившаяся в Казахстане система обезвреживания основана на захоронении подавляющего большинства отходов (около 98 %) на полигонах и неорганизованных свалках.

Существующие полигоны в настоящее время не приспособлены для переработки отходов. Более того, согласно санитарным нормам, действующим в РК в отношении полигонов, переработка отходов на полигонах запрещена.

ВЫВОДЫ

В настоящее время в мире основными способами обращения с ТБО являются их термическое уничтожение (сжигание), захоронение на специальных полигонах. Как наиболее технически и экономически целесообразный из термических процессов в настоящее время используется процесс сжигания при температурах 850–1000 °С [4]. Сжигание широко распространено в европейских странах. Разработаны режимы сжигания

ТБО, содержащие хлорорганику, позволяющие исключить возможность образования диоксинов и дибензофуранов. Сжигать отходы надо при температуре, не превышающей 850 °С, дымовые газы должны выдерживаться при этой температуре и должны быть подвергнуты специальному режиму охлаждения, при котором исключается возможность реакций синтеза диоксинов.

Огневой способ обезвреживания и переработки отходов является наиболее универсальным, надежным и эффективным по сравнению с другими. Во многих случаях он является единственно возможным способом обезвреживания промышленных и бытовых отходов/

Этот способ характеризуется высокой санитарно-гигиенической эффективностью. Область применения огневого способа и номенклатура отходов, подлежащих огневому обезвреживанию, постоянно расширяются. К ним относятся отходы хлорорганических производств, основного органического синтеза, производства пластических масс, резины и синтетических волокон, нефтеперерабатывающей промышленности, лесохимии, химико-фармацевтической и микробиологической промышленности, машиностроения, радиотехнической и приборостроительной промышленности, целлюлозно-бумажного производства и многих других отраслей промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Проблемы экологии. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.eco-lab.ru/page46_1_12.html.

2 Решение маслихата Павлодарской области от 06 декабря 2012 года N 120/11. Об утверждении Правил благоустройства территорий городов и населенных пунктов Павлодарской области. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V12P0003318>.

3 **Ожогин, В. В.** Основы теории и технологии брикетирования измельченного металлургического сырья : Монография. – Мариуполь : ПГТУ, 2010. – 442 с.

4 **Гомонай, М. В.** Производство топливных брикетов. Древесное сырьё, оборудование, технологии, режимы работы : Монография. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ., 2006. – 68 с.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Д. Ж. Рахимова¹, А. С. Никифоров²**Мәселелері кәдеге жарату ірі габаритті резина техникалық бұйымдар**

^{1,2}Энергетикалық факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 06.02.19 баспаға түсті.

D. G. Rahimova¹, A. S. Nikiforov²**Problems of utilization of large rubber products**

^{1,2}Faculty of Energy Engineering,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 06.02.19.

Мақалада қоршаған ортаны ластау көздерінің бірі ретінде ірі габаритті резіне-техникалық бұйымдарды кәдеге жаратудың проблемалары мен тәсілдері ашылады. Осы мәселені шешудің негізгі әдістері қарастырылады. Сондай-ақ қайталама шикізаттың осы түрінің пайда болу және жинақталу себептері көрсетіледі, оны жою адамдардың тұруы үшін қолайлы жағдайлар жасауға және қайталама ресурстарды ұтымды пайдалану міндетін шешуге мүмкіндік береді.

The article reveals the problems and approaches to the disposal of large rubber products as one of the sources of environmental pollution. The main methods for solving this problem are considered. It also indicates the causes of the occurrence and accumulation of this type of secondary raw materials, the elimination of which will create comfortable conditions for people to live and solve the problem of rational use of secondary resources.

ГРНТИ 47.43.25

E. S. Pitter¹, A. A. Savostin², D. V. Pitter³

¹докторант PhD, преподаватель, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;
²к.т.н., доцент, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;
³к.т.н., доцент, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан
e-mail; ¹dritter@mail.ru; ²alex_savostin@mail.ru

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭНЕРГИИ НА ОБЛУЧАЕМЫЕ ОБЪЕКТЫ

В статье предложена система распределения сверхвысокочастотной энергии на основе однопроводной линии передачи. В соответствии с этим, приводятся схемы концентрации энергии на облучаемых объектах. Обсуждены преимущества предлагаемой системы: использование отражателей в виде параболического и эллиптического цилиндров, соосных с проводом вибраторов. Такие преимущества позволяют реализовать установки с требуемым распределением энергии, минимальной металлоемкостью и низкой стоимостью.

Ключевые слова: однопроводная линия, распределение энергии, переизлучатель, рефлектор.

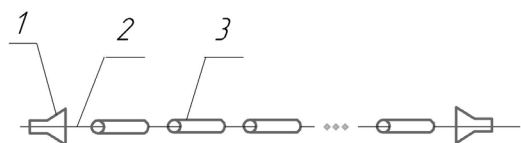
ВВЕДЕНИЕ

Равномерное распределение сверхвысокочастотной энергии на поверхности различной конфигурации является весьма важной на практике задачей. Такие технические предложения, как равномерное облучение протяженных цилиндрических и плоских поверхностей, достаточно часто встречаются в решении многих инженерных задач. К таким задачам следует отнести равномерную сушку древесины различной формы и протяженности, разогрев грунта в зимнее время года, сушку зерна.

Обычно в сверхвысокочастотном диапазоне нагрев осуществляют рядом облучателей рупорных или щелевых с помощью прямоугольного волновода. Указанная система распределения оказывается весьма металлоемкой и дорогостоящей. Кроме того, равномерность распределения энергии оставляет желать лучшего.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В данной статье предлагается строить систему распределения сверхвысокочастотной энергии на основе однопроводной линии передачи [1]. Однопроводную линию передачи выполняют в виде коллинеарной антенной решетки с равномерным распределением поля, возбуждаемой открытым резонатором. Такой резонатор образован одиночным проводом с диэлектрическим покрытием и парой рефлекторов в виде дисков, каждый из которых установлен на концах провода (рисунок 1).



- 1 – Рефлектор в виде диска
- 2 – Провод с диэлектрическим покрытием
- 3 – Вибратор

Рисунок 1 – Система распределения сверхвысокочастотной энергии

Предложенная система распределения сверхвысокочастотной энергии является оптимальной по следующим причинам. Во-первых, данный облучатель на основе однопроводной линии передачи, не ограничен по длине. Распределение электромагнитного поля по длине излучателя может быть выполнено любым. Во-вторых, плоскость поляризации излучаемого поля лежит в плоскости провода. Так как излучатель представляет собой коллинеарную решетку, то в плоскости, ортогональной проводу волновода, имеет место всенаправленное излучение. Таким образом, однопроводная линия передачи является идеальной конструкцией как для применения в чистом виде, так и в качестве облучателя для отражателей в виде кривых второго порядка [2].

Ниже рассмотрим основные особенности построения сверхвысокочастотных установок с использованием однопроводной линии передачи.

Основным звеном в предлагаемых системах концентрации (распределения) энергии является однопроводный излучатель. Такой излучатель представляет собой провод с диэлектрическим покрытием, около которого возбуждают поверхностную волну E_{00} . Провод с двух концов замкнут двумя плоскими проводящими рефлекторами, а возбуждение поверхностной волны может быть осуществлено в любом удобном месте на проводе. По всей длине провода устанавливаются соосные с проводом вибраторы (переизлучатели) в виде трубчатых цилиндров, образующих в совокупности вибраторную решетку. Используя коэффициенты связи, достигают требуемого распределения поля вдоль вибраторной решетки. Степень возбуждения вибраторов определяется коэффициентом связи « K_i » поверхностной волны из расчета достижения равномерного по длине L распределения энергии переизлучаемого поля T - типа, осуществляемого под действием продольной составляющей напряженности электрического поля:

$$K_i = \frac{P_i}{P}, \tag{1}$$

где P – мощность энергии СВЧ, переносимая поверхностной волной;

P_i – мощность энергии СВЧ, образованная поверхностной волной в i -том вибраторе рассматриваемой коллинеарной антенной решетки под действием продольной составляющей напряженности электрического поля [3].

Таким образом, образуется всенаправленный излучатель, вектор напряженности электрического поля которого колеблется в плоскости провода, а его длина l определяется количеством вибраторов и расстоянием между ними ($l=n \cdot t$).

Рассматриваемый выше однопроводный излучатель может использоваться как самостоятельно, так и в совокупности с тем или иным переизлучателем.

В начале, рассмотрим однопроводный излучатель в качестве самостоятельной антенны, обладающей всенаправленными свойствами в плоскости, ортогональной проводу, и сжатой характеристикой направленности в плоскости провода. Опустим проблемы передачи телевизионных сигналов и сосредоточим внимание на построении сверхвысокочастотных установок для облучения объектов низкой проводимости. В частности, сушка зерна на элеваторах. В данном случае создается зонд, в основе которого лежит однопроводная линия передачи с рефлекторами, который помещают в облучаемую среду.

Подаваемая мощность, начальная и конечная температура, а также количество зондов будут определяться начальной и требуемой влажностью зерна, количеством облучаемого зерна.

Также возможно использовать однопроводную линию передачи для сушки древесины различной протяжённости формы и породы.

Представляется полезным использование однопроводной линии передачи в совокупности с отражателями в виде параболического и эллиптического цилиндра.

Применение отражателя в качестве рефлектора в виде параболического цилиндра целесообразно использовать при облучении протяженных объектов, например при сушке древесины (рисунок 2).

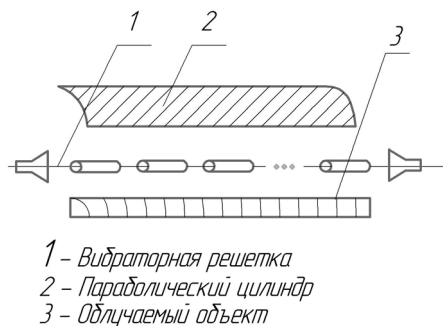


Рисунок 2 – Применение отражателя в виде параболического цилиндра

В этом случае мы получаем направленный поток мощности, определяемый в сечении длиной антенной решетки и размером раскрыва параболы, образующей цилиндр. Такой вариант позволяет создавать сверхвысокочастотные установки, как для обработки древесины, так и для облучения отходов. При этом, стоимость установок и их металлоемкость существенно ниже традиционных, где распределение энергии осуществляют волноводами с рупорными или щелевыми излучателями [4].

Применение однопроводной линии передачи оказывается возможным и в эллиптическом цилиндре, обладающим, как известно, двумя фокальными осями (рисунок 3).

В этом случае, вдоль одной фокальной оси помещается провод с соосными вибраторами, а в окрестности второй оси помещается объект воздействия, на котором фокусируется излучаемая энергия. Это позволяет, разместив вдоль второй фокальной оси конвейер, пропускать через него те или иные сыпучие объекты низкой проводимости, предназначенные для облучения. Преимущества данной системы несомненны. Прежде всего, это замкнутость электромагнитного поля. Другое преимущество состоит в высокой концентрации электромагнитного поля на второй фокальной оси где расположен объект воздействия [5].

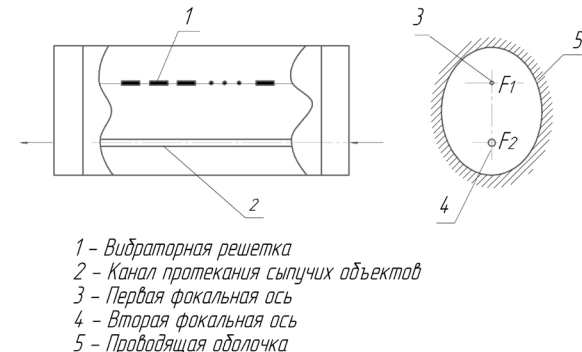


Рисунок 3 – Применение отражателя в виде эллиптического цилиндра

ВЫВОДЫ

Таким образом, распределение сверхвысокочастотной энергии на облучаемые объекты, целесообразно осуществлять с использованием однопроводной линии передач в виде провода с диэлектрическим покрытием и поверхностной волной E00. Такие преимущества, как простота конструкции, минимальная металлоемкость установки, возможность возбуждения поверхностной волны в любой точки провода рядом независимых маломощных генераторов СВЧ энергии, возможность реализации открытого резонатора позволяют создавать новые конструктивные решения для различных задач промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Кисмерешкин, В. П., Лобова, Г. Н. Вибраторная решетка // Патент № 2190907.
- 2 Кисмерешкин, В. П., Лобова, Г. Н. Устройство возбуждения поверхностной волны // Патент на изобретение № 2144720.
- 3 Кисмерешкин, В. П., Лобова, Г. Н., Ритгер, Д. В. Сверхвысокочастотный промышленный нагрев с помощью открытых волноводов // Динамика систем, механизмов и машин. Материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. 10–12 ноября. Книга 3. Изд-во ОмГТУ, 2009. – С. 306–309.
- 4 Кисмерешкин, В. П., Лобова, Г. Н. Всенаправленная антенная решетка на основе открытого волновода // Проектирование и технология электронных средств – 2004. – № 4. – С. 12–15.
- 5 Кисмерешкин, В. П., Лобова, Г. Н., Ритгер, Д. В., Дударев, А. В. О системе распределения энергии при облучении поверхностей // Электроника

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

E. C. Pummer¹, A. A. Savostin², D. B. Pummer³

Аса жоғары жиілікті энергияны сәулелендіру нысаналарына тарату жүйесі

^{1,2,3}Инженерлік және сандық технологиялар факультеті,
М. Қозыбаев атындағы
Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы.
Материал 06.02.19 баспаға түсті.

E. S. Ritter¹, A. A. Savostin², D. V. Ritter³

Distribution system of super-high-frequency energy to irradiated objects

^{1,2,3}Faculty of Engineering and Digital Technology,
M. Kozybayev North Kazakhstan State University,
Petrovavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 06.02.19.

Мақалада бір жетекті сызықты тапсыру негізінде аса жоғары жиілікті энергияны тарату жүйесі ұсынылып отыр. Осыған орай сәулелендіру нысаналарда энергияны шоғырландыру сұлбасы келтірілді. Ортақ білікті сыммен дірілдеткіштер, параболалық және эллипстік цилиндрлердің шағылдырғыш түрінде қолдануын, ұсылынған жүйенің басымдылығы талқыланды. Энергияны үлестірім талабына сай, төменгі бағамен және минималды металды қажетсінуі, бұндай басымдылықтар іске асыру мүмкіндігін береді.

The article proposed a system for the distribution of microwave energy based on a single-wire transmission line. In accordance with this, the schemes of energy concentration on the irradiated objects are presented. The advantages of the proposed system are discussed: the use of reflectors in the form of parabolic and elliptical cylinders coaxially with the vibrator wire. Such advantages make it possible to realize installations with the required energy distribution, minimal metal consumption and low cost.

К. О. Сабденов¹, С. А. Касимова²

¹д.ф.-м.н., профессор, Физико-технический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²докторант, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан
e-mail: ¹sabdenovko@mail.ru; ²kassedy_sa@mail.ru

АКСИОМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ТЕОРИИ ГОРЕНИЯ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ ПОНЯТИЙ «ПОВЕРХНОСТЬ ГОРЕНИЯ» И «НОРМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ ПЛАМЕНИ». ЧАСТЬ 1. ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЛАМЕНИ

Данная работа рассматривает развитие способа моделирования турбулентного горения при переходе медленного горения в детонацию. Исходными понятиями, в нашем случае, являются «нормальная скорость» ламинарного пламени и «поверхность горения». Рассматриваются макроскопические параметры длины и времени для данного типа горения, что позволяет описывать данное явление при помощи понятий «скорость пламени» и «поверхность горения» Приведены обоснования в пользу уравнения второго порядка и параболического типа для моделирования турбулентного пламени. Рассматриваются причины турбулентного горения. Приведен один из способов построения скорости химической реакции на первичных понятиях нормальной скорости пламени и поверхности горения. Обоснована возможность представления скорости химической реакции для макроскопического описания турбулентного пламени.

Ключевые слова: турбулентное горение, поверхность горения, скорость пламени, детонация, газовая смесь.

ВВЕДЕНИЕ

За последние десятилетия значительно возрос промышленный интерес к водороду не только как компонент для производства высококачественного

бензина и дизтоплива [1], но и как к высокоэнергетическому и экологически чистому топливу, позволяющему производить электрическую энергию путем прямого преобразования химической энергии [2, 3]. При этом развитие такой технологии привело к быстрому росту производства водорода. Вместе с тем становятся все более актуальными вопросы безопасности транспортировки и хранения водорода. В случае утечки водорода, он вместе с кислородом или воздухом образует чрезвычайно легковоспламеняющуюся и взрывоопасную смесь. Поэтому возникает проблема предупреждения возникновения взрывных процессов, для чего необходимо, помимо прочего, знать характер развития такого явления, где основной составляющей частью является турбулентное горение.

Турбулентное горение газов, протекающее как взрывной процесс в замкнутых или полузамкнутых пространствах, остается слабо изученным разделом физики горения и взрыва. Здесь наибольшие трудности встречаются при моделировании перехода медленного горения в детонацию, или, «спонтанной детонации». Исследование спонтанной детонации затрудняется описанием турбулентного горения газовых смесей.

Настоящая работа посвящена дальнейшему развитию подхода, в котором первичными понятиями служат «нормальная скорость» ламинарного пламени и «поверхность горения». Такой подход удобен для математической реализации механизма К. И. Щелкина перехода медленного горения в детонацию [4]. Универсальной модели турбулентности, которая в равной мере была бы пригодна как к химически инертным, так и химически реагирующим средам, существовать не может. Турбулентность чрезвычайно разнообразна по физической природе. Здесь особенно важную роль играют причины, приводящие к возникновению и существованию турбулентных потоков. Излагаемые ниже теоретические построения относятся к турбулентности, причина возникновения которой горение и, как следствие, вызванное им тепловое расширение газа.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Если u_n – скорость движения ламинарного пламени относительно газа, а κ_m – (молекулярная) температуропроводность газа, то сгорание условной единицы объема горючей смеси происходит на расстоянии $l_m \sim \kappa_m / u_n$ за время $t_m \sim \kappa_m / u_n^2$ [5–7]. Примем l_m и t_m за микроскопические масштабы. На практике, где происходит горение больших объемов газа, пространственные l_* и временные t_* макроскопические масштабы значительно превосходят l_m и t_m : $l_* \gg l_m$, $t_* \gg t_m$. Поэтому относительно масштабов l_* и t_* фронт горения можно считать поверхностью разрыва, отделяющую свежую смесь от продуктов горения. Турбулентное же пламя можно представить как чрезвычайно

изогнутую хаотическими пульсациями скорости газа поверхность S , где каждый элементарный участок имеет скорость u_n по направлению нормали к этому участку.

Если для изучаемого горения в экспериментах выявляется, что наиболее существенными являются макроскопические параметры длины (такие как диаметр трубы, характерный размер камеры сгорания и т.д.) и времени, значительно превышающего характерное время химической реакции, то это указывает на практическую целесообразность описания данного явления на основе понятий «скорость пламени» и «поверхность горения». Такая ситуация имеет место в спонтанной детонации. Основные характеристики спонтанной детонации – время возникновения и длина переходного участка во много раз больше t_m и l_m .

Поставив цель дальше рассматривать только крупномасштабные процессы горения газов, возьмем в качестве первичных и основных понятий «скорость пламени» и «поверхность горения». Зависимость u_n от состава горючей газовой смеси, начальной температуры и давления и т.д., считаем известными из опыта. Также считаются известными из эксперимента ряд свойств поверхности S горения. Знание характеристик поверхности S , включая u_n , достаточно для полноты описания ламинарного и турбулентного горения на масштабах, значительно превышающих толщину зоны химической реакции.

Движущийся фронт пламени должен быть описан на языке дифференциальных уравнений. Тогда возникает вопрос о типе уравнения, или, системы уравнений. Для выяснения этого приведем ряд свойств рассматриваемого явления, которые определяют наш выбор в пользу того или иного типа уравнений.

Как известно [5, 6, 7], горение газов может происходить в диффузионном и кинетическом режиме. Если химическая реакция протекает очень быстро и горение лимитируется поставкой (обычно посредством молекулярной или турбулентной диффузии) реагирующего вещества в зону химической реакции, то пламя является диффузионным. При этом чаще всего этот термин применяется [8] к случаю горения предварительно не перемешанных газов – горючего и окислителя. Понятие диффузионного пламени вообще-то является относительным, оно может применяться и для горючих газовых смесей. Покажем, как это проявляется.

Пусть смесь газа с начальной температурой T_0 сгорает в ламинарном режиме, температура пламени T_b . Из-за сильной зависимости скорости химической реакции от температуры по закону Аррениуса, на масштабах порядка длины κ_m / u_n прогретого слоя мы имеем тепловой механизм горения. Но, рассматривая пламя на больших масштабах порядка l_* , мы видим, что

температура уже не играет значительной роли. Скорость, с которой сгорают крупные объемы газа, определяется свойствами и динамикой поверхности горения «поглощать» макроскопические моли свежей смеси (горючего), превращая их в продукты горения. Зона горения разбивается на области с размерами $\sim l_*$. В некоторых из них температура близка к T_b , а в других – к T_0 . Поэтому на практике, где почти всегда происходит крупномасштабное горение газовых смесей с хаотически блуждающей поверхностью горения за счет турбулентности, пламя распространяется по диффузионному механизму.

Уравнение турбулентного пламени

Необходимое нам дифференциальное уравнение должно обладать волновыми решениями, так как распространяющийся фронт горения, ламинарное или турбулентное, является волной. Но для формулировки уравнения необходимо выбрать параметр, по изменению которого мы однозначно определяем количество химически реагирующего вещества. Макроскопическими величинами, по которым можно следить за степенью химического превращения на крупномасштабном уровне, являются массовая (или объемная) доля свежей смеси или продуктов горения.

Для описания горения как макроскопического процесса нашими первичными понятиями должны быть скорость нормального распространения пламени u_n и поверхность горения S . Поверхность S локализована в объеме V . Эта поверхность для ламинарного и турбулентного пламени может быть представлена бесконечным числом различных форм, но имеющих одинаковую площадь. Допустим, что эти формы нам не известны и изменяются случайным образом. Величина $u_n S_v$, где S_v – удельная поверхность пламени, будет иметь смысл скорости химической реакции в объеме V . Такое определение предполагает, что характерные размеры, по которым определяется S_v намного больше толщины зоны химической реакции. Если теперь разбить V на отдельные части $V_i, i = 1, 2, 3, \dots$, то $S_v = 0$ в таких объемах V_i , которые или полностью заняты продуктами сгорания, или свежей смесью. Тогда если $Y, 1 - Y$ имеют смысл объемных долей соответственно свежей смеси и сгоревшего газа в V_i , то $S_v(Y = 0) = S_v(Y = 1) = 0$. Отсюда следует, что $S_v = S_v(Y)$. Поверхность горения существует в выделенном объеме, если ее одна сторона обращена к свежей смеси, а другая – к продуктам горения. Тогда применяя к положению в пространстве поверхности горения вероятностную интерпретацию, можно заключить $S_v \sim Y(1 - Y)$, где Y равно вероятности обнаружения в выделенном объеме свежей смеси; $(1 - Y)$ – вероятности обнаружения продуктов сгорания. Но для корректного моделирования горения предпочтительным является следующее представление [9]: $S_v \sim Y(1 - Y)^2$. Величина S_v имеет размерность $1/m$, из нее и u_n можно составить

величины с размерностью m^2/c коэффициента диффузии и размерностью $1/c$ скорости химической реакции. Это указывает на возможность формулировки уравнений горения как химического превращения конечных объемов относительно новых исходных представлений: нормальной скорости горения и удельной поверхности пламени. Используя сведения [5 – 7, 10, 11] об эволюционных нелинейных уравнениях, обладающие решениями в виде бегущей волны вдоль координаты x , можно полагать, что искомое уравнение имеет вид

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = D_f(Y) \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} - \Phi(Y), \quad (1)$$

где t – время; $D(Y)$ – коэффициент диффузии, $D(Y) > 0$; $F(Y)$ – скорость химической реакции. Функция обладает свойством $F(Y) > 0$ и $F(Y) = 0$, при $Y = 0$ и $Y = 1$.

Скорость химической реакции и коэффициент диффузии

Обратимся к функции $F(Y)$. Применение процедуры осреднения случайных величин по произвольному конечному объему dV из набора $V_i, i = 1, 2, \dots$ [12] к скорости W химической реакции по закону Аррениуса, позволяет считать

$$\Phi(Y) = \frac{1}{\delta V} \int_0^{\delta V} W dx dy dz \approx u_n S_v,$$

где знак усреднения по времени в интеграле опущен и y, z – пространственные координаты. Здесь строгое равенство получается в пределе $k_m/(u_n l_*) \rightarrow 0$, когда W превращается в d -функцию. В этом пределе скорость горения W обращается в бесконечность на множестве точек, образующих поверхность горения.

Гипотеза о фрактальных свойствах поверхности горения турбулентного пламени в трубе приводят к следующему выражению [9, 13]:

$$S_v = \frac{1}{l_f} \left(1 + B \frac{u'}{u_n} \right)^{d_f - 2} Y(1 - Y)^2, \quad l_f = a\sigma,$$

где a – радиус трубы; d_f – фрактальная размерность поверхности горения; u' – среднеквадратичное значение пульсации вектора скорости \mathbf{u}' потока; B – константа. Постоянный параметр s – геометрическая характеристика формы поверхности горения, $s \sim 1$. Если начальная поверхность горения ламинарного пламени (которая затем трансформируется во фрактальную

поверхность) представляется круговым конусом высотой h (рисунок 1), то $\sigma = 1/3$. Для класса поверхностей, задаваемых уравнением $y = a(1 - x/h)^n$ с произвольной степенью n значение σ дается формулой

$$\sigma = \frac{n + 1}{2(2n + 1)}.$$

Отсюда видно, что диапазон изменения σ является узким: $0,25 < \sigma < 0,5$.

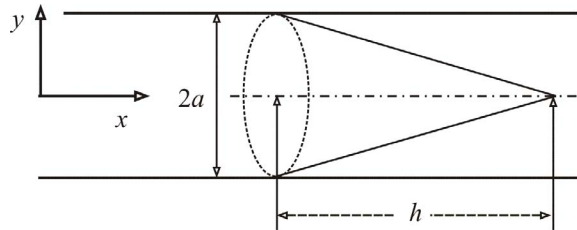


Рисунок 1 – Геометрическая схема конусовидного пламени в трубе

Появление турбулентного пламени в трубах является следствием двух факторов: наличия поверхности горения со скоростью движения u_n и теплового расширения газа. Для учета теплового расширения произведем простую замену $B \rightarrow B(r_0/r_b - 1)$, где r_0 – начальная плотность горючей смеси газов; r_b – плотность продуктов сгорания при ламинарном горении. Такая замена не приводит к физически противоречивым результатам. Поэтому

$$S_v = \frac{1}{\sigma} \left(1 + B\mu \frac{u'}{u_n} \right)^{d_f - 2} Y(1 - Y)^2, \quad \mu = \frac{\rho_0}{\rho_b} - 1.$$

В турбулентном пламени поверхность конуса деформируется под действием турбулентных пульсаций скорости газа. Хаотичные пульсации превращают эту поверхность во фрактал с размерностью d_f . Таким образом, скорость химической реакции принимает вид

$$\Phi(Y) = \frac{u_n}{\sigma} \left(1 + B\mu \frac{u'}{u_n} \right)^{d_f - 2} Y(1 - Y)^2 = \frac{u_f}{l_f} Y(1 - Y)^2, \quad u_f = u_n \left(1 + B\mu \frac{u'}{u_n} \right)^{d_f - 2}. \quad (2)$$

Здесь u_f естественно принять за скорость (турбулентного) пламени, а l_f – за его характерный масштаб, равный по порядку величин характерному масштабу турбулентности.

Коэффициент диффузии D_f в случае турбулентного горения характеризует перенос поверхности горения турбулентными пульсациями скорости газа [9, 14]. Для ламинарного пламени, такая вероятностная

интерпретация D_f тоже возможна, т.к. мы не знаем конкретной формы пламени, поэтому можем статистически перебирать множество различных его форм. Например, с произвольными значениями высоты конуса h . Явный вид функции $F(Y)$ дается формулой (2).

Рассмотрим турбулентное пламя в системе координат, связанной с пламенем и при $u' = \text{const}$, $l_f = \text{const}$. Задача о нахождении скорости пламени u_* , движущейся по положительному направлению координаты x , имеет вид

$$u_* \frac{dY}{dx} + D_f \frac{d^2Y}{dx^2} - \frac{u_f}{l_f} Y(1 - Y)^2 = 0, \quad (3)$$

$$x \rightarrow \infty: Y = 1; \quad x \rightarrow -\infty: dY/dx = 0.$$

Сделаем в (3) замену переменных $dY/dx = F(Y)$ и далее в полученном уравнении

$$u_* F + D_f F \frac{dF}{dY} - \frac{u_f}{l_f} Y(1 - Y)^2 = 0$$

ищем решение в виде $F = AY(1 - Y)$, $A = \text{const}$. Тогда получим уравнения

$$\frac{u_f}{Al_f} = 2AD_f, \quad u_* = \frac{u_f}{Al_f} - AD_f = \frac{u_f}{2Al_f}.$$

Но выше было принято $u_* = u_p$, поэтому $A = 1/(2l_f)$. Это равенство позволяет определить коэффициент диффузии $D_f = 2u_f l_f$. Для объемной доли свежей смеси получим выражение

$$Y = \frac{\exp(x/2l_f)}{1 + \exp(x/2l_f)}.$$

Таким образом, уравнение турбулентного пламени приобретает следующую форму:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = 2u_f l_f \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} - \frac{u_f}{l_f} Y(1 - Y)^2. \quad (4)$$

Это уравнение можно применять также для описания ламинарного пламени ($u' = 0$), ее скорость движения в точности равно экспериментально наблюдаемому значению: $u_* = u_n$.

Изложенный выше способ построения скорости химической реакции на первичных понятиях нормальной скорости пламени и поверхности горения является не единственно возможным. Другая форма Φ предложена в статье [15]:

$$\Phi = C_\Phi \frac{\sqrt{k}}{l} \left[\frac{3u_n}{2k} + \left(1 + \frac{1}{\text{Da}_f^2} \right)^{-0,25} \right] C(1 - C), \quad (5)$$

где k , l – кинетическая энергия и масштаб турбулентности; $Da_t = t_l/t_c$ – турбулентное число Дамкелера; $C_F = 0,815$; C – массовая доля свежей смеси. Характерные масштабы времени турбулентного смешения t_l и химической реакции t_c представлены в виде $t_l = l/k^{1/2}$, $t_c = D_m/(1,2u_n)^2$, D_m – коэффициент молекулярной диффузии. Скорость химической реакции (5) для газовых смесей и другие схожие формы применяются при моделировании турбулентного горения и возникновении детонации в камерах [16, 17].

Представления (2) и (5) отличаются способом их получения. Форма (2) в большей мере опирается на экспериментальные данные по измерению скорости турбулентного пламени и установлению явного вида $u_f(u', u_n)$. Но можно использовать и теоретические формулы для скорости турбулентного пламени u_f и масштаба l_f . Например, для u_f мы можем взять формулу К.И. Щелкина [18]

$$u_f = u_n \sqrt{1 + B \left(\frac{u'}{u_n} \right)^2},$$

или любую другую.

Представление (5) получено в результате усреднения скорости химической реакции W по Аррениусу с привлечением ряда гипотез. В пределе $u' \rightarrow \infty$ из (5) следует

$$\Phi \sim \frac{(u')^{0,25}}{\sqrt{l}} C(1-C),$$

и дает более слабую зависимость от u' , чем формула (2).

ВЫВОДЫ

В проведенном анализе изложены обоснования возможности представления скорости химической реакции для макроскопического описания турбулентного пламени, построено для него новое, отличающееся уравнения в [9]. При этом достаточно двух физических величин: скорости пламени u_f и масштаба l_f .

Для дальнейшего использования найденного уравнения необходимо знать функциональную форму $u_f(u')$ и выражение пульсации скорости u' через средние значения гидродинамических параметров (т.е. необходимо еще замыкающее соотношение). Скорость u' может быть выражена через кинетическую энергию турбулентности k [12] в виде связи $u' = (2k/3)^{1/2}$. Кинетическую энергию k можно находить, например, с помощью известных моделей турбулентности Джонса – Лаундера и их различных модификаций [19, 20]. Тогда потребуется обобщение уравнения (1) для случаев двух и трехмерных по пространству движений. Соответственно возникает необходимость уравнения для расчета масштаба l_f совпадающего [9] по

порядку величин с длиной пути смешения Прандтля [19, 20]. Поэтому для расчета масштаба l_f можно использовать уравнение, предложенное в [20]. То, что $l_f = sa = \text{const}$ – это следствие одномерности уравнения (4). И это равенство выполняется только вблизи оси трубы. Также как равенство пути смешения Прандтля значению $0,14a = \text{const}$ вблизи оси трубы [20].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Химическая энциклопедия. В 5 томах. Т. 1. / Редкол.: Зефиров Н. С. и др. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1998 с. 777–778.
- 2 **Багоцкий, В. С., Скудин, А. М.** Химические источники тока. – М. : Энергоиздат, 1981.
- 3 **Кромптон, Т.** Первичные источники тока. – М. : Мир, 1986.
- 4 **Щелкин, К. И.** К теории возникновения детонации в газовых смесях в трубах. Доклады АН СССР. – 1939. – Т. 23. – С. 636–640.
- 5 **Зельдович, Я. Б., Баренблатт, Г. И., Либрович, В. Б., Махвиладзе, Г. М.** Математическая теория горения и взрыва. – Москва : Наука, 1980.
- 6 **Льюис, Б., Эльбе, Г.** Горение, пламя и взрывы в газах. – Москва : Мир, 1968.
- 7 **Williams, F. A.** Combustion theory. Second Edition. Westview Press, 1985.
- 8 **Тюльпанов, Р. С.** Диффузионные турбулентные пламена. Ленинград: Издательство Ленинградского ун-та, 1981.
- 9 **Sabdenov, K. O., Minckov, L. L.** On the fractal theory of the slow deflagration-to-detonation transition. Combustion, Explosion and Shock Waves. 1998. Vol. 34. Num. 1. 1998. – P. 63–71.
- 10 **Лоскутов, А. Ю., Михайлов, А. С.** Введение в синергетику. Москва: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990.
- 11 **Henry, D.** Geometric theory of semilinear parabolic equations. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1981.
- 12 **Кузнецов, В. Р., Сабельников, В. А.** Турбулентность и горение. – Москва : Наука, 1986.
- 13 **Сабденов, К. О.** Теория спонтанной детонации. Часть 1. Формулировка основных положений. Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308, № 3. – С. 90–94.
- 14 **Сабденов, К. О.** Теория спонтанной детонации. Часть 2. Моделирование взрывных процессов. Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308, № 4. – С. 95–101.
- 15 **Schmid, Hans-Peter, Habisreuther, P., Leuckel, W.** A model for calculating heat release in premixed turbulent flames. Combustion and Flame. 1998. Vol. 113. – Pp. 79–91.

16 **Zhang, F. Habisreuther, P. and Bockhorn, H.** Application of the Unified Turbulent Flame-Speed Closure (UTF-C) Combustion Model to Numerical Computation of Turbulent Gas Flames. High Performance Computing in Science and Engineering '12 / Editors: Wolfgang E. Nagel, Dietmar H. Kröner, Michael M. Resch. – 2013. – P. 187–205. – ISBN 978-3-642-33374-3 (online).

17 **Бакланов, Д. И., Гвоздева, Л. Г., Калтаев, А., Щербак, Н. Б.** Переход горения в детонацию в турбулентном потоке в пульсирующем детонационном двигателе // Химическая физика. – 2005. – № 7. – С. 11–18.

18 **Щелкин, К. И., Трошин, Я. К.** Газодинамика горения. – М.: Изд. АН СССР, 1963.

19 **Jones, W. P., Launder, B. E.** The calculation of low Reynolds number phenomena with a two-equation model of turbulence // Intern. J. Heat Mass Transfer. 1973. – V. 16. – P. 1119–1130.

20 **Sabdenov, K. O., Erzada Maira.** The Equation for Prandtl's Mixing Length // Frontiers in Aerospace Engineering. – 2014. – Vol. 3. – Issue 2. – P. 50–55.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

К. О. Сабденов¹, С. А. Касимова²

«Жану беті» және «Жалынның қалыпты жылдамдығы» түсінігі негізінде газдардың жану теориясының аксиоматикалық тәсілі. 1 Бөлім. Турбуленттік жалынның негізгі теңдеуі

¹Физика-техникалық факультеті,
Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²Инженерия және сандық технологиялар факультеті,
М. Қозыбаев атындағы
Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

К. О. Сабденов¹, С. А. Касимова²

Axiomatic approach in the theory of combustion of gases on the basis of concepts «burning surface» and «normal speed of the flame». Part 1. Basic equation of turbulent flame

¹Faculty of Physics and Technology,
L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;
²Faculty of Engineering and Digital Technology,
M. Kozybayev North Kazakhstan State University,
Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Берілген жұмыста баяу жанудың детонацияға ауысу кезіндегі турбуленттік жанудың модельдеу тәсілінің дамуы қарастырылады. Осы жағдайдағы бастапқы түсінігі болып ламинарлық жалынның «қалыпты жылдамдығы» және «жану беті» саналады. «Жалын жылдамдығы» және «жану беті» түсінігінің көмегімен берілген құбылысты сипаттауға мүмкіндік беретін берілген жану түріне ұзындық пен уақыттың макроскопиялық өлшемдері қарастырылады. Турбуленттік жалынды модельдеу үшін екінші реттегі және параболалық түрдің теңдеуінің есесіне негіздемелер берілген. Турбуленттік жанудың себептері қарастырылады. Қалыпты жалынның жылдамдығы түсінігінде химиялық реакция жылдамдығын құрудың және жану бетінің бір тәсілі. Турбуленттік жалынның макроскопиялық сипаттамасын беруге арналған химиялық реакция жылдамдығын көрсету мүмкіндігі негізделген.

This paper considers the development of a method for simulating turbulent combustion in the transition from slow combustion to detonation. The initial concepts, in our case, are the «normal velocity» of the laminar flame and the «burning surface». Macroscopic parameters of length and time for a given type of combustion are considered, which makes it possible to describe this phenomenon using the concepts of «flame speed» and «burning surface». The rationale for the second order and parabolic type equations for modeling a turbulent flame is given. Causes of turbulent combustion are considered. One of the methods for constructing the rate of a chemical reaction on the primary concepts of the normal flame velocity and the burning surface is given. The possibility of representing the rate of a chemical reaction for a macroscopic description of a turbulent flame is substantiated.

М. К. Сабитова¹, А. К. Кинжибекова²

¹магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹smk_1995_54@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОТЛОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА «ДОСТЫК» Г. ПАВЛОДАР

На пути роста энергетики встает ряд проблем, таких как: прогрессирующее загрязнение окружающей среды, ограниченность невозобновляемых источников энергии, повышение цен на энергоносители и другие. До 90 % получаемой энергии приходится на органические носители, что приводит к загрязнению воздуха продуктами сжигания и вызывает немалое беспокойство в связи с угрозой изменения климата на планете. В связи с этим нужен ряд мер, охватывающий разнообразные способы альтернативного энергообеспечения.

Тема данной работы актуальна, так как рассматриваемый микрорайон «Достык» является новым микрорайоном города Павлодар, который расположен на большом расстоянии от ТЭЦ. Проведение инженерных тепловых сетей до данного микрорайона требует больших капиталовложений..

В настоящей работе рассмотрен вопрос повышения эффективности теплоснабжения путём использования электрических котлов.

Ключевые слова: электродкотел, теплоснабжение, энергоэффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Важность и необходимость повышения энергоэффективности хозяйственного комплекса государств в настоящий момент является общемировой задачей. Для повышения эффективности систем теплоснабжения необходима реализация целого комплекса мероприятий.

Казахстанские тепловые сети теряют около 40 % тепла для отопления. Среди основных мероприятий по энергосбережению в системах теплоснабжения можно выделить оптимизацию систем теплоснабжения с учетом эффективного радиуса теплоснабжения.

Передача тепловой энергии на большие расстояния является экономически неэффективной.

Радиус эффективного теплоснабжения позволяет определить условия, при которых подключение новых или увеличивающих тепловую нагрузку теплопотребляющих установок к системе теплоснабжения нецелесообразно вследствие увеличения совокупных расходов в указанной системе на единицу тепловой мощности, определяемой для зоны действия каждого источника тепловой энергии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Микрорайон «Достык» будет построен в соответствии с генпланом города Павлодара. Общая площадь, занятая под строительство, составит 32 га. В 65 блок-секциях будут располагаться 9,12-этажные дома и еще в шести – 16-этажки. Таким образом, планируется ввести в эксплуатацию 161 тыс. квадратных метров жилья или 3220 новых квартир.

Запланировано построить школу на 1800 мест, два детских сада на 500 мест каждый, а также взрослую и детскую поликлиники. Социальные объекты будут обеспечены всей необходимой инфраструктурой. Также во дворах домов уже запланировано оборудовать 6 футбольных и 10 детских игровых площадок.

Рассматриваемый микрорайон «Достык» является новым микрорайоном города Павлодар. В связи с его малозаселенностью и отдаленным расположением экономически нецелесообразно использовать централизованное отопление от теплоэлектроцентралей. По этой причине предлагается использовать электрические котлы для теплоснабжения микрорайона.

На сегодняшний день уже достаточно много сказано о преимуществах использования электрических котлов. Технологический прорыв в конструкции теплотехники сделал этот вид отопительных приборов актуальным в различных сферах жизнедеятельности человека. Современный отопительный электрический котел – это достаточно простое устройство с высоким коэффициентом полезного действия [1].

Преимущества электродкотлов:

– высокая эффективность. КПД электрических котлов близок к 100 %. Тепло не теряется через дымоход. Электродкотел можно установить рядом с потребителем и минимизировать потери в теплотрассах;

– удобство в эксплуатации. Все электродкотлы оснащаются системами автоматического управления, поэтому уровень их автономности очень высок. Это существенно снижает издержки на эксплуатацию оборудования;

– более низкая стоимость оборудования. Нет необходимости строить дымоходы, специальные помещения и т.п.;

– универсальность. Электродкотлы могут применяться не только в качестве отопительного оборудования, но и обеспечивать горячее водоснабжение и использоваться для технологических целей [2].

Электродкотлы разделяются по различным признакам, в зависимости от типа теплоносителя, функциональных возможностей и т.д. Преобразовывать электроэнергию в тепло, можно принципиально разными способами. Так, по принципу преобразования промышленные электродкотлы делятся на следующие группы:

- котел электрический промышленный на ТЭН;
- котел электрический промышленный электродный;
- котел электрический промышленный индукционный.

ТЭН – это трубчатый электронагреватель, в котором под действием тока нагревается токопроводящая нить, от нее нагревается внешний корпус ТЭНа, от которого тепло снимается циркулирующей теплоносителем. Главное преимущество ТЭНовых котлов – дешевизна как самого электродкотла, так и сменных деталей. Главный недостаток заключается в том, что эти сменные детали придется регулярно заменять. Долговечность ТЭНа не высока. И когда в парке предприятия работает несколько электродкотлов достаточно высокой мощности, то их обслуживание и ремонт могут быть весьма затратными. Кроме того, ТЭНы имеют свойство обрастать накипью, что очень быстро приводит к снижению эффективности нагрева, то есть практически сводит на нет все преимущества электронагрева как такового. Но если речь идет об оборудовании небольшой мощности (в пределах 15-25 кВт), преимущества ТЭН все же перевешивают их недостатки.

Электродный котел является электродкотлом прямого нагрева, в котором теплоноситель разогревается непосредственно при прохождении по нему электротока. Как известно, вода – хороший проводник электричества. И если добавить в воду специальную добавку, повышающую ее минерализацию, она будет быстро и эффективно нагреваться. Такой электродкотел можно было бы считать идеальным (ведь между электричеством и водой нет посредников, следовательно, нет и потерь энергии), если бы не низкая электробезопасность (она, фактически, отсутствует), необходимость контроля химсостава теплоносителя и естественный выход из строя электродов. Фактически, нагреву подвергается не вода, а электролит – весьма агрессивная среда, которая снижает долговечность и надежность всей системы теплоснабжения.

Индукционный электрический котел – это устройство, нагревающее воду (жидкий теплоноситель) посредством передачи тепла от теплообменника, разогреваемого переменным магнитным полем. В нем нет ни ТЭН ни электродов, зато есть такие элементы, как катушка индуктивности (первичная обмотка) и теплообменник (вторичная обмотка), то есть элементы, присущие силовому трансформатору. Поэтому иногда индукционные электродкотлы также называют котлами трансформаторного типа.

Как известно из школьного курса физики, при прохождении электричества по проводнику, вокруг возникает (индуцируется) электромагнитное поле. Так и в индукционном электродкотле, при прохождении тока по первичной обмотке, в ней возникает переменное магнитное поле, которое порождает индукционные токи в металле теплообменного устройства. В свою очередь это тепло передается циркулирующему через нагреватель теплоносителю.

Индукционные электродкотлы имеют те же преимущества, что и другие типы электронагревателей: автономность, высокие энергетические характеристики (КПД близкий к 100 и коэффициент мощности 0,98–0,99), относительно невысокая стоимость (хотя она и выше, чем у ТЭНовых и электродных котлов), удобство эксплуатации. В отличие от индукционных нагревателей, используемых в металлургии и машиностроении, индукционные котлы работают от электросети с промышленной частотой тока (50 Гц), ведь в системах отопления нет необходимости разогревать до температур более 100–120 °С.

Вместе с тем, индукционные нагреватели существенно превосходят широко распространенные ТЭНовые и электродные котлы в плане электробезопасности (у индукционных нагревателей – 2-ой класс электробезопасности), пожарной безопасности, а главное, надежности и долговечности. Так, срок службы индукционного нагревателя составляет порядка 30 лет. Причем в течение всего этого срока не потребуются менять какие-либо элементы и не происходит снижения мощности.

ВЫВОДЫ

Таким образом, из статьи следует, что применение электрических котлов для отопления жилых является эффективным методом. Сфера применения их имеет довольно широкий диапазон использования.

КПД электрических котлов составляет 99 %, что является отличным результатом. При установке электрических котлов полностью отсутствуют вредные выбросы в атмосферу. Значит, нет необходимости устанавливать дополнительное оборудование: выхлопные трубы, газоулавливающее оборудование.

Установка электродвигателя полностью исключает наличие в помещении открытого огня. Поэтому его часто используют для обогрева взрыво- и пожароопасных производственных помещений.

Котельная с электродвигателем бесшумна, проста в эксплуатации и имеет большой срок службы.

Современные электрические котлы оснащены системой автоматизации, что позволяет исключить постоянный контроль работы установки обслуживающим персоналом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Киселев, Н. А.** Котельные установки. 2-издание, переработанное и дополненное. – М. : Высшая школа, 1979.

2 Электрическое отопление. Существующие виды отопления, их достоинства и недостатки [Электронный ресурс]. – URL: <https://teplo.guru/sistemy/vidy-elektricheskogo-otopleniya.html>.

3 **Русаков, С. М.** Отопление зданий электрическими приборами накопительного типа // Новости теплоснабжения. – 2001. – № 9 (13).

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

М. К. Сабитова¹, А. К. Кинжибекова²

Павлодар қаласының «Достық» шағын аудан маңындағы елді мекендерді жылытуға арналған электр қазандықтарын пайдалану

^{1,2}Энергетика факультеті,

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

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

М. К. Sabitova¹, A. K. Kinzhibekova²

The use of electric boilers for heating of the «Dostyk» microdistrict of the city of Pavlodar

^{1,2}Power Engineering Faculty,

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

Material received on 06.02.19.

Энергияның өсуі сияқты бірқатар мәселелер туындайды: қоршаған ортаның прогрессивті ластануы, жаңартылмайтын энергия көздерінің шектеулері, энергия бағасының өсуі және

басқалары. Өндірілетін энергияның 90 % дейін органикалық тасымалдаушылардан келеді, бұл жану өнімдерінің ауасының ластануына әкеліп соғады және планетада климаттың өзгеру қаупіне елеулі алаңдаушылық тудырады. Осыған байланысты баламалы энергиямен жабдықтаудың әр түрлі әдістерін қамтитын бірқатар шаралар қажет.

Бұл жұмыстың тақырыбы маңызды, өйткені «Достық» ықшам ауданы – Павлодар қаласының жаңа шағын ауданы. Кең спектрі мен шалғай орналасуына байланысты орталықтандырылған жылыуды біріктірілген жылу және электр станцияларынан пайдалану экономикалық жағынан мүмкін емес. Осы шағын ауданға дейін инженерлік жылу желілерін өткізу ірі капиталдық салымдарды қажет етеді.

Осы мақалада электр жылу әдісімен жылумен қамтамасыз етудің тиімділігін арттыру мәселесі қарастырылады.

There is a number of problems, such as energy growth, progressive pollution of the environment, limitations of renewable energy sources, energy prices growth, and more. Up to 90 % of the generated energy comes from organic carriers, which leads to pollution of combustion products and creates a serious concern about the risk of climate change on the planet. In this regard, a number of measures are required, covering different methods of alternative energy supply.

The topic of this work is important, because «Dostyk» microdistrict is a new microdistrict in Pavlodar. It is economically impossible to use centralized heat and combined heat and power plants due to its wide range and remote location. Transportation of engineering heating networks to this micro district requires large capital investments.

This article considers the issue of improving the efficiency of heat supply by electric heating.

**К. Т. Саканов¹, А. Жумаш²,
Л. В. Горшкова³, А. К. Курманов⁴**

¹к.т.н., зав. кафедрой, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистр, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., асоц. профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹kuan_altei@mail.ru; ²zhumasheva-1971@mail.ru;

³gorshkovalarisa@mail.ru; ⁴kurmanov_1958@mail.ru.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ СТРОЯЩИХСЯ В МКР. САРЫАРКА Г. ПАВЛОДАРА

В статье рассмотрены два варианта конструктивных схем жилых зданий строящихся в мкр. Сарыарка г. Павлодара. Описаны результаты расчета конструктивных схем с применением прикладной программы. По результатам расчета выполнен анализ, произведен подсчет трудоемкости и стоимости общестроительных работ. На основе технико-экономического сравнения предложен экономически целесообразной вариант.

Ключевые слова: конструктивные решения схемы, каркас, панель, армирование, эксплуатация, экономичность.

ВВЕДЕНИЕ

Современное строительство в значительной степени зависит от индустриальных способов производства работ.

Архитектурное решение здания – комплекс решений функциональных, конструктивных, эстетических требований, социальных, экономических, санитарно-гигиенических, экологических, инженерно-технических аспектов,

зафиксированный в архитектурной части документации для строительства (проекта) и реализуемый при строительстве. Главными разделами здесь являются архитектурно – художественное, архитектурно-планировочное и конструктивное решения.

Основными факторами, влияющими на формирование этих решений, являются градостроительные и природно – климатические условия, архитектурные задачи и условия, функциональное назначение и конструктивные особенности проектируемого здания.

Проектирование здания начинается с выбора его конструктивной и строительной схемы.

Выбор конструктивной схемы определяет роль каждого несущего конструктивного элемента в пространственной работе каркаса здания.

При выборе элементов, из которых проектируются здания, принимают во внимание следующие требования к ним: прочность и устойчивость, функциональная целесообразность с приданием элементам необходимых изолирующих качеств, обеспечивающих необходимый тепловлажностный, акустический и светотехнический комфорт, технологичность возведения, долговечность, определяемая сроком работы, огнестойкость, удобство эксплуатации, архитектурную выразительность, экономическую целесообразность и др. [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Оптимальным конструктивным решением здания считается такое, которое экономически эффективно и удобно для эксплуатации.

Для примера рассмотрена конструктивная схема жилых зданий строящихся в г. Павлодаре.

В жилых 9-этажных домах строящихся в мкр. Сарыарка г. Павлодара принята каркасно-панельная конструктивная схема с несущим железобетонным каркасом и наружными стенами из железобетонных трехслойных панелей с утеплителем из пенополистирола. Такие конструктивные схемы могут применяться для строительства зданий высотой до 30 этажей.

По проекту в рассматриваемых зданиях фундамент выполнен из железобетонных сборных свай размером 6 м, сечением 300х300 мм с монолитным ростверком размером 1,5 х 1,5 м, толщиной 300 мм. На ростверке расположены монолитные двухступенчатые стаканые фундаменты под колонны размерами 1,3 х 1,3 м, и 0,9 х 0,9 м, и высотой соответственно 300 и 775 мм.

Сборные колонны заделаны в фундамент на глубину 700 мм. Высота междуэтажных колонн 2800 мм, сечение 500 х 500 мм. На колонны опираются ригели размером сечения 450 х 500 мм (h), длиной – 6400 мм, 5400 мм, 3200 мм.

Характеристики района показывают, что применять каркасно-панельную расчетную схему в таких зданиях нецелесообразно. Поэтому был рассмотрен вариант здания, в котором исключен железобетонный каркас.

Принятые для рассмотрения основные параметры здания:

- уровень ответственности здания – II;
- степень огнестойкости – II;
- сейсмичность района – несейсмичен;
- нормативное значение ветрового давления – 38 кг/м^2 ;
- нормативное значение веса снегового покрова – 70 кг/м^2 ;
- размеры в осях $10,8 \times 52,1 \text{ м}$.

Нормативные значения временных нагрузок с коэффициентом надежности по нагрузке:

- для жилых помещений 150 кг/м^2 ; $\gamma_f = 1,3$;
- для лестнично – лифтовых холлов – 300 кг/м^2 ; $\gamma_f = 1,2$;
- для балконов – 200 кг/м^2 ; $\gamma_f = 1,2$;
- чердачные помещения (технический этаж) – 70 кг/м^2 ; $\gamma_f = 1,3$;
- подвальные помещений – 200 кг/м^2 ; $\gamma_f = 1,2$.

Например, рассмотрена панельная конструктивная схема, которая применяется для зданий высотой до девяти этажей включительно. Панели несущих стен в таких зданиях выполняются высотой в этаж и протяженностью (длиной) на один или два конструктивно-планировочных шага при массе сборных элементов до 10 т.

Рассмотрен вариант здания с несущими поперечными сборными панельными стенами и перекрытиями из сборных пустотных плит толщиной 220 мм, с опиранием по 2 сторонам. Наружные стены приняты из трехслойных панелей с несущим слоем толщиной 140 мм, внутренним слоем утеплителя и наружным слоем толщиной 80 мм; внутренние стены – сборные железобетонные панели толщиной 180 мм в поперечном направлении и панели толщиной 160 мм в продольном.

Бетон плит перекрытий – В35, стеновых панелей – В25. Марка раствора – М200. Толщина швов (верхний, нижний) – 20 мм.

Рассмотрены два варианта конструктивных схем здания: принятая в проекте и предложенная выше – панельная.

Для сравнения двух вариантов необходимо собрать нагрузки на здание и произвести расчет несущих элементов с применением расчетных программ.

Самыми распространенными видами нагрузок и источниками напряжений в трехслойных панелях являются:

- давление ветра;
- собственный вес и прочие постоянные нагрузки;
- эксцентриситет постоянных нагрузок;

- горизонтальные силы, вызванные разными источниками;
- колебания средней температуры железобетонных слоев;
- разница внутренней температуры слоев;
- разница температуры между слоями;
- усадка и ползучесть слоев;
- осадка фундамента, в силу разных факторов.

Железобетонная панель имеет конструктивную рабочую арматуру, предназначенную для восприятия усилий, возникающих при изготовлении, транспортировке и монтаже панелей. В качестве арматуры применяют сварные сетки и пространственные каркасы. Арматура рассчитывается исходя из нагрузок, возникающих во время ее эксплуатации. Края наружного слоя панели и края проемов оснащаются кольцевой арматурой во избежание образования трещин, вызываемых неравномерной усадкой. На краях внутреннего слоя панели и краях проемов арматура используется исходя из конструктивной необходимости.

Расчет произведен в программном комплексе «ЛИРА-САПР 2014». При расчете учитывались все общие предпосылки и допущения по расчету 9 этажного панельного жилого здания.

Определение пространственной жесткости крупнопанельных зданий производилось в предположении линейной зависимости между напряжениями и вызываемыми ими деформациями.

Нелинейность деформаций панелей и стыковых соединений учитывалось условным уменьшением начального модуля упругости материала панелей и увеличением податливости стыковых соединений.

Усилия в конструкциях крупнопанельных зданий определялось используя, пространственную расчетную схему. Усилия в конструкциях определялись с учетом податливости стыковых соединений.

При использовании приближенных методов расчета рассматривалось два варианта напряженно-деформированного состояния конструкций, которые соответствуют наименьшей и наибольшей возможной жесткости (податливости) элементов стыковых соединений и связей, а в качестве расчетных принимались большие значения усилий по указанным двум вариантам расчета.

Конструкции панельных жилых зданий проверялись согласно действующим нормативным документам расчетом по двум группам предельных состояний:

- первая группа, по потере несущей способности;
- вторая группа, по деформациям и трещиностойкости.

Нагрузки и воздействия на конструкции крупнопанельных зданий принимались в соответствии с действующими нормами на нагрузки и воздействия [2].

Жесткость панельного здания должна быть достаточной, чтобы ускорения колебаний конструкций зданий, возникающие в результате пульсаций скоростного напора ветра, не превышали $0,1 \text{ м/с}^2$. При определении величины ускорения учитывается расчетное значение ветровой нагрузки с коэффициентом перегрузки, равным единице. Для зданий высотой менее 40 м разрешается не проверять значения ускорений.

Для стеновых панелей и плит перекрытий не допускается длительное раскрытие сквозных трещин.

В расчете использована модель платформенного стыка с использованием ортотропных пластин (балок стенок).

Результаты расчета показали, что прогибы и перемещения элементов конструкций и деформации основания крупнопанельных зданий не превышают предельных. Возникающие вследствие деформации основания крены здания не вызывают отклонения лифтовых шахт от вертикали, превышающие значения, установленные государственными стандартами. Принято соответствующее армирование несущих элементов.

Для экономического сравнения рассматриваемых конструктивных решений здания произведен сметный расчет стоимости общестроительных работ, которые показали, что панельный вариант экономически целесообразен. По итогам расчета стоимость возведения каркасного варианта составила 531 073,648 тыс. тенге без НДС, а панельного варианта 490 312, 032 тыс. тенге без НДС.

ВЫВОДЫ

Вместо каркасно – панельных зданий с колоннами и свайными фундаментами, целесообразно применить панельную конструктивную схему. Так как у панельного варианта здания есть ряд преимуществ:

- высокая степень индустриальности строительства, за счет монтажа крапом готовых элементов весом 3 и более тонн;
- снижение сроков строительства (2–3 месяца);
- снижение трудоемкости на монтаже по сравнению с каркасными;
- снижение веса конструкций в 2,5–3 раза;
- снижение стоимости строительства.

Конструктивная идея бескаркасных зданий заключается в том, чтобы использовать несущую способность наружных и большинства внутренних стен, обладающих заданной прочностью. Поэтому отказ от каркаса и использование несущей способности стен является вполне целесообразным.

К плюсам бескаркасного варианта добавились увеличенные размеры комнат, высота потолков, использование не просто бетонных плит, а новых

«сэндвич-панелей», в которых присутствует дополнительный тепло– и звукоизолирующий материал.

Особенностями конструкций трехслойных железобетонных панелей заводского изготовления являются:

- экономичность с точки зрения скорости возведения здания, затрат на монтаж;
- меньшая зависимость строительных работ от погодных условий при соблюдении принципа непроникновения влаги в изоляционные конструкции;
- жесткая теплоизоляция, воспринимающая силы растяжения и среза, перераспределяет нагрузки между бетонными слоями, вследствие чего значительно возрастает несущая способность панели.

На основании вышеизложенного, предложена панельная конструктивная схема здания, в результате которого уменьшается стоимость, сроки и трудоемкость строительства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Основные факторы планировочно – конструктивных решений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://scobro.ru>.

2 Нагрузки и воздействия на здания. Часть 1–3. Снеговые нагрузки (к СП РК EN 1991-1-3:2003/2011) Часть 1–4. Ветровые воздействия (к СП РК EN 1991-1-4:2003/2011) ҚР НТҚ 01-01-3.1 (4.1)-2017 НТП РК 01-01-3.1 (4.1)-2017.

3 **Байков, В. Н., Сигалов, В. Н.** Железобетонные конструкции : общий курс. – М. : ТОО «Бастет», 2009. – 767 с.

4 **Белоконев, Е. Н., Абуханов, А. З.** Основы архитектуры зданий и сооружений. – Р/Д, 2005 – 350 с.

5 **Березовский, Б. И.** Возведение монолитных конструкций зданий и сооружений. – М. : Стройиздат, 1981. – 335 с.

6 Конструктивные решения жилых домов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.firma-stroitel.ru/konstr2.html>.

7 **Лисициан, М. В., Пашковский, В. Л., Петунина, З. В.** Архитектурное проектирование жилых зданий. – М. : Архитектура, 2006. – 488 с.

8 Принцип компоновки жилых зданий. Унификация типовых жилых секций [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gogolclubs.ru/>.

9 **Семченков, А. С.** Научно-технические конструктивные решения многоэтажных зданий. Часть 1 / Технологии бетонов, 2007.– №3. – С. 40–43.

Қ. Т. Сақанов¹, А. Жұмай², Л. В. Горшкова³, А. Қ. Құрманов⁴

Сарыарқа мөлтек ауданында салынып жатқан ғимараттардың құрылымдық шешімдерін оңтайландыру, Павлодар қ.

^{1,2,3,4}Сәулет-құрылыс факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

K. T. Sakanov¹, A. Zhumash², L. V. Gorshkova³, A. K. Kurmanov⁴

The consideration of rational and constructional solution of residential buildings in the district of Saryarka, Pavlodar

^{1,2,3,4}Faculty of Architecture and Construction,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада Сарыарқа шағын ауданында салынып жатқан тұрғын ғимараттардың екі құрылымдық сұлбасы қарастырылған. Қолданбалы бағдарлама көмегімен есептелген құрылымдық сұлбалардың нәтижелері келтірілген. Есептердің нәтижелері бойынша талдау жасалынған, еңбек сыйымдылығы және жалпы құрылыс жұмыстарының құны есептелінген. Техника- экономикалық талдау негізінде экономикалық тиімді нұсқасы ұсынылған.

The article describes two variants for structural schemes of residential buildings under construction in Saryarka microdistrict of Pavlodar. The results of the calculation of structural schemes are described using application programs. According to the results of the calculation, an analysis was performed, the labor intensity and cost of general construction works were calculated. On the basis of a technical and economic comparison, an economically viable option is proposed.

**К. Т. Сақанов¹, Ж. Х. Альтаев²,
М. А. Шинтимиров³, А. К. Курманов⁴**

¹к.т.н., зав. кафедрой, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистр, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., ассоц. профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹maxshin@inbox.ru; ²jasik_077@mail.ru;

³kuan_altei@mail.ru; ⁴kurmanov_1958@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ПОДОШВЫ ФУНДАМЕНТА НА ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ ОСНОВАНИЯ

В статье рассмотрены закономерности и особенности совместной работы фундаментов со сложным очертанием опорной плиты с основанием, исследование влияния формы и размеров отдельно стоящих фундаментов на напряжённно-деформированное состояние грунтового основания. Проведен обзор имеющихся на сегодняшний день сведений об исследовании напряжённно-деформированного состояния основания фундаментов мелко заложения, полевых и лабораторных штамповых испытаний, собраны сведения и различных методиках проведения подобных работ. Для проведения анализа влияния формы подошвы на напряжённно-деформированное состояние основания фундамента-штампа была решена пространственная упругопластическая задача методом конечных элементов. Проведено технико-экономическое сравнение фундаментов квадратной и двутавровой формы под колонну 10-этажного монолитного жилого дома.

Ключевые слова: фундаменты, основания фундаментов, грунты, предельные состояния эксплуатация, экономичность.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Фундаменты, как правило, являются наиболее ответственной частью любого здания и сооружения. Стоимость фундаментов составляет в среднем 10–15 % от стоимости сооружения, а в отдельных случаях может достигать до 30 %. Широкое применение в строительной практике получили фундаменты мелко заложения на естественном основании, благодаря относительно небольшой стоимости и простоте устройства.

Нагрузка от сооружения, передаваемая отдельно стоящим фундаментам, вызывает пространственное напряжённое состояние. Традиционные конструкции фундаментов каркасных зданий имеют квадратную или прямоугольную форму подошвы в плане. В данной статье предлагается изменить традиционный способ передачи нагрузки на основание, чтобы условия работы основания и самого фундамента существенно улучшились, путём изменения напряжённо–деформированного состояния в его активной зоне.

Этот принцип нашёл дальнейшее развитие при устройстве фундаментов со сложной подошвой в плане, позволяющих передать на основание большие нагрузки и снизить осадки фундаментов.

Вместе с тем, в нормативных документах отсутствует методика расчёта фундаментов со сложным очертанием опорной плиты. В настоящее время расчёт фундаментов производят по второму предельному состоянию (по деформациям) с ограничением передаваемого на грунт давления величиной расчётного сопротивления грунта в пределах линейной зависимости между напряжениями и деформациями, что не всегда даёт удовлетворительные результаты.

Методы расчёта оснований и фундаментов постоянно совершенствуются в направлении использования численных нелинейных методов с учётом образования в основании зон пластических деформаций.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Грунт по своей природе является сложной физической средой, свойства которой зависят от целого ряда факторов: вида грунта, его вещественного состава, физического состояния, природного сложения и свойств структурных связей и т.д. В связи с этим, при построении различных теорий приходится прибегать к схематизации рассматриваемых явлений и свойств изучаемых грунтов.

К настоящему времени в литературе имеется значительное количество работ по теоретическому исследованию различных моделей грунтовых оснований которые отражены в трудах К. Терцаги, М. Н. Герсеванова, Н. А. Цыговича, М. И. Горбунова – Посадова, К. Е. Егорова.

Анализ перечисленных выше работ показал, что наиболее распространённой в практике проектирования оснований является модель линейно-деформируемой среды.

На базе модели линейно–деформируемой среды разработано несколько расчётных моделей:

а) Расчётная модель однородного линейно-деформируемого полупространства разработана достаточно широко и теория распределения напряжений и деформаций по ней освещена во многих работах.

б) Модель основания конечной толщины используется прежде всего при расчёте деформаций грунтов, если недеформируемый массив (скала) залегает на глубине $H < B$.

в) С развитием экспериментальных исследований было установлено что деформация грунта с глубиной убывает значительно быстрее, чем следует из теории упругости и модель упругого полупространства несколько преувеличивает распределительную способность грунта. Чтобы учесть быстрое затухание деформации в грунтах с глубиной Г. К. Клейном, была предложена модель с возрастающим по глубине модулем общей деформации грунта, т.е. где модуль общей деформации грунта является непрерывной функцией глубины.

г) Вопросам разработки модели грунтовой среды с возрастающим по глубине модулем общей деформации посвящены работы И. И. Черкасова, М. Н. Гольдштайна.

Рассмотренные выше модели широко используются в практике проектирования. Однако заложенные в них условные приёмы, не всегда отвечают требованиям практики.

Для расчёта грунтовых оснований с учётом нелинейной зависимости между напряжениями широко применяется итерационный метод. При решении задач использовалась теория малых упруго-пластичных деформаций А. А. Илюшина.

Задача исследования напряжённо-деформированного состояния основания при действии внешних сил является главной в механике грунтов и решение её для различных случаев загрузки имеет важное практическое значение.

Для определения величины осадки фундаментов необходимо знать закономерность распределения напряжений внутри основания.

Таким образом, обзор ранее проведённых экспериментальных исследований по изучению напряжённо-деформированного основания грунтовых оснований позволил выявить различия экспериментальных данных от полученных по теории линейно-деформируемой среды. Следует отметить, что объём измерений в рассмотренных работах явно не удовлетворяет требованиям детального анализа напряжённо – деформированного состояния грунтового основания.

Выбор размеров штампов для испытания грунтов статическими нагрузками имеет важное значение при проведении лотковых испытаний.

Одним из важных вопросов при проведении экспериментальных исследований напряжённого состояния грунтов в основании фундаментов является выбор конструкции датчиков (месдоз), обеспечивающих необходимую точность измерений.

Для проведения анализа влияния формы подошвы на напряжённо-деформированное состояние основания фундамента-штампа была решена пространственная упругопластическая задача методом конечных элементов с одновременным учётом прочностных и деформационных свойств основания с геометрически изменяемой формой подошвы.

В результате исследования было установлено, что изменение формы фундамента в плане оказывает существенное влияние на напряжённо-деформированное состояние основания.

Проведённый численный анализ показал существенное влияние формы и размеров подошвы фундамента, прочностных и деформационных характеристик грунта на осадки фундамента, распределение напряжений и деформаций в активной зоне.

Технико-экономическое сравнение фундаментов квадратной и двутавровой формы под колонну 10-этажного монолитного жилого дома.

По инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям строительства территория представляет собой единый район и относится ко II (средней) категории по СП 11-105-97.

Нормативная глубина промерзания грунтов согласно теплотехническим расчетам по СП 22.13330.2011, пункты 5.5.3, 5.5.4 составляет -2,4 м

По степени относительной деформации пучения грунты, залегающие в зоне сезонного промерзания, по ГОСТ 25100-2011, таблица Б.27 относятся к категории:

ИГЭ – 1 – слабопучинистый;

ИГЭ – 2, ИГЭ – 3, ИГЭ – 6 – сильнопучинистый;

ИГЭ – 5 – непучинистый.

Согласно СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах» исследуемая территория входит в район возможных сейсмических воздействий, интенсивность которого по карте ОСР-97 А, В и С оценивается в 6, 6 и 7 баллов.

Согласно таблице 1 СП 14.13330.2014, грунты на площадке строительства по сейсмическим свойствам относятся:

ИГЭ-1 ко II категории;

ИГЭ-2, ИГЭ-3, ИГЭ-4, ИГЭ-5, ИГЭ-6 к III категории.

Физико-механические свойства грунтов приведены в приложении А таблица А.1, геологическая колонка, расположенная в непосредственной близости от рассматриваемого фундамента показана на рисунке А.1 приложения А.

Здание монолитное, железобетонное каркасно-стеновой конструктивной системы запроектировано из наружных продольных и поперечных стен с внутренними поперечными стенами (диафрагмами жёсткости) и железобетонными колоннами. Пространственная жёсткость здания обеспечивается системой продольных и поперечных стен, поэтажно связанных с монолитными железобетонными дисками перекрытий.

Толщина всех несущих стен наружного контура 400 мм. Внутренние стены (диафрагмы жёсткости и стенки лифтовых и лестничных шахт) имеют толщину 200 мм.

Колонны монолитные железобетонные имеют сечение 400 x 400 мм.

На двух уровнях подземной парковки запроектированы монолитные ребристые перекрытия с балочными плитами, главные балки располагаются вдоль здания по осям В, Г, Е, И, К, Л и имеют сечение 500 x 300 мм.

Расчёт несущих конструкций здания выполнен вычислительным комплексом «SCAD 11.5», реализующим метод конечных элементов. Расчёт произведён в соответствии со строительными нормами, действующими на территории РК.

При расчёте принимались следующие загрузки:

а) Собственный вес несущих конструкций (учитывается программой).

Собственный вес конструкций слоёв на покрытиях и перекрытиях.

б) Полезная. Нагрузки от людей, оборудования на перекрытия с полными нормативными значениями, произведена в таблице 1.

в) Снеговая нагрузка

г) Сейсмическая нагрузка вдоль оси X (6 баллов).

д) Сейсмическая нагрузка вдоль оси Y (6 баллов).

е) Ветровая нагрузка вдоль оси X для (3-й ветровой район).

ж) Ветровая нагрузка вдоль оси Y для (3-й ветровой район).

и) Гидростатическое давление грунта на стенки подвала.

Категория грунтов по сейсмическим свойствам – II. Класс бетона принятый для несущих стен, связей и колонн В 20, для перекрытия – В25. Продольная арматура класса А400.

Таблица 1 – Определение нагрузок

Наименование нагрузки	Норма-тивная нагр., кН/м ²	Коэф. надеж по нагр., γ_f	Расчетная нагр., кН/м ²
На 1 м ² покрытия			
1. Постоянная нагрузка:			
– бикрост 7мм, $\gamma=300$ кг/м ³	0.021	1.3	0.027
– стяжка цем.-песч. 40мм, $\gamma=1800$ кг/м ³	0.72	1.3	0.936
– керамзитовый гравий 100 мм, $\gamma=600$ кг/м ³	0.6	1.3	0.78
– ж/б плита (учитывается программой)	-	-	-
Итого:	1.34		1.74
2. Длительная временная (полезная)	0.5	1.3	0.65
3. Кратковременная (снег)	0.7	1.4	0.98
Итого:	1.2		1.63
На 1 м ² перекрытия			
4. Постоянная нагрузка:			
– утеплен. линолеум 10 мм, $\gamma=250$ кг/м ³	0.025	1.3	0.033
– стяжка цем.-песч. 20мм, $\gamma=1800$ кг/м ³	0.36	1.3	0.468
– керамзитобетон 50мм, $\gamma=800$ кг/м ³	0.4	1.3	0.52
– коммуникации;	0.1	1.2	0.12
– перегородки	0.7	1.2	0.84
– ж/б плита (учитывается программой)	-	-	-
Итого:	1.585		1.978
5. Полезная	1.5	1.3	1.95

Расчёт квадратного и двутаврового фундаментов центрально-нагруженной колонны

Определение размеров подошв квадратного и двутаврового фундаментов

Расчёт ведём по усилиям колонны у заделки в фундамент. Из расчётной схемы это элемент № 8, план расположения колонн приведён в приложении Д. Из таблицы РСУ для элемента 8 выбираем наиболее невыгодное сочетание нагрузок с наибольшим усилием: продольная сила $N = 1314$ кН; изгибающий момент $M = 12,26$ кНм. Комбинация расчётных усилий принята на основании результатов расчёта программным комплексом «SCAD Office 11.5».

$$\text{Эксцентриситет } e_0 = \frac{M}{N} = 12.26 \cdot \frac{10^6}{1314} \cdot 10^3 = 9.3 \text{ мм.} \quad (1)$$

Ввиду того что $e_0 < 1$ см, фундамент колонны рассчитываем как центрально нагруженный, принимая его квадратным в плане. Сечение колонны 40 x 40 см. Нормативное усилие $N=1314$ кН; усреднённое значение коэффициента надёжности по нагрузке $\gamma_f = 1,15$, расчётное усилие: $N_{ser} = 1314/1.15 = 1143$ кН, максимально допустимая осадка фундамента согласно СП 22.13330.2011 составляет 15см.

Относительная отметка подошвы фундамента составляет -6.250, что соответствует абсолютной отметке 137,90 (рисунок 1 приложение А). Основанием фундамента служит песок мелкий, рыхлый, средней степени водонасыщения, с $R_0 = 200$ кПа согласно СП 22.13330.2011.

Материал фундамента бетон тяжёлый класса В 12.5; $R_{bt} = 660$ кПа; $\gamma_{bt} = 0,9$; арматура класса А240; $R_s = 280$ Мпа. Вес единицы объёма бетона фундамента и грунта на его обрезах $\gamma = 20$ кН/м³.

Определяем предварительную площадь фундамента, исходя из R_0 :

$$A = \frac{N_{ser}}{R_0 - \gamma H_1} = \frac{1143 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^3 - 20 \cdot 10^3 \cdot 0.75} = 6.2 \text{ м}^2. \quad (2)$$

Размер стороны квадратной подошвы $a = \sqrt{6.2} = 2.5$ м. Высоту фундамента принимаем 90 см. (3 ступени по 30 см).

Исходя из материалов приведённый во второй главе можно определить, что осадка двутаврового фундамента исходя из анализа прочностных и деформационных характеристик грунта в 1.62 раза, в средневзвешенном выражении, меньше квадратного. Исходя из этого предварительно задаёмся площадью двутаврового фундамента равной: $A = \frac{6.25}{1.62} = 3.85 \approx 4 \text{ м}^2$.

Расчёт осадок квадратного и двутаврового фундаментов.

Расчёт прочности фундаментов по грунту был произведён с помощью программного комплекса Plaxis 3D foundation (демо версия). По результатам расчёта установлено что осадка двутаврового фундамента площадью $S = 4 \text{ м}^2$ составила 11.9 см, а квадратного площадью $S = 6.25 \text{ м}^2$, 12.4 см, диаграмма осадок для двутаврового и квадратного фундаментов показана на рисунок 1. Глубина сжимаемой толщи в пропорциональном соотношении составила 2.3 b и 1,75b для квадрата и двутавра соответственно, из диаграммы очевидно что до нагрузки в 600 кН, что соответствует напряжению под подошвой в 150 кПа для двутаврового фундамента и 96 кПа для квадратного значение осадки двутаврового фундамента преобладает над осадкой квадратного, после при достижении напряжения под подошвой 150 кПа начинает активнее включаться грунт в местах вырезов (арочный эффект), что приводит к замедлению осадки двутаврового фундамента

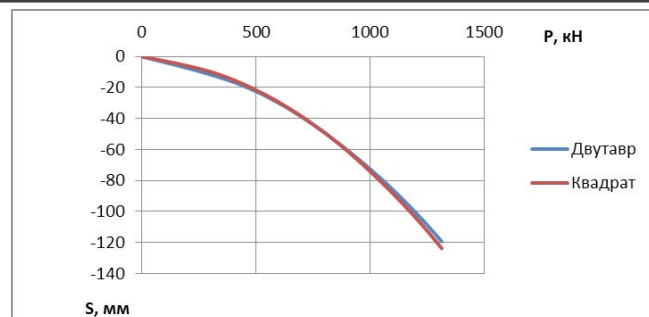
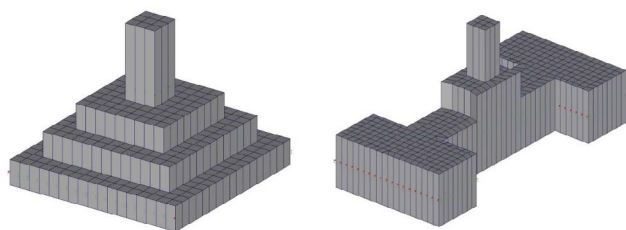


Рисунок 1 – Диаграмма протекания осадок для двутаврового и квадратного фундаментов

Определение минимально необходимого армирования квадратного и двутаврового фундаментов

В целях получения наиболее полной картины характера работы рассматриваемых фундаментов в ходе исследования были сформированы укрупнённые расчётные схемы (рисунок 2 а, б) в программе SCAD-Office. Упруго пластический характер поведения грунтового основания был смоделирован посредством задания коэффициента постели для элементов подошвы фундамента. При расчёте фундамента с использованием коэффициентов упругого основания C_1 и C_2 значения осадок двутаврового и квадратного фундаментов составили соответственно 106.5 и 94 мм. Максимальные значения изгибающих моментов в плите фундаментов вычислены в размере 383.01 кН*м и 349.2 кН*м для двутавра и квадрата соответственно. Максимальный диаметр полученной по расчёту арматуры при шаге стержней в сетке 150 мм для двутавра и квадрата соответственно вычислен в размере 16 и 12 мм. Варианты конструкций квадратного и двутаврового фундамента представлены в приложении В.1 и В.2.



а) для двутаврового фундамента б) для квадратного фундамента
Рисунок 2 – Расчётные схемы фундаментов

По результатам расчётов конструкций фундаментов квадратной и двутавровой формами подошв, на примере реального здания под центрально нагруженную монолитную железобетонную колонну было установлено следующее:

а) Осадка фундамента с двутавровой формой подошвы площадью 4 м² при нагрузках, создающих напряжение под подошвой фундамента более 150 кПа оказалась меньше осадки фундамента квадратной формы, площадью 6.25 м², за счёт включения в работу большего объёма грунта, это достигнуто за счёт большей длины двутаврового фундамента, а также наличия вырезов, под которыми при превышении давления под подошвой более 150 кПа начинает проявляться арочный эффект. Установлено что, с увеличением нагрузки, двутавровый фундамент по характеру работы максимально приближается к характеру работы условного фундамента прямоугольной формы построенного по внешним граням двутавра, и имеющего площадь 6.45 м².

б) Значения внутренних усилий в двутавровом фундаменте оказались на 10 % больше чем в квадратном фундаменте, что обусловлено большей протяжённостью и наличием внутренних углов способствующих концентрациям напряжений.

в) Материалоёмкость двутаврового фундамента оказалась существенно ниже квадратного. так в рассматриваемом примере объём бетона на устройство квадратного и двутаврового фундамента составил соответственно 3.5 м³ и 2.6 м³. Расход арматуры на устройство сеток по подошвам фундаментов по результатам конструирования наиболее оптимальной схемы армирования составил 41.7 кг и 66.5 кг для двутавра и квадрата соответственно.

г) Сметная стоимость фундамента с двутавровой формой подошвы оказалась в 1.2 раза дешевле квадратного и составила 138000 тенге, а стоимость квадратного 167 000 тенге.

д) Основным недостатком фундамента с двутавровой формой подошвы является относительная сложность проведения опалубочных работ.

ВЫВОДЫ

На основании численного моделирования установлено, что на осадку фундамента, влияет форма и периметр краевой зоны подошвы штампа. Участок линейной зависимости $S = f(P)$ для штампов с двутавровой формой подошвы в 1.25–1.6 раза больше, чем под эквивалентными фундаментами с квадратной, прямоугольной и трапецевидной формой подошвы, установлено что у фундамента с двутавровой формой подошвы в работу включается больший объём грунта, находящийся за пределами проекции фундамента, за счёт создания «арочного эффекта» между выступами двутаврового фундамента.

Проведённый численный анализ показал существенное влияние формы и размеров подошвы фундамента на осадки фундамента, распределение напряжений и деформаций в активной зоне. Установлено, что осадка двутаврового фундамента в связном грунте в 1.47 раза меньше осадки фундамента квадратной формы и в 1.25 раза меньше осадки фундамента прямоугольной формы. В несвязном грунте осадка двутаврового фундамента оказалась в 1.35 и в 1.1 раза меньше соответственно квадратного и прямоугольного. Вертикальные напряжения σ_z в активной зоне двутаврового фундамента распределяются на большей площади и быстрее затухают с глубиной. Площадь распределения зон пластических деформаций в основании двутаврового фундамента на 12–15 % меньше равного по площади квадратного фундамента.

Увеличение площади подошвы двутаврового фундамента в 25 раз ($K = 5.0$) в связном грунте приводит к возрастанию осадки в 5.8 раза, а в несвязном – в 5.45 раза.

На основе численного моделирования закономерностей пространственного взаимодействия двутаврового фундамента с основанием установлено влияние прочностных (C, φ) и деформационных (E, ν) свойств грунта на изменение напряженно-деформированного состояния в активной зоне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Тарцеги, К.** Механика грунтов в инженерной практике / К. Тарцеги, Р. Пек. – М. : Госстройиздат, 1958. – 610 с.
- 2 **Герсеванов, Н. М., Польшин, Д. Е.** Теоретические основы механики грунтов и их практическое приложение: учебное пособие. – М. : Стройиздат, 1948. – 284 с.
- 3 **Цытович, Н. А. и др.** Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния лессовых грунтов в основании жестких штампов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – М., 1979 – № 3 – 42 с.
- 4 **Егоров, К. Е.** К расчету деформации оснований. – М. : Госстройиздат, 2002.
- 5 **Горбунов-Посадов, М. И.** Осадка фундаментов на слое грунта, подстилаемом скальным основанием / М. И. Горбунов-Посадов. – М. : Госстройиздат, 1946. – 60 с.
- 6 **Горбунов-Посадов, М. И.** Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов. – М. : Госстройиздат, 1953. – 557 с.

7 **Горбунов-Посадов, М. И.** О совместной работе оснований и сооружений / М. И. Горбунов – Посадов, С. С. Давыдов // Генеральные доклады VIII Международного конгресса по механике грунтов и фундаментостроению. – М. : Стройиздат, 1975. – С. 287–309.

8 **Горбунов-Посадов, М. И., Маликова, Т. А.** Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов – Посадов, Т. А. Маликова. – М. : Стройиздат, 1973. – 254 с.

9 **Цытович, Н. А.** Механика грунтов. – М. : Госстройиздат, 1979. – 412 с.

10 **Цытович, Н. А.** Механика грунтов. – М. : Госстройиздат, 1979.

11 **Горбунов-Посадов, М. И.** Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов – Посадов. – М. : Госстройиздат, 1953.

12 **Терцаги, К.** Теория механики грунтов. С нем. Под ред. Цытовича Н. А. – М. : Госстройиздат. 1961.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Қ. Т. Сақанов¹, Ж. Х. Альтаев², М. А. Шинимиров³, А. Қ. Құрманов⁴

Іргетас табаны пішінінің негіздігің деформациялауына әсері

^{1,2,3,4}Сәулет-құрылыс факультеті,

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

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

K. T. Sakanov¹, Z. H. Altayev², M. A. Shintimirov³, A. K. Kurmanov⁴

Influence of the shape of the foundation bedding on the deformability of the base

^{1,2,3,4}Faculty of Architecture and Construction,

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

Material received on 06.02.19.

Мақалада іргетас базалық пластинаның күрделі құрылымымен іргетастардың бірлескен жұмысының ерекшеліктері мен ерекшеліктері, іргелес іргетастардың пішіні мен мөлшерінің субстраттың стресстік күйіне әсерін зерттеу қарастырылған. Таяз қорлардың, далалық және лабораториялық сынақтардың іргетасын қалыптастырудың күйзеліске қарсы күйін зерттеу туралы қазіргі уақытта қол жетімді ақпаратқа шолу жасалды, ақпарат жиналды және осындай жұмыстарды жүргізудің әр түрлі әдістері. Кеңістіктік икемді-пластикалық мәселе соңғы элемент әдісімен

шешілді. 10 қабатты монолитті көппәтерлі тұрғын үй бағанына арналған квадрат пен I тәрізді негізді Технико-экономикалық салыстыру жүргізілді.

This article reviews the patterns and features of joint action between foundations with complicated shaped footings with base. Carried out an overview of available information for today about study stress-strain state of shallow foundation bases, field and laboratory stamp tests, collected information about different methods of same researches. Solved a spatial elastoplastic task by finite elements to analyze the influence of form of foundation's bottom to stress-strain state of base stamp. Made comparison of technical-and-economic indexes for square formed and I-formed foundations under the columns of 10 storey residential building.

ГРНТИ 73.01.91

**К. Т. Саканов¹, Б. М. Жәкеш², Г. А. Рылеев³,
А. Б. Асыллов⁴, Д. К. Оразова⁵**

¹к.т.н., зав. кафедрой, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³ст. преподаватель, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴магистр, преподаватель, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵PhD, асоц. профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹kuan_altei@mail.ru; ²zhakeshb@mail.ru; ³gek51@mail.ru; ⁴asylov_1993.kz@mail.ru; ⁵dinarzhan_84@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗНОШЕННЫХ ШИН В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье рассматриваются вопросы применения утилизированных шин в дорожном строительстве, в частности, в производстве асфальторезиновых смесей. Выполнен анализ опыта применения резиновых асфальтовых смесей в мировой практике: опыт развитых стран и стран ближнего зарубежья. Приведена технология использования продуктов переработки в составе асфальтовых смесей, выводы и предложения.

Ключевые слова: шина, резиновая крошка, асфальтобетон, трещинообразование, битум, модификация, добавки.

ВВЕДЕНИЕ

Трещинообразование на асфальтобетонных покрытиях является одним из основных видов деформаций, снижающих долговечность и транспортно-

эксплуатационные показатели асфальтобетонных покрытий и поэтому эта проблема находится в центре внимания специалистов дорожной отрасли во всем мире [1].

Республика Казахстан, расположена в трех дорожно-климатических зонах, имеет в основном резко континентальный климат. Высокие летние температуры требуют принятия мер против образования колеи и волн на покрытии, а низкие зимние температуры являются причиной температурного трещинообразования. Частые температурные переходы через 0 °С также усложняют работу асфальтобетона.

Основными причинами трещинообразования являются: недостаточная трещиностойкость асфальтобетона, обусловленная, в основном, несоответствием свойств битума климатическим условиям района строительства.

Предотвращение технологических трещин не требует специальных научных разработок и достигается контролем за соблюдением технологии работ.

Одним из перспективных путей предотвращения трещинообразования является применение продуктов переработки изношенных шин (резиновой крошки) в составе асфальтобетонных смесей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Проблема использования изношенных шин имеет важнейшее экологическое значение во всем мире [2]. Пришедшие в негодность изделия накапливаются в местах эксплуатации (автохозяйства, предприятия по ремонту, промышленные предприятия и т.п.), вывезенные на свалки, рассеянные на окружающих территориях, закопанные в землю, шины длительное время загрязняют окружающую среду. Кроме того, шины обладают высокой пожарной опасностью, а продукты неконтролируемого сжигания оказывают практически необратимое влияние на окружающую среду. В промышленных масштабах применяются три основных способа утилизации изношенных шин:

- восстановительный ремонт методом наложения нового протектора;
- сжигание с целью получения тепла и электрической энергии, использование в качестве топлива в цементной и целлюлозно-бумажной промышленности;
- получение регенерата и резиновой крошки.

На фоне положительных тенденций в решение проблемы утилизации изношенных шин в экономически развитых странах ситуация в Казахстане, РФ и др. стран СНГ крайне неудовлетворительная. В настоящее время ежегодно образуется около 3 млн. изношенных шин в США, 2 млн. в странах Европы и более 1 млн. в РФ и около 1 млн. в странах СНГ, и только 12 % из которых попадает на переработку, восстановление и утилизацию. Это связано с рядом причин:

– отсутствие нормативно-правовой и экономической базы, регламентирующей создание и функционирование системы сбора, переработки и утилизации изношенных шин на федеральном и региональных уровнях и стимулирующей увеличение объемов переработки и использование продуктов переработки;

– слабым развитием рынка продуктов утилизации шин, из-за их высокой стоимости (например, цена на резиновую крошку в РФ размером менее 1 мм в 2–2,5 раза выше, чем в странах ЕС);

– низкой экологической сознательностью и культурой населения.

Огромные напряжения, возникающие в покрытиях дорожных одежд локально над швами и трещинами в нижележащем слое, приводят к образованию отраженных трещин на покрытии практически в течение первого года эксплуатации. В связи с этим, в последние десятилетия, во всем мире проводятся исследования, направленные на замедление и исключение трещинообразования.

Конструкция дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием на основаниях из цементобетона характеризуется высокой несущей способностью и комфортабельными условиями движения, обусловленными сочетанием преимуществ конструкций жесткого и нежесткого типов, поэтому получившие широкое распространение с конца 50-х годов прошлого века она применяется во всех странах для дорог высших категорий. При имеющихся преимуществах устройство жесткого слоя основания за счет повышения распределяющей способности позволяет избавиться от проблемы накопления остаточных деформаций в несвязных слоях дорожной одежды и грунте земляного полотна. Основным недостатком таких конструкций является практически неизбежное образование отраженных трещин на покрытии [3]. В связи с этим возникает необходимость в дополнительных мероприятиях по обеспечению трещиностойкости асфальтобетона, основными из которых являются:

- армирование асфальтобетона геосинтетическими материалами;
- увеличение толщины пакета асфальтобетонного покрытия;
- повышение деформативности асфальтобетона;
- устройство трещинопрерывающих прослоек.

Необходимо отметить опыт США, где во многих штатах основным направлением борьбы с отраженными трещинами стало повышение деформативности за счет применения дробленой резины.

Резиновая крошка в основном изготавливается из утилизированных покрышек путем соответствующей переработки и тонкого измельчения любым проверенным промышленным способом. Для изготовления резиновой крошки могут использоваться шины легковых и грузовых автомобилей перед измельчением которых необходимо проверить наличие металла, ткани и кордового волокна. Размер резиновой крошки не должен превышать одного мм.

До настоящего времени модификацией битума и асфальтобетонных смесей наиболее активно занимаются дорожники США, завершив успешно несколько сот дорожных проектов с покрытиями из резино-асфальтобетонов (РА).

В результате использования продуктов переработки шин были установлены следующие их преимущества:

- повышение устойчивости к колееобразованию за счет высокой вязкости резинобитумного вяжущего и использованием прерывистой гранулометрии с высоким содержанием щебня;
- повышенная стойкость к образованию температурных, отраженных и усталостных трещин за счет более толстых пленок вяжущего;
- повышенные фрикционные свойства поверхности;
- снижение шума, особенно в городах, где рядом с дорогой расположена жилая застройка;
- придание покрытию демпфирующих свойств, которые проявляются в поглощении асфальтобетонным слоем динамических воздействий, пагубно влияющих на нижележащие слои;
- сбережение энергетических и природных ресурсов за счет использования продуктов переработки изношенных автомобильных шин.

На сегодняшний день в мире существует два основных способа получения РА по способу введения крошки в состав асфальтобетонной смеси:

«Мокрый способ» предусматривает предварительную подготовку вяжущего – ввод резиновой крошки в дорожный битум при температурах от 170 °С до 210 °С с целью достижения максимального эффекта набухания резины в битуме и их объединения на границе поверхности контакта;

– «Сухой способ» предусматривает непосредственное введение резиновой крошки или более сложных модификаторов на ее основе непосредственно в смеситель.

«Мокрый» способ введения имеет ряд недостатков перед «сухим»:

- более длительный способ (от 45 минут до нескольких часов) изготовления резинобитумного вяжущего при перемешивании с высокими температурами (выше 180 °С);
- наличие специальной смесительной установки, которая должна быть на каком асфальтовом заводе;
- необходимость повторного нагрева горячего РБВ после длительных перерывов.
- высокая стоимость резиноасфальтовых смесей для дорожных покрытий по сравнению с обычными горячими асфальтовыми смесями (от 20 % – 100 %).

Достоин внимания опыт Швеции и используемой шиповатые покрышки. В стране 86 % грузоперевозок осуществляется автомобильным

транспортом с грузоподъемностью более 55 тонн, верхние слои дорожных одежд на грузонапряженных магистралях устраиваются из уплотняемых полимерасфальтобетонов с гарантией 5 лет (в рамках полного жизненного цикла). Швеция использует только проверенные технологии при соответствии выполнения трех основных задач:

- первая – снижение себестоимости и увеличение долговечности;
- вторая – снижение шума;
- третья – снижение выбросов вредных веществ.

В последнее время в Казахстане и странах ЕАЭС исследования направлены на совершенствование сухого процесса введения дробленой резины в асфальтобетонные смеси за счет повышения дисперсности резины и обработки ее поверхностно-активными веществами – активаторами девулканизации. Результатом этих исследований стала разработка ряда модифицирующих добавок нового поколения УНИРЭМ, КМА, GAP GRADE, SAS CR, TecRoad, КМА, представляющих собой высокодисперсный резиновый порошок или гранулят с развитой поверхностью, обработанной химическими реагентами, которые вводятся непосредственно в асфальтосмеситель.

В Казахстане, России и Беларуси и модификация РА увеличивает конечную стоимость смесей по сравнению с обычными смесями, однако, очевидна экономия от снижения толщины покрытия. Эту разницу в цене, с учетом доказанной эффективности и снижения затрат на текущие ремонты выгодно использовать в дорожностроительной сфере, получая ощутимый долгосрочный и краткосрочный эффект.

На основе анализа результатов зарубежных и отечественных исследований можно сделать ряд условий для обеспечения высокого качества РА:

1 Соблюдение температурно-временных режимов взаимодействия битума с резиной: время реагирования дробленой резины не менее 45 мин и не более 3 ч при температуре от 170 °С до 200 °С.

2 Использование прерывистой гранулометрии, позволяющей обеспечить размещения толстых пленок РБВ в межзерновом пространстве минерального скелета. Наиболее эффективное использование резиновой крошки в смесях каркасной структуры с прерывистым зерновым составом (щебеночно-мастичные, вибролитые РА, при этом толстые пленки РБВ свободно размещаются в межкаркасных пустотах высокощебенистых смесей при уплотнении.

3 Использование различных полимерных добавок из изношенных продуктов переработки резиновых шин.

4 Размер резиновых гранул должен быть подтвержден лабораторными исследованиями.

Интересен опыт применения резиновых асфальтобетонов в Республике Беларусь. На момент настоящего времени Департаментом «Белавтодор»

Министерства транспорта и коммуникаций реализована программа «Дороги Беларуси» на 2006–2015 гг. [4]. Ее основными задачами являются: модернизация дорог на всех направлениях международных транспортных коридоров; повышение технического уровня республиканских дорог, соединяющих Минск с областными центрами; строительство обходов ряда городов; развитие сети местных дорог. Особое внимание в программе уделяется также вопросам обеспечения безопасности дорожного движения.

Приготовление и укладка асфальтобетонных смесей с резиновой крошкой не требует дополнительного оборудования. Технология позволяет выпускать асфальтобетонную смесь, как малыми, так и большими партиями.

В Республике Беларусь применяют для производства резиновых асфальтобетонных смесей концентрат резинобитумного вяжущего, приготовленного горячим способом в специальной установке [5].

Модификация вяжущего асфальтобетонной смеси осуществляется в процессе ее приготовления при смешении горячего битума и гранулированного резинобитумного вяжущего в соотношении 2:1.

Применение гранулированного резинобитумного вяжущего позволило:

- изготавливать асфальтобетонные смеси на модифицированном вяжущем без модернизации существующих асфальтобетонных заводов;
- отказаться от применения дорогостоящих импортных полимерных модификаторов битума. Применение гранулированного резинобитумного вяжущего увеличивает стоимость традиционной асфальтобетонной смеси на 10 %. Модификация смеси импортными полимерами типа SBS увеличивает стоимость на 30 %;

- отказаться от применения стабилизирующих целлюлозных добавок при приготовлении щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей;
- шире использовать в дорожном строительстве вторичные продукты.

На основе анализа проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1 Введение резиновой крошки в битум увеличивает вязкость битума, температуру размягчения, при этом температура хрупкости незначительно увеличивается (в пределах 2 °С), Происходит значительное улучшение сцепления битумного вяжущего с поверхностью минерального материала.

2 Резина дробленая, используемая для приготовления асфальтобетонных смесей, должна содержать массовую долю остатков кордового волокна (вискозного и капронового) не более 5 %.

3 При приготовлении РБВ частицы резины не разлагаются и не растворяются, а связываются с компонентами битума прочными, но достаточно подвижными химическими связями и проявляют свои качества в составе нового материала, в котором битум выполняет

функции термопластической матрицы, а частицы резины создают упругий силовой каркас в объеме вяжущего, близкого к классу композиционного материала. Резинобитумное вяжущее обладает меньшей эластичностью и однородностью по сравнению с полимербитумными вяжущими, поэтому физико-механические свойства асфальтобетонных смесей оценивались по СТ РК 1225.

4 Из анализа результатов испытаний всех композиций РБВ следует, что при применении РБВ в составе асфальтобетонов различных типов для достижения улучшенных показателей по сдвигоустойчивости и трещиностойкости, необходимо использовать в качестве исходных, битумы отвечающие требованиям региона строительства (с учетом минимальной температуры покрытия), при этом количество вводимой резиновой крошки должно определяться экспериментальным способом.

5 Применение РБВ с содержанием 7–10 % резиновой крошки в исследуемые материалы для приготовления асфальтобетонов по сравнению с традиционным асфальтобетоном позволяет:

- увеличить предел прочности при сжатии при 50 °С на 38–69 %;
- увеличить водостойкость при длительном водонасыщении на 10–30 %;
- повысить сцепление образцов при сдвиге на 5–10 %;
- увеличить предел прочности при расколе на 8–10 %.

6 Применение РБВ с содержанием 7–10 % резиновой крошки в составе щебеночно-мастичного асфальтобетона позволяет улучшить эксплуатационные показатели.

7 Технология введения резиновой крошки в битум требует применения специального оборудования с принудительным перемешиванием для приготовления резинобитумного вяжущего.

ВЫВОДЫ

На основании выполненного анализа и обобщения мирового и отечественного опыта по применению продуктов переработки изношенных шин для приготовления резиноасфальтобетонов источникам представляется возможным сделать следующие выводы и предложения по теме исследований:

1 Разработка технологических решений по снижению трещинообразования на асфальтобетонных покрытиях и повышению их долговечности, транспортно-эксплуатационных показателей является актуальным для Республики Казахстан.

2 Одним из наиболее перспективных путей предотвращения трещинообразования является применение продуктов переработки изношенных шин (резиновой крошки или гранул) в составе асфальтобетонных смесей.

3 Проблема использования изношенных шин имеет важнейшее экологическое значение во всем мире.

4 Применение продуктов переработки изношенных шин в виде резиновой крошки или гранул и их введение в асфальтобетон способствует повышению водонепроницаемости, деформативности и трещиностойкости, усталостную прочность асфальтобетонного покрытия.

5 Экономический эффект от использования покрытий из резиноасфальтобетона достигается за счет увеличения срока службы покрытия.

6 Кроме того, применение резиноасфальтобетона решает проблему снижения шума в населенных пунктах на 4–12 дБ и сохранение более темного цвета покрытия во времени для контрастности с разметкой, что не мало важно для обеспечения безопасности движения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ивлев, Ю. В., Меренцова, Г. С.** Технологические способы снижения трещинообразования асфальтобетонных покрытий : Сборник научных трудов Алтайского ГТУ им. И. И. Ползунова, – С. 57–61.

2 **Шаховец, С. Е., Богданов, В. В.** Комплексная регенерация шин. – СПб. : «Проспект Науки», 2008. – 192 с. – ISBN 978-5-903090-15-0.

3 **Руденский, А. В., Никонова, О. Н., Казиев, М. Г.** Повышение долговечности асфальтобетонов путем введения комплексного модификатора // Научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы». – октябрь, 2011. – С. 10–13.

4 **Шумчик, В. К.** Передовые технологии, применяемые в дорожном строительстве Республики Беларусь // Дорожная техника 2012. – С. 12–16.

5 Материалы интернет-ресурса БелдорНИИ «Новые и перспективные технологии, материалы и оборудование, применяемые при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог и искусственных сооружений». – С. 57.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

К. Т. Саканов¹, Б. М. Жәкеи², Г. А. Рылеев³, А. Б. Асыллов⁴, Д. К. Оразова⁵
Жол құрылысында тозған шинаны қайта өңдеуден алынған өнімдерді қолдану

^{1,2,3,4,5}Сәулет-құрылыс факультеті,
 С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
 Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
 Материал 06.02.19 баспаға түсті.

K. T. Sakanov¹, B. M. Zhakesh², G. A. Ryleev³, A. B. Assylov⁴, D. K. Orazova⁵
Use of products of reclamation of waste tires in road construction

^{1,2,3,4,5}Faculty of Architecture and Civil Engineering,
 S. Toraighyrov Pavlodar State University,
 Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
 Material received on 06.02.19.

Мақалада кәдеге жаратылған шиналарды жол құрылысында қолдану сұрақтары қарастырылған, әсіресе, асфальт-резиңкелі ерітінділер өндірісінде. Әлемдік практикада резиңкелі асфальт ерітінділерді пайдалану тәжірибесіне саралау орындалды: дамыған елдердің және жаяқын шет елдердің тәжірибесіне. Қайта өңдеуден алынған өнімдерді асфальттық ерітінділердің құрамына қолдану технологиясы, қорытындылар және ұсыныстар келтірілген.

The article discusses the usage of recycled tires in road construction, in particular, in the production of asphalt-rubber compounds. Done the analysis of the experience of using rubber asphalt mixes in world practice: the experience of developed countries and neighboring countries. The technology of the use of recycled products in the composition of asphalt mixtures, conclusions and suggestions are given.

**К. Т. Саканов¹, Е. В. Петлина²,
М. А. Шинтемиров³, Г. А. Жукенова⁴**

¹к.т.н., зав. кафедрой, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴PhD, ассоц. профессор, Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹kuan_altei@mail.ru; ²evgeniya_petlina@mail.ru;

³ashintemirov@gmail.com; ⁴gulnara-home@mail.ru

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УСИЛЕНИЯ

В статье рассматриваются вопросы реконструкции зданий. Приведены различные методы усиления строительных конструкций. Для примера рассмотрены методы усиления резервуара сточных вод классическим способом и применением внешнего армирования композитным материалом на основе углеродистого сырья. Для обоих вариантов выполнен расчет в программном комплексе Лира-Сапр. По результатам исследования проведен расчет экономической эффективности рассмотренных вариантов армирования.

Ключевые слова: реконструкция зданий, усиление строительных конструкций, резервуар сточных вод, армирование, композитный материал, программный комплекс Лира-САПР.

ВВЕДЕНИЕ

Реконструкция действующих зданий наряду с новым строительством в условиях бурно развивающейся экономики имеет первостепенное значение. Окупаемость капитальных вложений в реконструкцию зданий и сооружений происходит в 2–3 раза быстрее, чем при строительстве новых.

Изменение условий эксплуатации и функционального назначения зданий и сооружений вследствие внедрения новых технологий в ряде случаев требует проведения для них дополнительных мероприятий по реконструкции. Это может быть связано, например с установкой дополнительного оборудования приводящего к изменению нагрузок, изменению их места приложения и характера, внесению поправок в расчетные схемы, что может вызвать необходимость предварительного усиления конструкций строительных сооружений. В процессе реконструкции здания и сооружения с учетом измененных условий эксплуатации должны быть приведены в соответствие с требованиями действующих нормативных документов.

Реконструкцию зданий и сооружений осуществляют также в связи с необходимостью восстановления физически изношенных отдельных элементов, частей зданий и сооружений. Так, физический износ обуславливает их переход в состояние отличное от проектного и требует восстановления их эксплуатационных качеств.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Усиление строительных конструкций классическими методами (устройство железобетонных наращиваний, рубашек, металлических обойм, шпренгельных затяжек и пр.) несет большие материальные и трудовые затраты, кроме того утяжеляет усиливаемую конструкцию, вызывает дополнительную нагрузку на фундаменты и в конце концов в ряде случаев имеет не эстетичный вид, что наиболее важно для административных и общественных зданий. Поэтому представляет интерес прогрессивные и более эффективные способы усиления конструкций, представленные материалами системы внешнего армирования углеродными лентами, и ламелями. Эта технология предназначена не только для ремонта и усиления несущих конструкций с целью предотвращения последствий разрушения конструкций, но и может являться еще гидроизолирующим материалом.

С увеличением потребности в объемах объектов промышленного и гражданского назначения растет и объем работ, связанных с перепрофилированием существующих зданий и сооружений. Улучшение эффективности работ по реконструкции невозможно без улучшения проектных решений и применения инновационных материалов, которые могут обеспечить экономичность, надежность и долговечность. Существующие способы усиления строительных конструкций [1] в большинстве своем трудозатратны, и ведут к остановке эксплуатации зданий и сооружений, чтобы обеспечить выполнение работ по реконструкции.

Мировой опыт строительства успешно использует композитные материалы на основе углеродного, стеклянного, арамидного волокон.

А исследования ученых позволяют найти подтверждение их физико-механических свойств [2–7].

Применение углеродных волокон для усиления зданий и сооружений известно и в Республике Казахстан. Это усиление колонн и монолитных перекрытий строящегося торгового центра в г. Астана при помощи углеродных лент. Причина усиления – ошибки проектирования. Применение композитов для ремонта путепровода через ул. Угольную в г. Астана. Причиной усиления явилась необходимость восстановления после столкновения и удара грузовой машины. А так же капитальный ремонт автодорожного путепровода ПК 49+81,52 автомобильной дороги № 12 в Шиелийском районе Кызылординской области и Торгово-развлекательный центр «Алматы» в г. Алматы. Стоит отметить что в базе нормативно – технической документации Республики Казахстан действует свод правил « Усиление железобетонных конструкций композитными материалами» [8].

Для усиления строительных конструкций последние годы используются новые технологии и материалы. Это композиты в виде ламелей, матов и сеток, изготавливаемые из углеродных волокон, которые используют в качестве поверхностного армирования, прочность которых зачастую превышает прочность стали. Соединение таких материалов с усиливаемой конструкцией осуществляется с помощью эпоксидного клея. Коммерческое название такой системы усиления за рубежом известно как FRP (Fibre Reinforced Polymers) или ФАП (фиброармированные пластики).

Суть применения данной системы состоит в замещении растянутой стальной арматуры фиброармированным пластиком (ФАП), состоящим:

- из непрерывных волокон (фибр), воспринимающих растягивающие напряжения и обеспечивающих жесткость и прочность композиции в направлении их ориентации;

- из матрицы, которая обеспечивает монолитность композита, фиксирует взаимное расположение армирующих волокон, равномерно распределяет действующие напряжения по объему ФАП и нагрузку на волокна, перераспределяет их при разрушении части волокон, а также защищает армирующие слои от внешних воздействий.

Самым главным недостатком углеродных композиционных материалов является их довольно высокая стоимость и требование к температуре при монтаже (выше 50 °С), которые компенсируются рядом преимуществ по сравнению с другими материалами:

- простота транспортировки и монтажа;
- экономичность установки – не требуют тяжелого подъемного и установочного оборудования;
- предел прочности при растяжении 4,3 ГПа;

- высокий модуль упругости достигающий 245 ГПа;
- углеродное волокно сохраняет форму и рабочие характеристики при температуре до +90 °С, а при перегревании в условиях бескислородного доступа сохраняет все физические и эксплуатационные свойства;

- имеет высокие показатели прочности на растяжение достигающие 1700 МПа, что прочнее стали. К примеру предел прочности стали 10 составляет 330 МПа, стали 20–410 МПа, стали 45–600 МПа;

- обладает низкой поверхностной плотностью (230–250 г/м²), при толщине примерно 0,1 мм;

- имеет высокие показатели коррозионной устойчивости, химически инертное органическое соединение;

- углеродное волокно – материал, состоящий из тонких нитей диаметром от 5 до 15 мкм, образованных преимущественно атомами углерода.

Для исследования применения углеволокна в качестве внешнего армирования выбран объект «Строительство резервных приемных резервуаров сточных вод» в г. Павлодаре. Проектом предусмотрена разработка железобетонного монолитного резервуара с размерами в осях 11,0x16,2 м с примыкающей к нему приемной камерой справа и приемным резервуаром слева. Резервуар имеет сложную конфигурацию и заглублен в землю на 9,0 м. Толщина стен резервуара 600 мм, днища – 400 мм. Железобетонные монолитные конструкции резервуара запроектированы из бетона класса В30, морозостойкости F300, водонепроницаемости W6, армированные отдельными стержнями из арматуры класса АIII и АI.

Авторами была поставлена цель – сравнить два варианта армирования железобетонного монолитного резервуара. Первый вариант предусматривает основное и вспомогательное армирование резервуара классическим методом отдельными стержнями из арматуры класса АIII и АI. Суть второго варианта состоит в применении основного армирования отдельными стержнями из арматуры класса АIII и АI, а вспомогательное армирование у верхних граней резервуара заменить внешним армированием композитным материалом на основе углеродного волокна. Необходимостью применения внешнего армирования для усиления резервуара явились ошибки при проведении строительно-монтажных работ, выявленные после проведения испытания резервуара.

Для получения данных о физико-механических характеристиках грунта, служащего основанием под монолитный резервуар были проведены инженерно-геологические изыскания, согласно которых, основанием служит глина серая, с глубины 6,5 м серо-коричневая, полутвердая, ожелезненная, омарганцованная, с включением мергеля до 5,0 %, с глубины 9,0 м с прослоями песка пылеватого насыщенного водой мощностью до 10,0 см, со следующими характеристиками:

- угол внутреннего трения $\phi=19^\circ$;
- модуль деформации $E=6,0$ МПа;
- сила сцепления $C=63$ КПа;
- плотность $\rho=1,99$ г/см³.

Нормативная глубина промерзания грунта согласно отчету по инженерно– геологические изысканиям равна 2,4 м.

Грунтовые воды первого водоносного слоя вскрыты на глубине 3,5–3,6 м, второго на глубине 8,6–9,0 м. Сезонный подъем уровня грунтовых вод составляет 0,7 м.

Вода неагрессивная к бетону нормальной проницаемости на портландцементе, слабоагрессивная к арматуре железобетонных конструкций при периодическом смачивании. Грунты неагрессивные к бетону нормальной проницаемости на портландцементе.

Расчеты конструкций были произведены в программном комплексе Лира-Сапр. Для проведения расчета были приняты данные о физико-механических характеристиках грунта; весе снегового покрова для II снегового района на 1 м² горизонтальной поверхности земли равной – 0,7 кПа [9] и нормативном скоростном давлении ветра до 10 м над поверхностью земли для III ветрового района равное 0,38 кПа [9], а также нагрузке от грунта, действующей на боковые стенки резервуара, вычисленный по формуле:

$$\sigma_{гор} = \lambda \cdot H \cdot \gamma = 0,372 \cdot 1,91 \cdot 9,0 = 6,39 \text{ Т/м}^2; \quad (1)$$

$$\lambda = \left[\cos(\phi - \varepsilon) / \cos \varepsilon \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \rho)}{\cos(\varepsilon + \delta) \cos(\varepsilon - \rho)}} \right) \right]^2; \quad (2)$$

$$\lambda = [(\cos 18^\circ) / \cos 0^\circ (1 + \sqrt{\sin 18^\circ \cdot \sin (18^\circ - 0^\circ) / \cos 0^\circ \cdot \cos (0^\circ)}] = 0,372.$$

Вес железобетонной конструкции был принят программой автоматически. Схема распределения нагрузок на стены резервуара приведена на рисунке 1.

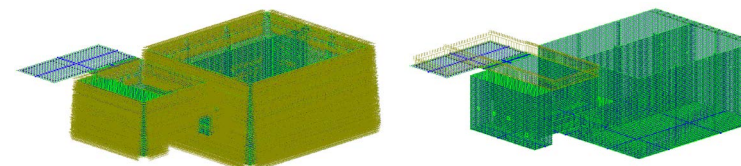


Рисунок 1 – Нагрузка грунта на стенки (слева) и нагрузка от здания (справа)

Согласно отчету выполненному в программном комплексе Лира-Сапр основное армирование стен для первого варианта принято из арматуры класса А-III Ø18 в двух направлениях с шагом ячейки 200/200 мм. Для армирования дна принята арматура класса А-III Ø16 в двух направлениях с шагом ячейки 200/200 мм. Дополнительное армирование подобрано по расчету, исходя из разницы площадей сечений арматуры.

На рисунке 2 приведена площадь арматуры стен резервуара согласно отчета сформированного в программном комплексе Лира-Сапр.

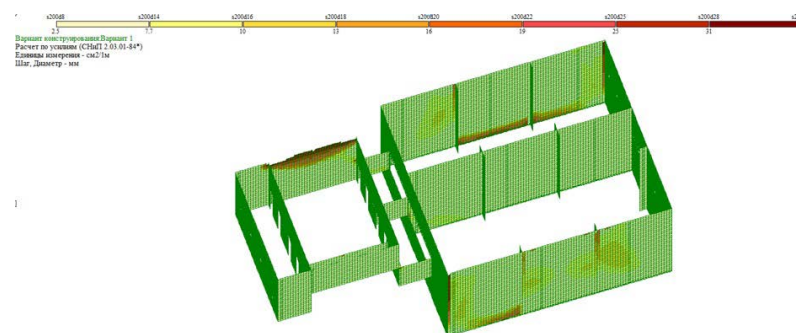


Рисунок 2 – Площадь полной арматуры на 1 погонный метр по оси Y у нижней грани

По результатам расчета и составления рабочего проекта армирования резервуара классическим методом была составлена смета.

Второй вариант конструктивного решения заключается в принятии основного армирования согласно расчета в программном комплексе Лира-Сапр, но вместо дополнительного армирования стальными стержнями из арматуры класса А-III применяем систему внешнего армирования FibARM в качестве вспомогательного армирования у верхних граней резервуара. В качестве внешнего армирования применялись ленты типа FibARM Tape 230/300.

Площадь сечения лент балки определяется по формуле 6 [10]:

$$F_k \geq \frac{\Delta M}{R_k \left(h - \frac{x}{1,0}\right)} = \frac{2000 \text{ кН}\cdot\text{м}}{218000(1,5-0,15) \text{ МПа}\cdot\text{м}} = 0,679 \text{ см}^2.$$

То есть при ширине ленты 25 см и толщине 0,1 мм композитный материал должен иметь в $\ell_p/2$ слоя углеродных лент. Для сечения в $\ell_p/3$, где недостающий момент составляет 1000 кН·м, требуется суммарная площадь сечения лент в 2 раза меньше – то есть 0,386 см², что соответствует наклейке двух слоев лент. Учитывая необходимость предусматривать дополнительный участок ленты для её анкеровки и исключения отслоения (то есть заводить ленту за точку теоретического обрыва) длины лент усиления в композиционном материале принимают равными согласно таблицы 4):

- 1^й слой ленты – на длине $\ell_p/2$;
- 2^й слой ленты – на длине $\frac{2}{3} \cdot \ell_p$;
- 3^й слой ленты – на всю длину ℓ_p .

ВЫВОДЫ

По результатам исследования был проведен расчет экономической эффективности рассмотренных вариантов армирования. Расход стали и общая стоимость строительства при первом варианте армирования приведены в таблице 1. Расход стали и углеродной ленты FibARM Таре 230/300 и общая стоимость строительства при втором варианте армирования приведена в таблице 2.

Таблица 1 – Расход стали при армировании по расчету арматура класса А-III

Расход стали, кг	Общая стоимость строительства, тыс.тг
89232	43000

Таблица 2 – Расход стали при основном армировании по расчету арматурой класса А-III и дополнительного армирования углеволокном FibARM 230/300

Расход стали, кг (стоимость, тыс.тг)	Расход углеволокна FibARM Таре 230/300, м ² (стоимость, тыс.тг)	Общая стоимость строительства, тыс.тг
64344 (20000)	1121 (16700)	36700

По результатам проведенного анализа и сравнения двух вариантов – первого (классического) и второго (с применением инновационного

материала) был выбран второй вариант армирования, при этом экономия средств составила 6700 тыс. тг

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Мальганов, А. И.** Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. Атлас схем и чертежей/ А. И. Мальганов, В. С. Плевков, А. Н. Полищук. – Томск : Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. – 316 с.

2 **Польской, П. П., Маилян, Д. Р.** Композитные материалы – как основа эффективности в строительстве и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4 (часть 2) URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307.

3 **Хишмах, М., Польской, П. П., Михуб, А.** К вопросу о деформативности балок из тяжелого бетона, армированных стеклопластиковой и комбинированной арматурой // Эл. журнал «Инженерный вестник Дона». – 2012. – № 4. – С. 163–166.

4 **Смердов, Д. Н., Устинов, В. П., Яшнов, А. Н.** Перспективы применения неметаллической арматуры в железобетонных конструкциях // Наука, инновации, образование : актуальные проблемы развития транспортного комплекса России : Мат-лы Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2006. – С. 258–260.

5 **Бокарев, С. А., Смердов, Д. Н., Устинов, В. П., Яшнов, А. Н.** Усиление пролетных строений с использованием композитных материалов // Путь и путевое хозяйство. 2008. № 6. – С. 30–31.

6 **Неровных, А. А.** Совершенствование методики оценки грузоподъемности железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов, усиленных композиционными материалами : Автореф. к.т.н. – Новосибирск : СибГУПС, 2013. – 24 с.

7 **Маилян, Д. Р., Польской, П. П., Георгиев, С. В.** Методики усиления углепластиком и испытания коротких и гибких стоек // Научное обозрение, 2014. – №10. – Ч. 2. – С. 415–418.

8 СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования.

9 СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия.

10 ОДМ 218.3.027-2013 Рекомендации по применению тканевых композитных материалов при ремонте железобетонных конструкций мостовых сооружений.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

*К. Т. Саканов¹, Е. В. Петлина², М. А. Шинтемиров³, Г.А. Жуkenова⁴***Күшейту технологияларын пайдаланып ғимараттарды жаңғырту**^{1,2,3,4}Сәулет-құрылыс факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

*K. T. Sakanov¹, E. V. Petlina², M. A. Shintemirov³, G. A. Zhukonova⁴***Reconstruction of buildings with the use of modern strengthening technologies**^{1,2,3,4}Faculty of Architecture and Civil Engineering,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада ғимараттарды жаңғырту сурақтары қарастырылған. Құрылыс конструкцияларын күшейтудің әртүрлі тәсілдері берілген. Мысал ретінде пайдаланған су резервуарын классикалық және композиттік су тегі шикізаты негізіндегі материалмен сырттан күшейту тәсілдері қарастырылған. Екі нұсқа үшін есептеу Лира-САПР кешендік бағдарламасымен орындалған. Зерттеу қорытындысы негізінде қарастырылған арматуралау нұсқаларының экономикалық тиімділігі сарапталған.

The article deals with the reconstruction of buildings. The article also presents various methods for strengthening building structures. For example there are considered the methods for enhancing the wastewater reservoir by the classical method and the use of external reinforcement with a carbon-based composite material. For both options was performed the calculation in the Lira-SAPR Software Package. According to the results of the study was calculated the economic efficiency of the considered reinforcement options.

ГРНТИ 49.01.05

Н. К. Смайлов¹, А. Б. Батыргалиев²¹доктор PhD, сениор-лектор, Институт информационных и телекоммуникационных технологий, Казахский национальный исследовательский технологический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, 050057, Республика Казахстан;²докторант, сениор-лектор, Институт информационных и телекоммуникационных технологий, Казахский национальный исследовательский технологический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, 050057, Республика Казахстанe-mail: ¹nur_ali.kz@mail.ru; ²askhat.b.b@gmail.com

ТРЕБОВАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ ГЕНЕРАТОРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАШУМЛЕНИЯ

Статья посвящена применению генераторов пространственного электромагнитного зашумления для защиты информации, обрабатываемой средствами вычислительной техники в Республике Казахстан. Проведён анализ общих требований к генераторам пространственного электромагнитного зашумления, определённых законодательством Республики Казахстан, а также технических характеристик отечественных изделий.

Ключевые слова: генератор пространственного зашумления, побочные электромагнитные излучения, электромагнитный шум, маскирующий шум, средство активной защиты.

Исследованиям побочных электромагнитных излучений (ПЭМИ) средств вычислительной техники (СВТ) посвящено достаточно большое количество открытых источников. Учитывая, что этот канал утечки информации является наиболее опасным для СВТ, то к соответствующим методам и средствам защиты уделяется большое внимание. Однако работы, посвящённые соблюдению требований национального законодательства Республики Казахстан в данной области, отсутствуют. В этой связи в статье рассмотрены требования национальных стандартов и нормативных правовых актов Республики Казахстан к одному из методов активной защиты информации от утечки по каналу ПЭМИ – применению генераторов пространственного электромагнитного зашумления (ГЭМШ).

В национальных стандартах Республики Казахстан даны различные определения понятию ПЭМИ. В [1 и 2] определение ПЭМИ характеризуется как электромагнитное излучение, возникающее при работе технических средств обработки информации, в [3 и 4] ПЭМИ – электромагнитное излучение, возникающее при работе средства вычислительной техники (СВТ). Наиболее полное определение ПЭМИ дано в [5]: ПЭМИ – электромагнитные излучения средств вычислительной техники, возникающие как побочное явление, вызванное электрическими сигналами, действующими в их электрических и магнитных цепях, а также электромагнитные наводки этих сигналов на конструкции, цепи питания, токопроводящие линии. При этом, под вычислительной техникой понимаются СВТ, информационно-вычислительные комплексы, линии связи этих средств, средства обработки, хранения, отображения и передачи информации [5].

В [2] приведена классификация факторов, воздействующих на защищаемую информацию:

1 электромагнитные излучения и поля;

2 ПЭМИ:

1) ПЭМИ сигналов (видеоимпульсов) от информационных цепей;

2) ПЭМИ сигналов (радиоимпульсов) от всех электрических цепей технических средств обработки информации:

а) модуляция ПЭМИ электромагнитными сигналами от информационных цепей;

б) модуляция ПЭМИ акустическими сигналами;

3 паразитное электромагнитное излучение:

1) модуляция паразитного электромагнитного излучения информационными сигналами;

2) модуляция паразитного электромагнитного излучения акустическими сигналами;

4 наводки:

1) наводки в электрических цепях технических средств, имеющих выход за пределы объекта информатизации:

а) наводки в линиях связи:

– наводки, вызванные побочными и (или) паразитными электромагнитными излучениями, несущими информацию;

– наводки, вызванные внутренними емкостными и (или) индуктивными связями;

б) наводки в цепях электропитания:

– наводки, вызванные побочными и (или) паразитными электромагнитными излучениями, несущими информацию;

– наводки, вызванные внутренними емкостными и (или) индуктивными связями;

– наводки через блоки питания технических средств обработки информации;

с) наводки в цепях заземления:

– наводки, вызванные побочными и (или) паразитными электромагнитными излучениями, несущими информацию;

– наводки, вызванные внутренними емкостными и (или) индуктивными связями;

– наводки, обусловленные гальванической связью схемной (рабочей) «земли» узлов и блоков технических средств обработки информации;

2) наводки на технические средства, провода, кабели, и иные токопроводящие коммуникации и конструкции, гальванически не связанные техническими средствами обработки информации, вызванные побочными и (или) паразитными электромагнитными излучениями, несущими информацию.

Для перехвата ПЭМИ СВТ могут использоваться как обычные средства радио- и радиотехнической разведки, так и специальные перевозимые и переносимые средства разведки, которые называются техническими средствами разведки (ТСР) побочных электромагнитных излучений и наводок. Обычно такие средства располагаются за пределами контролируемой зоны объекта информатизации. Пространство вокруг СВТ, в пределах которого напряженность электромагнитного поля превышает допустимое (нормированное) значение (отношение «информативный сигнал/помеха»), называется зоной 2 (R2). Зона R2 – это зона, в пределах которой ТСР возможен перехват информативных ПЭМИ СВТ с необходимым качеством или измерение их параметров с допустимыми ошибками для выделения полезной информации [7, 8].

Необходимость защиты информации от ее утечки по каналу ПЭМИ описаны в [6, 10].

Согласно [6] СВТ, входящие в состав автоматизированных систем в защищенном исполнении и подлежащие защите должны удовлетворять требованиям по защите информации за счет побочных электромагнитных излучений и наводок.

В [10] приведены требования к организации технической защиты речевой информации в служебных помещениях, в которых проводится работа с защищаемой информацией, в том числе с государственными секретами, и устанавливает классификацию технических каналов утечки, методы защиты речевой информации и требования к комплексу средств защиты речевой информации. По характеру утечки речевой информации одним из основных типов технических каналов является канал утечки информации за счет побочных электромагнитных излучений и наводок. При этом в канале

предполагается возможность утечки информации за счет модуляции опасным сигналом электромагнитных полей, образующихся при работе оборудования информационных технологий или создаваемых внешним высокочастотным облучением.

В целях защиты информации от утечки по каналу ПЭМИ существует множество методов и средств. В частности, в настоящее время на рынке представлено большое количество СВТ (персональные компьютеры), выполненных в защищенном исполнении (АРМЗИ, Secret, ОБРУЧ, Гамма МБ-16, Flagman-Z, ФОРТ, Базальт, CLR, Багет, Плазма и др.).

Такие СВТ разрабатываются и производятся на основе технологий снижения уровней информационных излучений пассивными средствами (методами экранирования, фильтрации). В этом случае размер зоны R2 уменьшается до определенных размеров. Однако, применение этих средств не всегда бывает возможным ввиду их высокой стоимости.

В таких случаях возможно применение активных методов защиты информации, одним из которых является пространственное электромагнитное зашумление. Сущность метода заключается в излучении в окружающее пространство в непосредственной близости от работающих СВТ маскирующего широкополосного шумового сигнала («белый шум») во всем диапазоне частот информативных ПЭМИ со спектральным уровнем, превышающим максимальные уровни этих ПЭМИ.

В [5 и 3] описаны требования к назначению, составу и техническим характеристикам ГЭМШ. ГЭМШ могут применяться для защиты как конфиденциальной информации, так и государственных секретов.

В соответствии со статьей 35 Закона Республики Казахстан от 15 марта 1999 года «О государственных секретах», средства защиты сведений, составляющих государственные секреты, должны иметь сертификат, удостоверяющий их соответствие требованиям по защите сведений соответствующей степени секретности, выдаваемый в порядке, установленном Правительством Республики Казахстан.

Разделом 5 Перечня продукции и услуг, подлежащих обязательной сертификации, утвержденного Постановлением Правительства Республики Казахстан от 20 апреля 2005 года № 367 «Об обязательном подтверждении соответствия продукции в Республике Казахстан», к продукции, подлежащей обязательной сертификации относятся технические средства защиты секретной информации от перехвата электромагнитных сигналов, возникающих при функционировании объектов защиты, в т.ч. от перехвата побочных электромагнитных излучений и наводок, возникающих при работе технических средств обработки информации, осуществляемого магнитометрическими, радио-техническими, радиолокационными средствами.

Сертификация ГЭМШ осуществляется на соответствие требованиям национальных стандартов и иных нормативных документов и проводится согласно Инструкции по подтверждению соответствия информационных систем, технических, программно-технических и программных средств (изделий), технических средств защиты информации требованиям информационной безопасности, утвержденным Приказом Руководителя Канцелярии Премьер-Министра Республики Казахстан от 14 июня 2013 года № 25–1–21.

Также, ГЭМШ, как техническое средство, излучающее в окружающую среду электромагнитные колебания, должно соответствовать требованиям Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к радиотехническим объектам», утвержденных приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от 23 апреля 2018 года № 188 и ГОСТ 12.1.006.

ГЭМШ в активном состоянии не должно создавать помех в работе расположенных вблизи других радиоэлектронных средств, а также наносить вред здоровью людей.

Отечественными предприятиями радиоэлектронной промышленности производятся ГЭМШ в виде плат шины PCI для применения в составе персональных компьютеров (ГШ-К-1000 «СЛОТ» GR, ГШ-К-1000) или в виде отдельных устройств (ЗОНТ GR, ЗОНТ-1 GR, ГШ-Т, Барьер-01, Барьер-М).

Как правило, большинство отечественных производителей в описании ГЭМШ указывают следующие основные технические характеристики:

- диапазон рабочих частот, МГц – 0,1-1000;
- коэффициент качества электромагнитного поля шума – 0,8;
- спектральная плотность излучения в диапазоне 0-1 ГГц, Вт/МГц – 0,01;
- значения спектральной плотности напряженности магнитного (рНш) и электрического (Еш) компонентов нормированного электромагнитного поля шума в децибелах к 1мкВ/(м^кГц), формируемого генератором на расстоянии d=1 м (приведены в таблице 1).

Таблица 1 – Значения спектральной плотности напряженности электромагнитного поля шума

Частота, МГц	0,1	0,5	1,0	5,0	10	20	30
Мощность, не менее, дБ	18	18	25	33	45	45	45
Частота, МГц	60	100	200	300	500	700	1000
Мощность, не менее, дБ	65	60	70	75	80	75	75

Учитывая, что основными предназначением ГЭМШ является обеспечение защиты объектов информатизации и СВТ от утечки информации по каналу ПЭМИ, к качеству генерируемого шума должны предъявляться особые требования. В этой связи дополнительно требуется проведение исследований параметров характеристик качества шума ГЭМШ.

ВЫВОДЫ

В статье рассмотрены национальные стандарты и действующие нормативные правовые акты Республики Казахстан, регламентирующие требования к ГЭМШ как к средству защиты информации от утечки по каналу ПЭМИ. Описаны основные характеристики отечественных ГЭМШ и акцентировано внимание на необходимость более глубокого изучения характеристик качества генерируемого электромагнитного шума, от качества которого будет зависеть общая безопасность защищаемой информации на объектах информационной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 СТ РК 1202-2002 Общие требования к техническим средствам защиты информации. Основные положения.

2 СТ РК ГОСТ Р 51275-2006 Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения.

3 СТ РК 34.021-2006 Защита информации. Технические средства защиты информации. Генераторы пространственного зашумления. Общие технические требования.

4 СТ РК 1698-2007 Защита информации. Защита информации от технических разведок и от ее утечки по техническим каналам на объекте средств вычислительной техники. Методы защиты.

5 СТ РК 34.013-2002 Информационная технология. Защита информации от утечки по каналу побочных электромагнитных излучений и наводок при ее обработке на средствах вычислительной техники. Общие технические требования.

6 СТ РК 34.024-2006 Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Общие технические требования.

7 **Артамошин, С. А.** Защита информации от утечки по каналу побочных электромагнитных излучений // Правовая информатика. – 2016. – № 3. – С. 4–12.

8 **Хорев, А. А.** Техническая защита информации: учеб. Пособие для студентов вузов. В 3 т. Т. 1. Технические каналы утечки информации. – М. : НПЦ «Аналитика», 2008. – 436 с.

9 СТ РК 34.024-2006 Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Общие технические требования.

10 СТ РК 1700-2007 Техническая защита информации в служебных помещениях. Общие технические требования.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Н. К. Смайлов¹, А. Б. Батыргалиев²

Электромагниттік кеңістіктік шу генераторларын қолдану бойынша талаптар

^{1,2}Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,

Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

N. Smailov¹, A. Batyrgaliyev²

Requirements for the use of electromagnetic spatial noise generators

^{1,2}К. I. Satpaev Kazakh National Research Technical University,

Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақала Қазақстан Республикасында есептеу техникасы құралдарымен өңделген ақпаратты қорғау үшін кеңістіктік электромагниттік шу генераторларын пайдалануға арналған. Қазақстан Республикасының заңнамасында белгіленген кеңістіктік электромагниттік шу генераторларына қойылатын жалпы талаптарына, сондай-ақ отандық өнімдердің техникалық сипаттамаларына талдау жүргізілді.

The article is devoted to the use of spatial electromagnetic noise generators to protect information processed by computer technology in the Republic of Kazakhstan. The analysis of the general requirements for spatial electromagnetic noise generators defined by the legislation of the Republic of Kazakhstan, as well as the technical characteristics of domestic products.

О. М. Талипов¹, А. Н. Бергузинов², И. С. Базарбаев³

¹доктор PhD, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²доктор PhD, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹talipov1980@mail.ru

ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИХ РАБОТУ

В данной статье рассмотрен принцип работы электрофильтров. Также рассмотрены конструкции и классификация электрофильтров. Факторы, влияющие на работу электрофильтров. Описаны достоинства современных электрофильтров.

Ключевые слова: золоулавливающие установки, электрофильтр, уголь.

ВВЕДЕНИЕ

Уголь более всего используется при производстве электроэнергии: около 40 % производимой в мире электроэнергии вырабатывается путем сжигания угля, но уголь зачастую считают экологически неприемлемым топливом, поскольку его отрицательное воздействие на окружающую среду превосходит все стратегические и экономические преимущества его использования.

Основными потребителями продукции угольной промышленности внутри республики являются тепловые электростанции. На угольных ТЭС производится более 70 % всего объема вырабатываемой в республике электроэнергии. К 2020 году планируется довести мощности угольных электростанций Казахстана до 16,35 МВт [1]. Однако перспективы увеличения использования угля омрачаются соображениями экологического характера, связанными с негативными последствиями его использования на окружающую среду, в первую очередь, на атмосферный воздух.

Сжигание котлами электростанций твердого топлива требует производить очистку дымовых газов от золы. В связи с увеличением доли твердого топлива в структуре топливного баланса, постоянном ужесточении норм выбросов, на большинстве электростанций имеются серьезные проблемы по обеспечению этих норм.

Сложность решения поставленных задач требует серьезного внимания к реконструкции и модернизации установленного парка золоулавливающих установок.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**Золоулавливающие установки делятся на:**

1) механические (сухие; инерционные) в которых твердые частицы отделяются от потока газов под действием центробежных сил и сил тяжести (циклоны, мультициклоны, батарейные циклоны); работающие под действием инерционных сил и сил тяжести (жалюзийные золоуловители, пылеосадительные камеры).

2) Мокрые золоуловители отделение твердых частиц от газа в которых осуществляется за счет промывки газа или орошения водой (скруббер).

3) Тканевые (рукавные) отделение твердых частиц от потока газов в них осуществляется за счет фильтрации запыленного потока через фильтрующий элемент (стеклоткань).

4) Комбинированные

5) Электрофильтры – это устройства в которых отделение твердых частиц от потока газов осуществляется за счет осаждения заряженных в электрофильтре твердых частиц на поверхности осадительных электродах под действием электрических сил.

Достоинствами таких золоуловителей является: высокая степень очистки (до 99 ÷ 99,5 %); низкое гидравлическое сопротивление (скорость ~ 2 м/с → 20 мм.вод.ст.); независимость степени очистки от фракционного состава золы; слабая зависимость от нагрузки.

Конструкция и классификация электрофильтров [2].

1) В зависимости от вида уловленного продукта электрофильтры разделяют: сухие – применяются для улавливания сухих аэрозолей; мокрые – применяются для улавливания капелек кислот, щелочей, смол и т.п.

2) В зависимости от направления движения газов в электрофильтре: вертикальные; горизонтальные.

3) По форме осадительного электрода: трубчатые; пластинчатые.

4) В зависимости от количества электрических зон: однозонные – в них зарядка и осаждение частиц производится в одном электростатическом поле; двухзонные – зарядка частиц производится в одном поле, а осаждение в другом.

5) По количеству электростатических полей, которые последовательно проходят газы: однополюсные; двухполюсные; трехполюсные; четырехполюсные.

6) В зависимости от числа корпусов электрофильтры разделяют: односекционные электрофильтры; двухсекционные электрофильтры.

Электрические золоуловители для очистки дымовых газов от золы применяют в котельных агрегатах средней и большой паропроизводительности. Отечественной промышленностью выпускаются пластинчатые электрические золоуловители двух видов: с вертикальным и горизонтальным потоком газов.

Уходящие дымовые газы проходят по трубе электрического золоуловителя (рис. 1), в которой помещен провод коронирующего электрода, присоединенного к отрицательному полюсу источника постоянного тока. Сама труба присоединяется к положительному полюсу. Уходящие газы, проходя около электродов, попадают в электромагнитное поле, при этом одни пылинки приобретают свойства положительно заряженного тела, другие – отрицательного. Пылинки, заряженные положительно, направляются к коронирующему электроду, а заряженные отрицательно – к поверхности трубы.

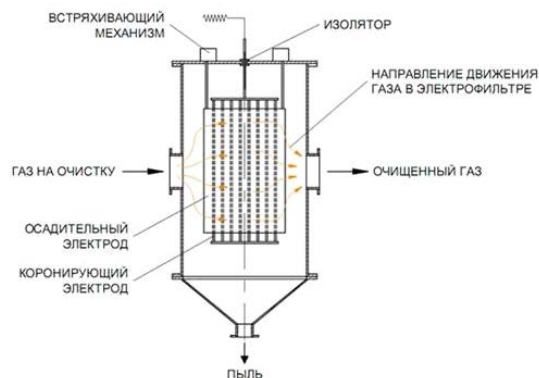


Рисунок 1 – Горизонтальный пластинчатый электрофильтр

Слой золы, постепенно нарастая на электродах, под действием силы тяжести частично осыпается, а оставшийся удаляется путем автоматического встряхивания электродов ударами специальных устройств (молотков). Опавшая зола собирается в конические бункера, откуда ссыпается в систему золоудаления.

Напряжение постоянного тока принимается до 80 кВ, КПД составляет 90–98 %. Если требуется особенно тщательная очистка дымовых газов, применяют комбинированные золоуловители, в которых первоначальная, грубая очистка газов осуществляется в жалюзийном или батарейном циклоне, а окончательная, тонкая – в электрофильтре. Степень очистки в такой установке может достигать 98–99 %.

Факторы, влияющие на работу электрофильтров.

На работу электрофильтра [3] оказывает влияние множество факторов. К основным факторам, влияющим на работу электрофильтра, следует причислить:

- физико-химические свойства пылегазового потока;
- внешние факторы: неравномерность распределения пылегазового потока по активному сечению электрофильтра; работа высоковольтных источников питания и управления; работа приводов встряхивания электродов; работа системы сбора и транспортировки уловленной пыли; соответствие теплоизоляции электрофильтра техническим условиям эксплуатации;
- внутренние факторы (состояние внутреннего механического оборудования электрофильтра): центровка электродной системы; состояние изоляторов; работоспособность механизмов регенерации электродной системы; конструктивные особенности неактивных и полуактивных зон электрофильтра; конструктивные свойства корпусов электрофильтров.

Остановимся подробно на некоторых из перечисленных выше факторов.

Физико-химические свойства пылегазового потока

Эффективная очистка в электрофильтрах достигается при правильном учете параметров пылегазового потока, подлежащего очистке. Принимать во внимание следует такие параметры, как:

- УЭС пыли (удельное электрическое сопротивление пыли);
- дисперсный состав улавливаемых взвесей;
- адгезионные свойства пыли;
- влагосодержание;
- кислотная и водяная точка росы;
- входная запыленность.

Приведенные параметры являются основой исходных данных для формирования технического задания на подбор электрофильтра, их достоверность является необходимым условием для правильного выбора аппарата.

Неравномерность распределения пылегазового потока по активному сечению электрофильтра. Значимое воздействие на величину остаточной запыленности оказывает конструкция системы газораспределения и газовых трактов.

Электрофильтр имеет незначительное гидравлическое сопротивление, это приводит к необходимости особенно тщательного подходить к конструированию пылегазовых трактов на входе и выходе электрофильтра и, собственно, самой системы газораспределения.

Особенностью конструкции электрофильтра является наличие большого количества газовых каналов электродной системы, которые

создают направленное течение газового потока в этих каналах, исключая возможность поперечного перераспределения газового потока в активной зоне электрофильтра. Наличие недопустимой неравномерности пылегазового потока приводит к существенному снижению эффективности работы первых электрических полей (работа поля по наиболее нагруженному межэлектродному промежутку).

Переход от сечения газового тракта к активному сечению электрофильтра осуществляется с помощью диффузора, в котором размещаются газораспределительные элементы.

После электрофильтра устанавливается конфузор, обеспечивающий требуемый переход от активного сечения электрофильтра к сечению газового тракта.

Конструкция конфузора также существенно влияет на величину остаточной эмиссии, т.к. должна обеспечивать эффективную работу последнего поля электрофильтра без искажения с требуемой величиной неравномерности и исключением возможности уноса уловленной пыли.

Работа системы сбора и транспортировки уловленной пыли. Вопросам удаления уловленной пыли из электрофильтров следует уделять особое внимание, т.к. несвоевременное удаление пыли из бункеров электрофильтра или ее долгое нахождение в них может быть причиной существенного нарушения работы электрофильтра. Это приводит к: увеличению выноса уловленной пыли из бункеров электрофильтра;

- короткому замыканию и отключению полей электрофильтра
- при достижении пылью электродов;
- недопустимому повышению нагрузки на постаменты и фундаменты электрофильтра.

Кроме этого, эффективность работы электрофильтра находится в зависимости от величины подсосов через систему удаления уловленной пыли из бункеров электрофильтров (наличие подсосов приводит к увеличению объема выноса пыли из бункеров электрофильтра в обход электродной системы).

Утечка тока или различные виды разрушений приводят к пробоям и выходу из строя электрического поля электрофильтра.

Для сохранения изоляторов наработан большой арсенал технических решений, которые позволяют обеспечить эксплуатационную надежность электрофильтра. Среди этих решений:

- конструктивные элементы, позволяющие уменьшить попадание пыли на поверхность изоляторов;
- обогрев изоляторов;
- поддув воздуха в изоляторные коробки.

Конструктивные особенности корпусов электрофильтров
 Определение конструктивных характеристик электрофильтра – залог успешной эксплуатации аппарата в будущем.

ВЫВОДЫ

Преимущества электрофильтров [4]: возможность самой высокой степени очистки газов (до 99,9 %), низкие затраты энергии (до 0,8 кВт на 1000 м³ газа), очистка газа может проводиться даже при высоких температурах, процесс очистки может быть полностью автоматизирован.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ Р 51707-2001. Электрофильтры. Требования безопасности и методы испытаний. Введ. 29.01.2001. – М. : Изд-во стандартов, 2001.

2 Правила устройства электроустановок. 7-е изд. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.

3 **Санаев, Ю.И.** Электрофильтры: монтаж, наладка, испытание, эксплуатация./Обзорная информация. Серия ХМ-14. – М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1984.

4 **Николаев, М. Ю., Есимов, А. М., Леонов, В. В.** Электрофильтры: принцип работы и основные достоинства // Технические науки – от теории к практике : сб. ст. по матер. XLI междунар. науч.-практ. конф. № 12(37). – Новосибирск : СибАК, 2014.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

О. М. Талипов¹, А. Н. Бергузинов², И. С. Базарбаев³

Электр сүзгілердің жұмысына әсер ететін негізгі артықшылықтары мен факторлары

^{1,2,3}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
 Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
 Материал 06.02.19 баспаға түсті.

O. M. Talipov¹, A. N. Berguzinov², I. S. Bazarbaev³

The main advantages and factors affecting the operation of electrostatic precipitators

^{1,2,3}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
 Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
 Material received on 06.02.19.

Бұл мақалада электр сүзгілердің жұмыс істеу принципі қарастырылған. Сонымен қатар электр сүзгілердің құрылымы мен жіктелуі қарастырылған. Электр сүзгілердің жұмысына әсер ететін факторлар. Қазіргі заманғы электр сүзгілердің артықшылықтары сипатталған.

This article describes the principle of electric filters operation. Also, there is considered the design and classification of electrical filters. Factors affecting the operation of electric filters. The advantages of modern electric filters are described.

ГРНТИ 28.17.33

А. Т. Тохметов¹, А. Д. Тусупов², Л. А. Танченко³

¹к.ф.-м.н., доцент, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстан;

²докторант, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстан;

³магистр, старший преподаватель, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстан.

e-mail: ¹attohmetov@mail.ru; ²tussupov@huawei.com; ³ltanchenko@mail.ru

МАСШТАБИРОВАНИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОМОЩИ ТЕХНОЛОГИИ GPON

В статье рассматриваются вопросы увеличения и масштабирования инфокоммуникационных систем с помощью технологии GPON (гигабитных пассивных оптических сетей). Экспериментально доказано, что применение технологий GPON позволяет расширить дальность действия инфокоммуникационных систем от 20 километров до 60 километров. Экспериментально изучены линейные и нелинейные эффекты полупроводниковых оптических усилителей, используемых для увеличения дальности действия инфокоммуникационных систем. В качестве линейного эффекта рассмотрен механизм усиления сигналов в гигабитной пассивной оптической сети, с расширением длины сети до 60 километров и сравнение полупроводниковых усилителей с другими технологиями оптических усилителей. Разработана оптическая схема поляризационного разнесения световых волн, подаваемых на полупроводниковые оптические усилители. Кроме того, показаны возможности применения полупроводниковых оптических усилителей, позволяющих одновременное усиление четырех модулированных световых сигналов со скоростью 2,5 Гигабит/секунду для усилителей с рабочей длиной волны в 1550 нанометров и усиление двух модулированных световых сигналов со скоростью 622 Мегабит/секунду для усилителей с рабочей длиной волны 1300 нанометров.

Ключевые слова: инфокоммуникационные системы, масштабирование инфокоммуникационных систем, оптические сети доступа, оптическое усиление сигнала, технология GPON, полупроводниковые оптические усилители.

ВВЕДЕНИЕ

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].

Масштабируемость инфокоммуникационной системы – это способность инфокоммуникационной системы адаптироваться к расширению предъявляемых требований и возрастанию объемов решаемых задач [2]. Далеко не каждую инфокоммуникационную систему можно адаптировать под рост или внезапный всплеск сетевых соединений, высокую нагрузку или элементарно разнести по разным центрам данных. Масштабируемость – это ключевое понятие высоконагруженной информационной системы.

С развитием новых услуг и новых приложений в сфере телекоммуникаций, постоянно растет спрос на широкополосные сети доступа. В недавнем прошлом сети доступа в основном были основаны на медно-проводной инфраструктуре, такие как медная витая пара и коаксиальный кабель. Однако уже сейчас технологии, основанные на медной инфраструктуре, не в состоянии обеспечить достаточную пропускную способность из-за высокого уровня потерь сигнала и низкой пропускной способности такой сети.

Оптические сети доступа являются перспективным решением проблем предоставления широкополосного доступа данных к абонентам, т.к. оптические волокна широкополосны и позволяют передавать информацию на большие расстояния с более высокой скоростью передачи данных, чем в электронных средствах связи.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из путей реализации широкополосных сетей доступа являются технология PON (Passive Optical Network) – технология пассивных оптических сетей. Распределительная сеть доступа основана на волоконно-кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах и обеспечивает возможность высокоскоростной передачи различных

приложений (голос, данные, видео). При этом архитектура PON обладает необходимой эффективностью наращивания и узлов сети, и пропускной способности, в зависимости от настоящих и будущих потребностей абонентов [3, 4].

Основная идея архитектуры PON – использование всего одного приемопередающего модуля OLT (Optical Line Terminal) для передачи информации множеству абонентских устройств ONT (Optical Network Terminal) и приема информации от них. К одному порту OLT можно присоединять целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий множество абонентов. При этом в интервале между узлами дерева устанавливаются компактные пассивные оптические разветвители (сплиттеры), не требующие никакого питания и обслуживания (рисунок 1).



Рисунок 1 – Условная архитектура PON

Технология GPON (Gigabit Passive Optical Network) – технология гигабитных пассивных оптических сетей – является наиболее перспективной технологией семейства пассивных оптических сетей. Пассивные они называются потому, что на участке от АТС до абонента не используется никакого активного оборудования. За счет этого достигается высокая пропускная способность канала (со скоростью передачи данных – 2 Гигабит/секунду для прямого потока и 1 Гигабит/секунду для обратного потока) и, как следствие, возможность подключить несколько услуг по одной линии – телефон, телевидение и Интернет. Протяжённость оптоволоконного кабеля на сегодняшний день может достигать 20 километров [5].

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. Однако достигнутая протяженность действия GPON-сетей (20 километров) уже не

удовлетворяет современные потребности. Корпоративные информационные системы связывают и управляют объектами, находящимися друг от друга на сотни километров. Поэтому современное состояние вопроса требует решения в плане расширения области действия информационных систем.

Из-за бюджетных потерь в сети в 28 дБ, архитектура технологии GPON имеет ограниченную физическую длину в 20 км. Из-за этого ограничения трудно обслужить абонентов, расположенных далеко от центрального узла связи. Но бюджет мощность сети может быть увеличен путем добавления в сеть оптических усилителей. В таком случае, логическая длина сети GPON может достигать 60 км и более. Рисунок 2 иллюстрирует расширенную зону досягаемости гибридной GPON сети с логической длиной выше, чем 60 км с использованием встроенного оптического усилителя [6].

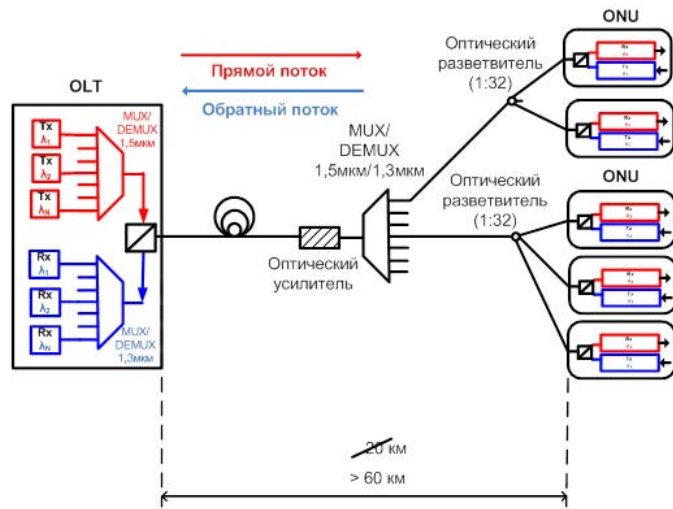


Рисунок 2 – Гибридная GPON с расширенной зоной досягаемости

Оптический усилитель – это устройство, которое усиливает оптический сигнал напрямую, без необходимости преобразования света в электрический сигнал. Существуют различные типы оптических усилителей [7]:

- оптические усилители с резонатором Фабри-Перо (применяются для усиления одного канала одной длины волны, обеспечивают высокий коэффициент усиления в очень узком, но широко перестраиваемом спектральном диапазоне);
- использующие бриллюэновское рассеяние (применяются для усиления одного канала);

- оптические усилители, использующие рамановское рассеяние (применяются для усиления нескольких каналов одновременно);
- полупроводниковые оптические усилители (используются для усиления большого числа каналов в широкой области длин волн одновременно).

Из всех перечисленных полупроводниковые оптические усилители (ППОУ) являются самой оптимальной и недорогой альтернативой для усиления и обработки оптических сигналов. Особый интерес представляют ППОУ на квантовых ямах (ППОУ-КЯ), ППОУ на квантовых нитях (ППОУ-КН), ППОУ на квантовых точках (ППОУ-КТ) [8–10].

Столь широкий интерес к использованию полупроводниковых оптических усилителей в первую очередь связан с их компактностью и эффективностью – по этим параметрам полупроводниковые оптические усилители имеют огромные преимущества по сравнению с другими типами оптических усилителей. Исследования полупроводниковых оптических усилителей и новые разработки, связанные с применением наноразмерных объектов – квантовых ям и квантовых точек, обеспечили их применение во многих областях науки и техники.

На рисунке 3 изображена схема испытательного стенда Гигабитной Пассивной Оптической Сети (GPON) для исследования полупроводниковых оптических усилителей.

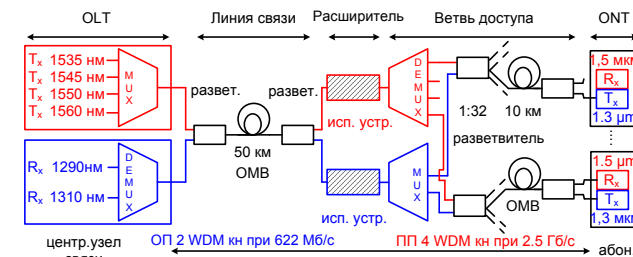


Рисунок 3 – Испытательный стенд GPON сети

Стенд имитирует поведение GPON-сети с заданными потерями в линиях связи и потерями в ветвях доступа. Установка состоит из центрального узла с приемопередающим модулем OLT, 60-километрового оптического волокна (SMF-28), расширительной коробки для усилителей с испытываемым устройством (в роли которого выступают различные виды оптических усилителей), устройства мультиплексора/демультиплексора, пассивного оптического разветвителя (1:32) и абонентского узла ONT.

OLT в центральном узле оборудован четырьмя каналами передачи (1535 нм, 1545 нм, 1550 нм, 1560 нм) для прямого потока со скоростью данных

в 2,5 Гбит/с, и двумя приемниками (1290 нм и 1310 нм). Четыре абонентских узлов ONT расположены на дистанции 10 км от расширительной коробки. Абонентские узлы ONT содержат четыре приемника, но из-за недостатка оборудования только два из четырех ONT оборудованы передатчиками, которые генерируют поток для обратной связи со скоростью в 622 Мбит/с. Выпускаемая мощность передатчиков OLT и ONU составляет +5 дБм. Трафик в настоящем эксперименте являлся непрерывным. Проблема поляризации света были учтены с помощью поляризационных контроллеров, настроенных на максимальную выходную мощность.

На этой установке были экспериментально изучены свойства и возможности GPON-сети с расширенной зоной досягаемости в 60 км с четырьмя каналами прямого потока и двумя каналами обратного потока, где каждый канал обслуживает 32 абонента, а также изучены линейные и нелинейные эффекты полупроводниковых оптических усилителей. В качестве линейного эффекта рассмотрен механизм усиления сигналов в гигабитной пассивной оптической сети, с расширением длины сети от 20 км до 60 км и сравнение полупроводниковых усилителей с другими технологиями оптических усилителей.

Уже на первых стадиях экспериментального исследования выявлены потенциальные возможности усилителей ППОУ, позволяющих одновременное усиление четырех модулированных световых сигналов со скоростью 2,5 Гигабит/секунду для усилителей с рабочей длиной волны в 1550 нанометров и усиление двух модулированных световых сигналов со скоростью 622 Мегабит/секунду для усилителей с рабочей длиной 1300 нанометров.

Такие усилители как EDFA (оптический усилитель на оптическом волокне, легированном ионами эрбия), объемные ППОУ и ППОУ-КТ исследованы для прямого потока, а ППОУ-КЯ и ППОУ-КТ были исследованы для обратного потока. Анализ экспериментальных данных позволил сделать следующие выводы:

- усилитель EDFA является отличным выбором как встроенный усилитель для прямого потока, т.к. имеет высокий коэффициент усиления, незначительные перекрестные помехи и устойчивость к высоким уровням входных мощностей (отсутствие интерференционных эффектов).
- ППОУ показывают высокий уровень производительности за счет умеренного коэффициента усиления, широкого ДДВМ (динамический диапазон для входных мощностей) и высокой квантовой эффективности.
- для обратного потока ППОУ-КТ показывает хорошую производительность за счет того, что ППОУ усиливает сигнал при высоких входных мощностях с высоким качеством сигнала, что позволяет иметь

широкий ДДВМ. Также ППОУ-КТ поддерживает скорость передачи данных выше 40 Гбит/с, что делает ППОУ-КТ лучше по сравнению с ППОУ-КЯ.

С помощью квантовых ям и квантовых точек одновременно усилены четыре модулированных световых сигналов на различных длинах волн в инфракрасном диапазоне шириной $\Delta\lambda \sim 25$ нм в окрестности 1550 нм и два модулированных световых сигналов в инфракрасном диапазоне шириной $\Delta\lambda \sim 20$ нм в окрестности 1300 нм с синхронной передачей в противоположном направлении по одному одномодовому оптоволоконному кабелю длиной в 60 км, без выявления искаженности передаваемых сигналов.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что применение технологии GPON позволяет кардинально расширить масштабы действия современных инфокоммуникационных систем (от 20 до 60 километров). Кроме этого, в данной работе были получены следующие результаты:

- 1 Получены линейные характеристики оптических усилителей, основанных на квантовых ямах и точках.
- 2 Разработана оптическая схема поляризационного разнесения для контроля поляризации световых волн, подаваемых на полупроводниковые оптические усилители.
- 3 Получены нелинейные оптические характеристики полупроводниковых усилителей, в том числе усилителей на квантовых ямах и квантовых точках.
- 4 Выявлены пути возможного применения нелинейных эффектов четырехволнового смешения в полупроводниковых оптических усилителях со структурой на основе квантовых пунктов.
- 5 Испытуемые полупроводниковые оптические усилители были сравнены по таким параметрам как эффективность преобразования и соотношение сигнал/шум. В результате этого было определено что, ППОУ на основе квантовых пунктов имеет самую лучшую производительность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Когаловский, М. Р.** Перспективные технологии информационных систем. – М. : ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. – 288 с.
- 2 **Избачков, Ю. С., Петров, В. Н.** Информационные системы. – СПб. : Питер, 2011. – 544 с.
- 3 **Багров, И. Б.** Оптический доступ на базе технологии пассивных оптических сетей PON. – Новосибирск : СибГУТИ, 2010. – 128 с.
- 4 **Скляр, О. К.** Волоконно-оптические сети и системы связи : Учебное пособие. 2 е изд., стер. – СПб. : Лань, 2010. – 272 с.

5 **Фокин, В. Г.** Проектирование оптической сети доступа. – Новосибирск : СибГУТИ, 2012. – 319 с.

6 **Cedric F. Lam.** Passive Optical Networks. Principles and practice. – Amsterdam : Elsevier, 2012. – P. 127.

7 **David Cleary** Fundamentals of Passive Optical Network (PON) / FTTH Council © 2016. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ftthcouncil.org>.

8 **Гапоненко, С. В., Розанов, Н. Н., Бонч-Буревич, А. М.** Оптика наноструктур / Под ред. Федорова А. В. – СПб. : Недра, 2009. – 326 с.

9 **Bhattacharya, P., Vimberg, D., Arakawa, Y.** Special Issue on Optoelectronic Devices Based on Quantum Dots // IEEE – Sep. 2007. – Vol. 95, No. 9. – P. 1718–1722.

10 **Vallaitis, T., Koos, C., Bonk, R., Freude, W., Laemmlin, M., Meuer, C., Vimberg, D.** Slow and fast dynamics of gain and phase in a quantum dot semiconductor optical amplifier // Opt. Express – Jan. 2008. – Vol. 16. – No. 1. – P. 170–178.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

A. T. Toxmetov¹, A. Zh. Tusupov², L. A. Tanchenko³

GPON технологиясының көмегімен инфокоммуникациялық жүйелерді масштабтау

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

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

A. T. Toxmetov¹, A. D. Tusupov², L. A. Tanchenko³

Scaling of information and communication systems through GPON technology

^{1,2,3}Faculty of Information Technologies,

L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Astana, 010008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Мақалада GPON (гигабитті пассивті оптикалық желілер) технологиясының көмегімен инфокоммуникациялық жүйелерді ұлғайту және масштабтау мәселелері қарастырылады. GPON технологиясын қолдануы инфокоммуникациялық жүйелердің әрекет ету қашықтығын 20 километрден 60 километрге дейін кеңейтуге мүмкіндік беретіні эксперименталды дәлелденген.

Инфокоммуникациялық жүйелердің әрекет ету қашықтығын арттыру үшін қолданылатын жартылай өткізгіш оптикалық күшейткіштердің сызықтық және сызықты емес әсерлері эксперименталды зерттелген. Желілік әсер ретінде желінің ұзындығы 60 километрге дейін кеңейте отырып, гигабитті пассивті оптикалық желіде сигналдарды күшейту механизмі және жартылай өткізгіш күшейткіштерді оптикалық күшейткіштердің басқа технологияларымен салыстыру қарастырылған. Жартылай өткізгіштік оптикалық күшейткіштерге берілетін жарық толқындарының поляризациялық таралуының оптикалық сұлбасы әзірленді. Бұдан басқа, толқынның жұмыс ұзындығы 1550 нанометрде күшейткіштер үшін 2,5 Гигабит/секунд жылдамдықпен төрт модульденген жарық сигналын бір мезгілде күшейтуге және толқынның жұмыс ұзындығы 1300 нанометрде күшейткіштер үшін 622 Мегабит/секунд жылдамдықпен екі модульденген жарық сигналын күшейтуге мүмкіндік беретін жартылай өткізгіш оптикалық күшейткіштерді қолдану мүмкіндіктері көрсетілген.

The article deals with the issues of increasing and scaling infocommunication systems using GPON technology (Gigabit passive optical networks). It is experimentally proved that the use of GPON technologies allows to extend the range of infocommunication systems from 20 kilometers to 60 kilometers. Linear and nonlinear effects of semiconductor optical amplifiers used to increase the range of infocommunication systems are studied experimentally. As a linear effect, the mechanism of signal amplification in a Gigabit passive optical network with an extension of the network length up to 60 kilometers and comparison of semiconductor amplifiers with other optical amplifier technologies are considered. An optical scheme of polarization separation of light waves fed to semiconductor optical amplifiers is developed. In addition, the possibilities of using semiconductor optical amplifiers that allow simultaneous amplification of four modulated light signals at a speed of 2.5 Gigabits/second for amplifiers with an operating wavelength of 1550 nanometers and amplification of two modulated light signals at a speed of 622 Megabits/second for amplifiers with an operating wavelength of 1300 nanometers are shown.

R. K. Uskenbayeva¹, A. B. Altayeva²

¹Doctor of Technical Sciences, Professor, International University of Information Technology, Almaty, 050040, Republic of Kazakhstan;

²PhD student, International University of Information Technology, Almaty, 050040, Republic of Kazakhstan

e-mail: ¹uskenbaev@gmail.com; ²aikosha1703@gmail.com

MATHEMATICAL MODEL OF MULTI-ZONED POWER AND COMFORT MANAGEMENT IN RESIDENTIAL BUILDINGS

The features provide the required comfort in multizone buildings by using the power management multiagent system. This management system covers all controlled areas of the building and, if necessary, ensures the highest possible overall comfort in a building with a decrease in available electric power. The aim of this work is to develop a multispectral building comfort control system.

Keywords: MAC, HVAC System, Energy, Indoor Microclimate, Thermal Process.

INTRODUCTION

The problem of energy savings began to appear projects of buildings for which the main source of electricity is renewable energy, the so-called building a zero energy balance. A constant level of comfort or permanent production is one of the most important in the world today. To solve this problem, the components used for energy from renewable sources (solar panels, wind generators). Constructions of buildings leads to a decrease in costs of electricity and further reduce 1) the loads on the power grid, and 2) emergency situations. However, renewable energy sources are not stable and low-cost solutions. In this connection, it uses the concept of hybrid energy systems (HRES-systems), including traditional sources of electricity (grid) and renewable energy sources [1]. The problem of energy efficiency and comfort in buildings can be solved by the control systems. However, currently, there is no well-established approaches and recommendations for the development of energy management systems and comfort in buildings. The existence of such control systems is especially important for buildings that are powered by self-contained renewable electricity (RES) or from sources with limited power.

Part of the above problem can be solved by dividing the building into zones, and climate control in the zones [1–3]. Each room can be a separate zone; it is also possible to combine several rooms in the same zone if they have similar conditions. Sometimes one room can be divided into several zones, if the environmental conditions they are not the same and should be set independently. Comfort in a building or areas generally defined by the combination of temperature, illumination, CO₂ concentration [2]. In some cases, consider when evaluating the humidity comfort, air velocity and some other parameters. Sometimes using the projected average rating for Fagneru [3] instead of the air temperature, this shows the predicted human sensitivity to thermal conditions. This estimate depends on the parameters of the environment (air temperature, mean radiant heat, speed and air humidity), physical activity and clothing. However, despite the serious efforts of scientists and engineers, has not yet formed a unified approach to the design, implementation and analysis of optimal building control systems.

MAIN PART

The necessary conditions for the implementation of an artificial agent certain behaviors serve special devices directly perceive the external environment (receptors) and executive bodies, impact on the environment (effectors), and the processor – a block of information processing and memory. Under memory here refers to the ability of the agent to store information about their condition and state of the environment. In theory, MAC is believed that one agent has only a partial view of the global problem, which means that it can only solve some of the common tasks. In this regard, to address the complex problem it is necessary to create a set of agents and to organize the effective interaction between them, which will build a single multi-agent system. In multi-agent systems, the whole range of tasks according to certain rules is distributed among all agents, each of which is considered to be a member of an organization or group. The distribution of tasks is assigning each agent of a role, the complexity of which is determined on the basis of possible agents.

Agent platform (hereinafter AP) provides basic mechanisms for the work of the MAC, and thus facilitates the construction of agent-based systems. MAC works «over the» agent platform and uses its services. Basic functions AP; implementation of cooperation agents; transmission of messages between agents within the platform (at different levels: at the level of network packets, any posts; the language of communication, communication protocols); transmission of messages between agents on different platforms; support of ontology; control agents; search agents, and data about them within the system; Lifecycle Management Agents; Security [4]. Receptor agents, thus, will be grid sensors, memory – database effectors – visualization tools and equipment, a processor – a

group of data processing centers (DPC). To operate this system requires a grid pattern, and each agent. The minimum set of agents: prediction agent (prototype can serve as a predictive model based on artificial neural network); agent optimization of generation; operation of the power system agent; logistics agent; energy market agent [4]. Thus, the goal of the MAC will optimize the functioning of the power system, and each agent will implement its objectives: the problem of forecasting the agent – to carry out forecasts of energy consumption and energy losses in the short and long term; optimize generation agent – choose the optimum set of loading and generating stations; operating agent – wage modes of the power system, plan maintenance, repair and replacement of equipment; logistics agent – to optimize the transmission and distribution of energy; energy-agent market – to participate in the formation of tariffs for energy; keep track of transactions on the market to adjust in relation to forecasts them. The main function of the modeling system is the calculation of consumption and production of electricity. The inputs to the system are the historical data on energy consumption, parameters of energy systems (solar panels power the battery volume) [5]. The proposed control system is focused on work with certain areas of the building and sources of electric power. It consists of intelligent agents (local, regional and central), power sources (mains power supply, renewable energy sources). The architecture of the multi-energy management systems and the comfort is shown in Figure 1.

The central agent is one of the key elements in the control system. It interacts with all of agents on the basis of external data (weather) and the preferences of the user of the thermal, visual comfort and air quality, as well as on the basis of the electrical loads of the building data. In addition, the central agent receives information from the supply of affordable and renewable electrical power.

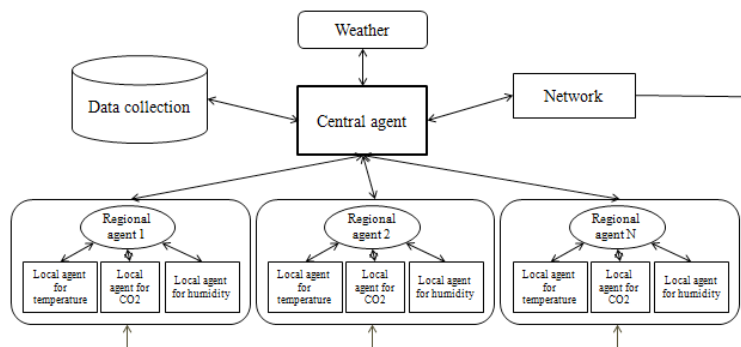


Figure 1 – Architecture of the multi-energy management systems and the comfort in the building

On the basis of this information the central agent manages regional agents to distribute the available power in the region of the building in which comfort is assured. Regional agents turn control the operation of local agents. Consider the evaluation of the comfort in buildings and areas on the basis of its comfort index (Comfort Index, CI) [3] and overall comfort (Overall Comfort, OC) [4]. These figures may vary between 0 and 1, and record information about the temperature, light level and CO₂ concentrations in the zones of the building. CI comfort index characterizes the internal environment of certain areas of the building, and is determined by the method of merging information on the state of comfort by using the weighted average orderly aggregates comfort. Mathematically, the comfort index can be written as:

$$CI = OWA(\mu_T, \mu_L, \mu_A) = \sum_{j=1}^3 \omega_j b_j \quad (1)$$

Where OWA – ordered weighted average, μ_T, μ_L, μ_A – aggregates the temperature comfort, lighting and air quality, respectively; ω_j – weights corresponding indices of comfort, $\omega_j \in [0,1]$, j – elements of the vector b , which is ordered in descending order of vector $[\mu_T, \mu_L, \mu_A]$.

The elements of the vector μ is calculated as the difference between the absolute value of the comfort and the error between the actual measured value and the set:

$$\mu_N = 1 - \left| \frac{N - N_{set}}{N_{set}} \right|, N = T, L, A \quad (2)$$

where T, L, A – actually measured values of parameters of comfort (temperature, lighting, and air quality, respectively).

Total comfort characterizes the level of comfort for multi-zone buildings. To minimize power consumption, it is possible to set priority for each of comfort zone, i.e. determine the weight ratio of the comfort zone in the total comfort of the building. Mathematically, the overall comfort can be represented as:

$$OC = \sum_{i=1}^n \omega_i CI_i \quad (3)$$

where n – the number of areas in the building; ω_i – weighting coefficient for i -th zone, $\omega_i \in [0,1]$ and $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$, CI_i – comfort index in the i -th zone, which provides zonal agents. Equations (1) – (3) can be considered as a model of comfort in a building. If you use a power supply with an output insufficient to cover all the needs of the building, the general comfort in the building is less than 1. In this case,

the central agent must solve the optimization problem – known for the required power, weights and areas available power capacity values are determined for each zone, at which the maximum possible value is the overall comfort. In this case, the optimization is carried out by a swarm of particles [6]. Particle swarm optimization based on the use of «intelligence group of bees», which together could find purpose in a specific search space. Optimizing this method is to change the position and velocity of a particle in the direction of the minimum of the objective function:

$$\mu_N = 1 - \left| \frac{N - N_{set}}{N_{set}} \right|, N = T, L, A \quad (4)$$

$$\mu_N = 1 - \left| \frac{N - N_{set}}{N_{set}} \right|, N = T, L, A \quad (5)$$

where l^{k+1}, l^k – the position of the particle at the iterations $k+1$ and k , respectively; v^{k+1}, v^k – particle velocity at iterations $k + 1$ and k , respectively; α – coefficient of iteration, c_1, c_2 – coefficients which take into account personal best and global best, respectively; $rand1, rand2$ - random numbers in the range from 0 to 1; $pbest^k, gbest^k$ – personal and global best position of particle at iteration k .

Update positions and velocities of the particles will occur as long as the solution and the iterative search is complete (Figure 2) will be found.

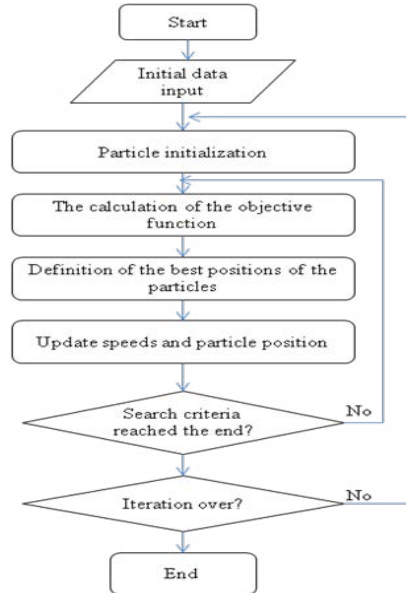


Figure 2 – Block diagram of the algorithm of particle swarm optimization

The work of the proposed control system (Figure 2) and particle swarm optimization, consider the example of the four zonal building. For each zone are known (area, height, weight or priority). The ventilation system provides the three-zone in each ventilation. Air enters with a temperature $T_{out} = 10$ °C in the ventilation system. The air-supply air ducts each zone have electric heaters that maintain the temperature in each zone at $T_{in} = 22$ °C. We neglect the thermal losses in the areas of heat gain and not related to electric heaters.

General comfort in this building may be determined by (6) as:

$$\Delta e = \frac{e(t_1) - e(t_2)}{t_1 - t_2} \quad (6)$$

P_i electrical energy costs for heating the air in the i -th area of the building can be determined by the formula:

$$\Delta e = \frac{e(t_1) - e(t_2)}{t_1 - t_2} \quad (7)$$

where G – mass air flow, η – efficiency electric heater; C_a – specific heat of air. By reducing the available electrical power for the building will be reduced comfort indexes (1) in the zones and will decrease the overall comfort (10). In this case it is necessary to optimize the distribution of power in the zones of the building. When optimizing capacity as vector particles was selected to be distributed in the building area. This vector limitations imposed:

$$\Delta e = \frac{e(t_1) - e(t_2)}{t_1 - t_2} \quad (8)$$

The minimization function has the form:

$$\Delta e = \frac{e(t_1) - e(t_2)}{t_1 - t_2} \quad (9)$$

When optimizing consider only the electric power required for heating the air. Compare the power distribution of the zones, the temperature in the zones, and general comfort in a building without optimization and optimization (Table – 1)

Table 1 – Electric power distribution zones of the building with a decrease in available power

		$P_{\Sigma}/P_{\Sigma i}$	1.0	0.9	0.8	0.7	
Distribution of power and general comfort in the zones of the building	Without optimization	Zone 1 $\omega_1 = 0,4$	P_1/P_{1N}	1	0.9	0.8	0.7
			$T_1, ^\circ C$	22	20.8	19.6	18.4
		Zone 2 $\omega_1 = 0,3$	P_2/P_{2N}	1	0.9	0.8	0.7
			$T_2, ^\circ C$	22	20.8	19.6	18.4
		Zone 3 $\omega_1 = 0,2$	P_3/P_{3N}	1	0.9	0.8	0.7
			$T_3, ^\circ C$	22	20.8	19.6	18.4
		Zone 4 $\omega_1 = 0,1$	P_4/P_{4N}	1	0.9	0.8	0.7
			$T_4, ^\circ C$	22	20.8	19.6	18.4
	Overall comfort			1	0.9455	0.8909	0.8364
	With particle swarm optimization	Zone 1 $\omega_1 = 0,4$	P_1/P_{1N}	1	1	1	1
			$T_1, ^\circ C$	22	22	22	22
		Zone 2 $\omega_1 = 0,3$	P_2/P_{2N}	1	1	1	1
			$T_2, ^\circ C$	22	22	22	22
		Zone 3 $\omega_1 = 0,2$	P_3/P_{3N}	1	1	0.96	0.593
$T_3, ^\circ C$			22	22	21.52	17.12	
Zone 4 $\omega_1 = 0,1$		P_4/P_{4N}	1	0.725	0.48	0.48	
		$T_4, ^\circ C$	22	18.7	15.76	15.76	
Overall comfort			1	0.985	0.9673	0.9273	

The following notation is used in Table 1: $P_{\Sigma}/P_{\Sigma i}$: total electric power supplied to the building in shares of a nominal total power required for the building; P_i/P_{in} – electric power supplied to the i-th area in the rated power shares required for the i-th zone. T_i – the temperature in the i-th area of the building [7]. As can be seen from Table 1, the available power limits in terms of criteria ensuring comfort in areas with a higher priority (zone 1 and zone 2) without using the proposed control system cannot be ensured. The use of energy management systems and comfort allows you to maintain the required temperature values (and general comfort) even with a decrease in the value of available power to 0.7 P_{Σ} .

CONCLUSION

Power management system and comfort should cover all areas of the building and allow to optimize the distribution of electric energy in case of reduction of the available electric power. Every area of the building must be set a weighting

(priority) that is accounted for in the optimization of energy consumption. In the comfort of the management model is needed comfort, which will reflect the most required conditions and user preferences. Optimization of distribution of electric energy in the zones of the building can be performed by a cluster of particles. When optimizing model is needed in the conversion of electrical energy required comfort conditions.

Maintaining maximum comfort in the building is possible with temperature control, humidity, lighting and CO₂ levels. These parameters are managed by individual areas of the building. Comfort in each zone has its own weight in total comfort. Comfort control system shall cover all areas of the building and allow to optimize the distribution of electric energy in case of reduction of the available electric power.

REFERENCES

- 1 Klein, L., Kwak, J. Y, Jazizadeh, F., Kavulya, G., Becerik-Gerber, B., Varakantham, P., Tambe, M. Coordinating occupant behavior for building energy and comfort management using multi-agent systems // Automation in Construction. 2012. – 2. – P. 525–536.
- 2 Yang, R., Lingfeng, W. Multi-zone building energy management using intelligent control and optimization // Sustainable Cities and Society: – 2013. Vol. 6. – P. 16–21.
- 3 Mossolly, M., Ghali, K., Ghaddar, K. Optimal control strategy for a multi-zone air conditioning system using a genetic algorithm // Energy. – 2009. – 34. – P. 58–66.
- 4 Wang, Z., Wang, L., Yang, R., Dounis, A. Multi-agent control system with information fusion based comfort model for smart buildings // Applied Energy. 2012. – Vol. 99. – P. 247–254.
- 5 Yang, R., Wang, L. Development of multi-agent system for building energy and comfort management based on occupant behaviors // Energy and Buildings. 2013. – 56. – P. 1–7.
- 6 Moderate Thermal Environment-Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort, (ISO7730) // International Organization for Standardization, 1994.
- 7 Yang, R., Wang, L. Optimal Control Strategy for HVAC System in Building Energy Management // Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D). – 2012. – P. 1–8.

Р. Қ. Ускенбаева¹, А. Б. Алтаева²

Тұрғын үй ғимараттарындағы электр қуатын және жайлылықты мульти-аймақтық бақылаудың математикалық моделі

^{1,2}Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті,
Алматы қ., 050040, Қазақстан Республикасы.
Материал 06.02.19 баспаға түсті.

Р. К. Ускенбаева¹, А. Б. Алтаева²

Математическая модель мульти-регионального управления мощностью и комфортом в жилых зданиях

^{1,2}Международный университет информационных технологий,
г. Алматы, 050040, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 06.02.19.

Мультиагенттік технологиялар мультизоналық ғимараттарда электр қуатын басқару және жайлылық деңгейін бірқалыпты ұстап тұруда қолданылады. Бұл басқару жүйесі ғимараттың барлық бақыланатын аумақтарын қамтиды және қажет болған жағдайда, қол жетімді электр қуатын азайтумен ғимаратта барынша қолайлылықты қамтамасыз етеді. Бұл жұмыстың мақсаты мультизоналық ғимараттың жайлылығын бақылау жүйесін дамыту болып табылады.

Многоагентная технология используется для поддержания уровня управления питанием и комфорта в многоэтажных зданиях. Эта система управления включает в себя все контролируемые участки здания и, при необходимости, обеспечивает максимальное удобство в здании с уменьшенной мощности энергий. Целью этой работы является разработка многофункциональной системы управления комфортом.

А. А. Досжанова¹, А. А. Корченко², Н. К. Жумангалиева³

¹доцент, PhD, академик МАИН, IT-инжиниринг, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;
²к.т.н., доцент, кафедра «Безопасности информационных технологий», Национальный авиационный университет, Киев, 03058, Украина;
³Phd докторант, Институт информационных и телекоммуникационных технологии, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, Алматы, 050000, Республика Казахстан
e-mail: ¹d_alia.81@mail.ru; ²annakor@ukr.net; ³nazym_k.81@mail.ru

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ЭТАЛОНОВ ДЛЯ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ

Вследствие интенсивного развития цифрового бизнеса, вредоносное программное обеспечение и другие киберугрозы становятся все более распространенными. Для повышения уровня безопасности необходимы соответствующие специальные средства противодействия, которые способны оставаться эффективными при появлении новых видов угроз и позволяющие в нечетких условиях выявить кибератаки, ориентированные на множество ресурсов информационных систем [3].

Ключевые слова: атаки, кибератаки, аномалии, системы обнаружения вторжений, системы обнаружения аномалий, системы обнаружения атак.

ВВЕДЕНИЕ

Для построения подмножества лингвистических эталонов T_{ij}^e отображающих характерные суждения эксперта относительно аномальности состояния величины V_{ij} разработаем соответствующий метод, который позволяет формализовать процесс получения эталонов величин заданных групп лингвистических переменных для конкретной среды окружения. Метод формирования лингвистических эталонов (МФЛЭ) ориентирован на решение задач выявления вторжений в компьютерных системах, является дальнейшим развитием МЛТС и основывается на шести этапах [17].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ЭТАП 1 – формирование подмножеств идентификаторов лингвистических оценок. Построение подмножества LE_i осуществляется на основе множества всех возможных идентификаторов (ИД) лингвистических оценок (суждений) эксперта LE представляемых как

$$LE = \left\{ \bigcup_{l=1}^c LE_l \right\} = \{LE_1, LE_2, \dots, LE_c\}, (l = \overline{1, c}), \quad (1)$$

и которые отображают используемые экспертом суждения для характеристики состояния величин V_i (см. п. 1) при их наблюдении в m -мерной гетерогенной параметрической среде окружения, а c – количество таких ИД.

Например, при $c = 10$ согласно (2) множество LE можно представить в следующем виде: [4]

$$LE = \left\{ \bigcup_{l=1}^{10} LE_l \right\} = \{LE_1, LE_2, \dots, LE_{10}\} = \{LE_{VS}, LE_S, LE_A, LE_B, LE_{VB}, LE_V, \dots\} \quad (2)$$

$LE_{10} = LE_H = "H"$ соответственно являются ИД таких лингвистических оценок (суждений) эксперта как «VERY SMALL» (при $l=1$), «SMALL» (при $l=2$), «AVERAGE» (при $l=3$), «BIG» (при $l=4$), «VERY BIG» (при $l=5$), «YOUTH» (при $l=6$), «MEDIUM» (при $l=7$), «OLD» (при $l=8$), «LOW» (при $l=9$) и «HIGH» (при $l=10$). Далее сформируем подмножества ИД суждений эксперта

$$\left\{ \bigcup_{i=1}^n LE_i \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^n \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} LE_{ij} \right\} \right\} = \{ \{LE_{11}, LE_{12}, \dots, LE_{1m_1}\}, \{LE_{21}, LE_{22}, \dots, LE_{2m_2}\}, \dots \} \quad (3)$$

Таким образом, с учетом $LE_{ij} \subseteq LE_i$, относительно j -й величины эксперт может применить набор из r_j высказываний (лингвистических оценок), отображаемый подмножеством

$$LE_{ij} = \left\{ \bigcup_{k=1}^{r_j} LE_{ijk} \right\} = \{LE_{ij1}, LE_{ij2}, \dots, LE_{ijr_j}\}, \quad (4)$$

где LE_{ijk} ($k = \overline{1, r_j}$) – k -й идентификатор лингвистической оценки эксперта относительно состояния j -й величины при i -м вторжении в [7] определенной среде окружения, а r_j – количество идентификаторов в LE_{ij} . Далее выражение

$$(5) \text{ с учетом (6) принимает следующий вид: } \left\{ \bigcup_{i=1}^n LE_i \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^n \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} LE_{ij} \right\} \right\} = \left\{ \left\{ \bigcup_{k=1}^{r_j} LE_{ijk} \right\} \right\} = \{ \{LE_{111}, LE_{112}, \dots, LE_{11r_1}\}, \{LE_{121}, \dots\} \} \quad (5)$$

Например, при $n = 3$ (т.е. для вторжений с ИД $I_1 = I_{SN} = SN = SCANNING$, $I_2 = I_{DS} = DS = DOS$ и $I_3 = I_{SP} = SP = SPOOFING$), $m_1 = m_3 = 2$, $m_2 = 3$, $r_1 = 5$, $r_j = r_3 = 3$ выражение (34) можно определить как: $\left\{ \bigcup_{i=1}^3 LE_i \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^3 \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} LE_{ij} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^3 \left\{ \bigcup_{j=1}^{r_j} \left\{ \bigcup_{k=1}^{r_j} LE_{ijk} \right\} \right\} \right\} = \{ \{LE_{111}, LE_{112}, LE_{113}, LE_{114}, LE_{115}\} \}$ соответственно

являются ИД таких лингвистических оценок эксперта, которые отображают состояние величин $V_{11} = V_{SNNVC} = NVC$ и $V_{12} = V_{SNVCA} = VCA$ в 2-мерной параметрической подсреде, соответственно ИД лингвистических оценок эксперта, отображающих состояние величин $V_{21} = V_{DSNCC} = NCC$, $V_{22} = V_{DSSPR} = SPR$ и $V_{23} = V_{DSDBR} = DBR$ в 3-мерной параметрической подсреде; [3]

$LE_{311} = LE_{SPNCC1} = "VS"$, $LE_{312} = LE_{SPNCC2} = "S"$, $LE_{313} = LE_{SPNCC3} = "A"$, $LE_{314} = LE_{SPNCC4} = "B"$, $LE_{315} = LE_{SPNCC5} = "VB"$ и $LE_{321} = LE_{SPNPSA1} = "S"$, $LE_{322} = LE_{SPNPSA2} = "A"$, $LE_{323} = LE_{SPNPSA3} = "B"$ – соответственно являются ИД таких суждений эксперта, которые отображают состояние величин $V_{31} = V_{SPNCC} = NCC$ и $V_{32} = V_{SPNPSA} = NPSA$ в 2-мерной параметрической подсреде.

Следует отметить, что эксперт высказывает свои суждения о состоянии наблюдаемых им фактических значениях различных величин в определенной среде окружения, но при этом он может использовать одинаковые высказывания из множества LE , которые отображаются соответствующими лингвистическими идентификаторами. Например, ИД лингвистической оценки эксперта "VS" для величин

$$V_{11} = V_{SNNVC} = NVC (LE_{111} = LE_{SNNVC1} = "VS") \text{ и } V_{21} = V_{DSNCC} = NCC (LE_{211} = LE_{DSNCC1} = "VS") \quad (6)$$

являются всего лишь лингвистическими эквивалентами определенных значений этих величин и фактически характеризуют их определенные относительные состояния, отображаемые соответствующими оценками экспертов.

Этап 2 – формирование базовой матрицы частот. Для получения такой матрицы вводится множество идентификаторов интервалов N и подмножества таких идентификаторов N_i , которые отображаются как

$$\left\{ \bigcup_{i=1}^n N_i \right\} = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}, \quad (7)$$

где $N_i \subseteq N$, ($i = \overline{1, n}$) определим как $N_i = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} N_{ij} \right\} = \{N_{i1}, N_{i2}, \dots, N_{im_i}\}$, при этом N_{ij} ($j = \overline{1, m_i}$) – подмножество ИД интервалов, на области определения которых эксперт осуществляет лингвистическое оценивание относительно

значений величин V_{ij} (см. п. 2.1) в m -мерной гетерогенной параметрической среде окружения. С учетом (36) формулу (35) запишем в следующем виде:

$$\left\{ \bigcup_{i=1}^n N_i \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^n \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} N_{ij} \right\} \right\} \quad (8)$$

Далее, с учетом $N_{ij} \subseteq N_i$, относительно j -й величины эксперт для формирования границ своим оценкам может использовать набор из r_j интервалов, отображаемый подмножеством

$$N_{ij} = \left\{ \bigcup_{k=1}^{r_j} N_{ijk} \right\} = \{N_{ij1}, N_{ij2}, \dots, N_{ijr_j}\}, \quad (9)$$

где N_{ijk} ($k = \overline{1, r_j}$) – идентификатор k -го интервала, используемого для формирования на нем частот встречаемости оценок эксперта по текущему состоянию j -й величины относительно i -го вторжения в определенной среде окружения, а r_j – количество идентификаторов фиксированных интервалов, на которых осуществляется указанная оценка.

Тогда выражение (37) с учетом (38) принимает следующий вид:

$$\left\{ \bigcup_{i=1}^n N_i \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^n \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} N_{ij} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^n \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} \left\{ \bigcup_{k=1}^{r_j} N_{ijk} \right\} \right\} \right\} = \{ \{N_{111}, N_{112}, \dots, N_{11r_1}\}, \{N_{121}, \dots, N_{12r_2}\}, \dots, \{N_{m_1 1}, \dots, N_{m_1 r_{m_1}}\} \} \quad (10)$$

На основе элементов подмножеств LE_{ij} и N_{ij} формируется обобщенная таблица оценок (табл. 2.15), содержимое которой основывается на текущем фиксировании свидетельств (суждений, оценок) эксперта, где f_{ijsq} ($s, q = \overline{1, r_j}$) – элементы эмпирических данных, отображающие количество (частоту) одинаковых высказываний (использования лингвистической оценки из подмножества LE_{ij}) эксперта, характеризующих состояние j -й величины на интервале с идентификатором $N_{ijq} \stackrel{\text{def}}{=} [N_{ijq}^{\min}; N_{ijq}^{\max}]$ ($q = \overline{1, r_j}$), где N_{ijq}^{\min} и N_{ijq}^{\max} соответственно нижняя и верхняя граница q -го интервала.

Далее на основе обобщенной таблицы оценок по элементам подмножества LE_{ij} (см. табл. 2.15) формируется базовая матрица частот

$$F_{ij} = \|f_{ijsq}\| = \quad (11)$$

Например, если требуется сформировать матрицу F_{ij} ($s, q = \overline{1, r_j}$), которая будет основой для построения эталонов T_{ij}^c , при $n=3$ (т.е. для вторжений с ИД $I_1 = I_{SN} = SN = SCANNING$, $I_2 = I_{DS} = DS = DOS$ и $I_3 = I_{SP} = SP = SPOOFING$), $m_1 = m_3 = 2$, $m_2 = 3$, $r_1 = 5$, $r_2 = r_3 = 3$ выражение (39) можно определить как:

$$\left\{ \bigcup_{i=1}^3 N_i \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^3 \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} N_{ij} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^3 \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} \left\{ \bigcup_{k=1}^{r_j} N_{ijk} \right\} \right\} \right\} \quad (12)$$

Например, согласно (41) при $n=1$, ($i=3$ т.е. для вторжений с ИД $I_3 = I_{SP} = SP = SPOOFING$), $j=2$, $r_j=3$ для $\{N_{321}, N_{322}, N_{323}\}$ на основе обобщенной таблицы (см. табл. 2.15) построим текущую таблицу оценок (табл. 2.16) по элементам подмножества $LE_{ijk} = LE_{3,2,k} = LE_{SP,DOS,AL}$ ($r=3, k = \overline{1,3}$), где $LE_{321} = LE_{SPNPSA1} = "S"$, $N_{ij3} = N_{323} = N_{SPNPSA3} \stackrel{\text{def}}{=} [N_{SPNPSA3}^{\min}; N_{SPNPSA3}^{\max}] \Leftrightarrow [101; 1000]$.

Далее, при $s, q = \overline{1,3}$ согласно выражения (40) с использованием данных табл. 2.16 сформируем матрицу частот, т.е.

$$F_{32} = F_{SPNPSA} = \|f_{32sq}\| = \|f_{SPNPSAsq}\| = \quad (13)$$

Этап 3 – формирование производной матрицы частот. Для реализации этого этапа создается вектор сумм (VS_{ij}) по соответствующим столбцам матрицы частот (40), т.е. $VS_{ij} = \|vs_{ijq}\| = \|vs_{ij1}, vs_{ij2}, \dots, vs_{ijq}, \dots, vs_{ijr_j}\| =$

$$\left\| \sum_{s=1}^{r_j} f_{ijs1}, \sum_{s=1}^{r_j} f_{ijs2}, \dots, \sum_{s=1}^{r_j} f_{ijsq}, \dots, \sum_{s=1}^{r_j} f_{ijsr_j} \right\| = \left\| \sum_{q=1}^{r_j} \sum_{s=1}^{r_j} f_{ijsq} \right\|, (s, q = \overline{1, r_j}), \quad (14)$$

где f_{ijsq} – элементы матрицы F_{ij} . Далее из членов VS_{ij} определяем максимальное значение по формуле $vsm_{ij} = \bigvee_{q=1}^{r_j} vs_{ijq}$, которое используется для формирования производной матрицы частот

$$F'_{ij} = \|f'_{ijsq}\| = (vsm_{ij} / vs_{ijq}) \|f_{ijsq}\| \Leftrightarrow F'_{ij} = (vsm_{ij} / vs_{ijq}) F_{ij} = \quad (15)$$

Рассмотрим формирование F'_{ij} на конкретном примере. Для этого при $i=3, j=2$ создадим вектор сумм $VS_{ij} = VS_{32}$ по соответствующим столбцам матрицы частот с использованием выражения т.е.

Далее из $VS_{32} = VS_{SPNPSA}$ по формуле определяем максимальный элемент $vsm_{32} = \bigvee_{q=1}^3 vs_{32q} = vs_{321} \vee vs_{322} \vee vs_{323} = 4 \vee 7 \vee 5 = vsm_{SPNPSA} = 7$, а производную матрицу частот $F'_{32} = \|f'_{32sq}\| = (vsm_{32} / vs_{32q}) \|f_{32sq}\| = F'_{SPNPSA}$ получим согласно выражения.

Этап 4 – формирование нечетких термов. Построение подмножеств нечетких термов T_i осуществляется на основе множества всех возможных термов T , отображающих определенные состояния соответствующих величин из V_i в m_i -мерной параметрической подсреде, т.е. при этом T_{ij} ($j = \overline{1, m_i}$) является подмножеством нечетких термов относительно

значений величин V_{ij} с учетом (18) формулу (19) запишем в следующем виде [7]:

$$\{\bigcup_{i=1}^n T_i\} = \{\bigcup_{i=1}^n \{\bigcup_{j=1}^{m_i} T_{ij}\}\} = \{\{T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1m_1}\}, \{T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2m_2}\}, \dots, \{T_{n1}, T_{n2}, \dots, T_{nm_n}\}\} \quad (16)$$

Таким образом, с учетом $T_{ij} \subseteq T_i$ и (47), подмножество нечетких термов определим как: $T_{ij} = \{\bigcup_{s=1}^{r_j} \underline{T}_{ijs}\} = \{\underline{T}_{ij1}, \underline{T}_{ij2}, \dots, \underline{T}_{ijr_j}\}$, (17)

где \underline{T}_{ijs} ($s = \overline{1, r_j}$) – нечеткие термы, а r_j – количество членов в T_{ij} .

Далее выражение (47) с учетом (48) принимает следующий вид:

$$\{\bigcup_{i=1}^n T_i\} = \{\bigcup_{i=1}^n \{\bigcup_{j=1}^{m_i} T_{ij}\}\} = \{\bigcup_{i=1}^n \{\bigcup_{j=1}^{m_i} \{\bigcup_{s=1}^{r_j} \underline{T}_{ijs}\}\}\} = \{\{\{\underline{T}_{111}, \underline{T}_{112}, \dots, \underline{T}_{11r_1}\}, \{\underline{T}_{221}, \underline{T}_{222}, \dots, \underline{T}_{22r_2}\}, \dots, \{\underline{T}_{nn1}, \underline{T}_{nn2}, \dots, \underline{T}_{nnr_n}\}\}\} \quad (18)$$

Далее необходимо сформировать значения компонент \underline{T}_{ijs} , для чего воспользуемся следующими преобразованиями. По элементам матрицы F'_{ij} согласно выражения (50) строится вектор максимумов $FM_{ij} = \|fm_{ijq}\| = \|fm_{ij1}, fm_{ij2}, \dots, fm_{ijq}, \dots, fm_{ijr_j}\| = \left\| \bigcup_{q=1}^{r_j} \bigvee_{s=1}^{r_j} f'_{ijsq} \right\|, (s, q = \overline{1, r_j}). \quad (19)$

На основании FM_{ij} сформируем матрицу функций принадлежности

$$M_{ij} = \|\mu_{ijsq}\| = \quad (20)$$

каждый элемент которой вычисляется по выражению $\mu_{ijsq} = f'_{ijsq} / fm_{ijq}$ ($s, q = \overline{1, r_j}$). Используя (51), определим наборы нечетких термов (чисел) \underline{T}_{ijs} на основе выражения

$$\underline{T}_{ijs} = \{\bigcup_{q=1}^{r_j} \mu_{ijsq} / x_{ijsq}\} = \{\mu_{ijs1} / x_{ijs1}, \mu_{ijs2} / x_{ijs2}, \dots, \mu_{ijsr_j} / x_{ijsr_j}\} \quad (21)$$

где $x_{ijsq} = N_{ijq}^{max} / N_{ijr_j}^{max}$ ($q = \overline{1, r_j}$).

Отметим что, НЧ \underline{T}_{ijs} ($s = \overline{1, r_j}$) соответственно являются интерпретацией лингвистических высказываний экспертов LE_{ijk} ($k = \overline{1, r_j}$), отображаемых элементами подмножества $LE_{ij} \subseteq LE [1]$

Покажем процесс формирования T_{ij} на конкретном примере, при $n=3$ (т.е. для вторжений с ИД $I_1 = I_{SN} = SN, I_2 = I_{DS} = DS$ и $I_3 = I_{SP} = SP$), $m_1 = m_3 = 2, m_2 = 3, r_1 = 5, r_2 = r_3 = 3$ выражение (49) можно определить как:

$$\{\bigcup_{i=1}^3 T_i\} = \{\bigcup_{i=1}^3 \{\bigcup_{j=1}^{m_i} T_{ij}\}\} = \{\bigcup_{i=1}^3 \{\bigcup_{j=1}^{m_i} \{\bigcup_{s=1}^{r_j} \underline{T}_{ijs}\}\}\} \quad (22)$$

Согласно (27) при $i=3, j=2, r_j=3$ для $\{\underline{T}_{321}, \underline{T}_{322}, \underline{T}_{323}\}$ сформируем

$$\begin{aligned} T_{32} \subseteq T, \text{ т.е.: } T_{32} &= \{\bigcup_{s=1}^3 T_{32s}\} = \{\underline{T}_{321}, \underline{T}_{322}, \underline{T}_{323}\} = \{T_{SPNPSA1}, T_{SPNPSA2}, T_{SPNPSA3}\} \\ &= \{\underline{S}_{32}, \underline{A}_{32}, \underline{B}_{32}\}, (s = \overline{1,3}), \text{ где } \underline{T}_{321} = T_{SPNPSA1} = \underline{S}_{32}, \underline{T}_{322} = T_{SPNPSA2} = \underline{A}_{32} \\ &\text{ и } \underline{T}_{323} = T_{SPNPSA3} = \underline{B}_{32} \text{ соответственно являются НЧ } \underline{S}_{32}, \underline{A}_{32} \text{ и } \underline{B}_{32}, \\ &\text{ интерпретирующие высказывания эксперта, отображаемые посредством} \\ &LE_{SPNPSA1} = "S", LE_{SPNPSA2} = "A" \text{ и } LE_{SPNPSA3} = "B". \text{ Далее на основе выражения} \\ &\text{ построим вектор максимумов по соответствующим строкам } F'_{32} = F'_{SPNPSA} \\ &\text{ т.е. } FM_{SPNPSA} = \|fm_{SPNPSAs}\| = \|fm_{SPNPSA1}, fm_{SPNPSA2}, fm_{SPNPSA3}\| = \|5,3; 4; 4,2\|. \text{ На основании} \\ &FM_{SPNPSA} \text{ по выражению (51) сформируем матрицу функций принадлежности} \\ &M_{SPNPSA} \text{ получив таким образом: } M_{SPNPSA} = \|\mu_{SPNPSAsq}\| \text{ где } \mu_{SPNPSAsq} = f'_{SPNPSAsq} / \\ &fm_{SPNPSAs} (s, q = \overline{1,3}). \text{ На основе вычисленных по выражению (51) } \mu_{SPNPSAsq} \\ &\text{ и выражению } x_{SPNPSAsq} \text{ определим наборы нечетких термов } \underline{T}_{SPNPSA} \text{ по} \\ &\text{ формуле т.е. } \underline{T}_{32s} = \{\mu_{32s1} / x_{32s1}, \mu_{32s2} / x_{32s2}, \mu_{32s3} / x_{32s3}\} \text{ где согласно выражения} \\ &(53) x_{SPNPSAsq} = N_{SPNPSAq}^{max} / N_{SPNPSAr_j}^{max} (q = \overline{1,3}) \text{ или } \{\bigcup_{q=1}^3 x_{SPNPSAsq}\} = \{0,01; 0,1; 1\}. \end{aligned}$$

Таким образом, полученные члены подмножества T_{32} (числовая форма) соответственно являются отображением членов подмножества LE_{32} (34) (лингвистическая форма) и представляются в следующем виде: $\underline{T}_{321} = T_{SPNPSA1} = \underline{S}_{32} = \{1/0,01; 0,2/0,1; 0/1\}$.

Этап 5 – формирование эталонных НЧ. Для реализации этого этапа

воспользуемся подмножеством нечетких (лингвистических) эталонов T_{ij}^e (см. п. 2.1-2.2), каждое из которых отображает характерные суждения эксперта (см. этап 1) относительно аномальности состояния величины V_{ij} . Формирование нечетких эталонов основывается на преобразовании соответствующих НЧ (52) из подмножества $T_{ij} \subseteq T$ и реализуется посредством трех шагов. Шаг 1. Преобразование нечетких термов (52) таким образом, чтобы для всех \underline{T}_{ijs} было справедливо отношение порядка, т.е. $\forall x_{ijsq} : x_{ijsq} < x_{ijsq+1}$ ($q = \overline{1, r_j - 1}$). Шаг 2. В каждом \underline{T}_{ijs} осуществляется поглощение компонентом $0/x_{ijs}^{min}$ и $0/x_{ijs}^{max}$ соответственно ряда других компонентов согласно выражений $x_{ijs}^{min} = \bigvee_{q=1}^{M-1} x_{ijsq}$ и $x_{ijs}^{max} = \bigwedge_{q=M}^{r_j} x_{ijsq}$, где $U_1 \stackrel{def}{=} \forall x_{ijsq} < x_{ijsM} : \mu_{ijsq} = 0$,

$U_2 \stackrel{def}{=} \forall x_{ijsq} > x_{ijsM} : \mu_{ijsq} = 0$, а x_{ijsM} и M – соответственно мода \underline{T}_{ijs} и ее порядковый номер. Далее, с учетом этих преобразований и выражения (28), определим набор промежуточных термов в виде

$$\underline{T}_{ijs}^e = \{ \mu_{ijs\beta}^e / x_{ijs\beta}^e, \dots, \bigcup_{q=\beta+1}^{r_j-\gamma} \mu_{ijsq}^e / x_{ijsq}^e, \dots \} \quad (23)$$

где $\mu_{ijs\beta}^e / x_{ijs\beta}^e = 0 / x_{ijs\beta}^e = 0 / x_{ijs\beta}^{\min}$ и $\mu_{ijsr_j-\gamma+1}^e / x_{ijsr_j-\gamma+1}^e = 0 / x_{ijsr_j-\gamma+1}^e = 0 / x_{ijsr_j-\gamma+1}^{\max}$, а β и γ – количество поглощенных $0/x_{ijsq}^e$ соответственно слева и справа от $x_{ijs(M)}^e$. Таким образом, формируются подмножества эталонов [12].

$$\underline{T}_{ijs}^e = \{ \bigcup_{q=1}^{r_{js}} \mu_{ijsq}^e / x_{ijsq}^e \} = \{ \mu_{ijs1}^e / x_{ijs1}^e, \mu_{ijs2}^e / x_{ijs2}^e, \dots, \mu_{ijsr_{js}-1}^e / x_{ijsr_{js}-1}^e, \mu_{ijsr_{js}}^e / x_{ijsr_{js}}^e \}, \quad (24)$$

где $\mu_{ijs1}^e / x_{ijs1}^e = \mu_{ijs\beta}^e / x_{ijs\beta}^e$, $\mu_{ijs2}^e / x_{ijs2}^e = \mu_{ijs\beta+1}^e / x_{ijs\beta+1}^e, \dots, \mu_{ijsr_{js}-1}^e / x_{ijsr_{js}-1}^e = \mu_{ijsr_j-\gamma}^e / x_{ijsr_j-\gamma}^e$, $\mu_{ijsr_{js}}^e / x_{ijsr_{js}}^e = \mu_{ijsr_j-\gamma+1}^e / x_{ijsr_j-\gamma+1}^e$, r_{js} ($s = \overline{1, r_j}$) – количество компонент в \underline{T}_{ijs}^e .

Шаг 3. Если при реализации второго шага для выражения $\exists \underline{T}_{ijs}^e$:

$\{0/x_{ijs}^{\min}\} \in \emptyset$ или $\exists \underline{T}_{ijs}^e : \{0/x_{ijs}^{\max}\} \in \emptyset$ (т.е. $\mu_{ijs\beta}^e \neq 0$, $\mu_{ijsr_j-\gamma+1}^e \neq 0$), то для таких термов дальнейшее формирование подмножества \underline{T}_{ijs}^e осуществляется путем расширения \underline{T}_{ijs}^e посредством введения дополнительных $\mu_{ijs\beta-1}^e / x_{ijs\beta-1}^e$ и $\mu_{ijsr_j-\gamma+2}^e / x_{ijsr_j-\gamma+2}^e$ после чего компоненты НЧ заново индексируются, начиная с $q=1$. С учетом этого, наборы промежуточных термов будут иметь следующий вид $\mu_{ijsr_j-\gamma+1}^e / x_{ijsr_j-\gamma+1}^e, \mu_{ijsr_j-\gamma+2}^e / x_{ijsr_j-\gamma+2}^e$, [5] Таким образом,

компоненты подмножества эталонов \underline{T}_{ijs}^e в выражении будут определяться как $\mu_{ijs1}^e / x_{ijs1}^e = \mu_{ijs\beta-1}^e / x_{ijs\beta-1}^e$, Рассмотрим процесс формирования эталонных НЧ на конкретном примере, т.е. согласно выражения (13) в при $i=3, j=2, r_j=3$ для $\{ \underline{T}_{321}, \underline{T}_{322}, \underline{T}_{323} \}$ сформируем $\mathbf{T}_{32}^e \subseteq \mathbf{T}^e$ т.е. где члены подмножества $\mathbf{T}_{32}^e - \underline{S}_{32}^e, \underline{A}_{32}^e, \underline{B}_{32}^e$ являются эталонными НЧ.

Этап 6 – визуализация лингвистических эталонов. Реализация этого этапа основывается на построении геометрического образа всех эталонных НЧ (56) принадлежащих подмножеству \mathbf{T}_{ij}^e . Геометрическое место точек на плоскости определяется посредством ломаной соединяющей точки, отображающие компоненты НЧ \underline{T}_{ijs}^e в порядке возрастания их суппортов (носителей) x_{ijsq}^e . Визуализация одного типового эталонного терма (56) представлена в виде ломаной --- Например, для визуализации подмножества эталонов $\mathbf{T}_{32}^e = \mathbf{T}_{SP\text{NPS}}^e$ воспользуемся эталонными НЧ сформированными на этапе $\underline{S}_{32}^e = \{0/0,01; 1/0,01; 0,2/0,1; 0/1\}$, $\underline{A}_{32}^e = \{0/0,01; 0,5/0,01; 1/0,1; 0,7/1; 0/1\}$, $\underline{B}_{32}^e = \{0/0,01; 0,5/0,1; 1/1; 0/1\}$. На их основе посредством соединения точек, отображаемых соответствующими компонентами эталонных НЧ

$\underline{S}_{32}^e, \underline{A}_{32}^e, \underline{B}_{32}^e$ строится пять ломаных --- , --- , --- , --- , --- , которые графически интерпретируются [10].

ВЫВОДЫ

Предложенный в работе МФЛЭ для систем обнаружения вторжений, который за счет использования множеств идентификаторов лингвистических оценок и идентификаторов интервалов, базовой и производной матрицы частот отображения суждений экспертов характеризующих относительно вторжений текущие состояния величин, а также процессов формирования на заданных интервалах частот встречаемости экспертных оценок и подмножеств нечетких термов, позволяет формализовать процедуру получения эталонных значений величины заданных групп лингвистических переменных, характеризующих в различных условиях аномальности конкретную гетерогенную параметрическую среду окружения. Предложенный МФЛЭ является частью модели базовых величин и модели эталонных величин, а также теоретическим фундаментом для построения систем обнаружения вторжений на нечеткой логике [7].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Karpinski, M., Korchenko, A., Akhmetova, S.** The method of development of basic detection rules for intrusion detection systems // Zahist informacii. 2015, – Vol. 17. – № 4, – P. 312–324 (in Russian).
- 2 **Shanmugavadivu, R., Nagarajan, N.** Network Intrusion Detection System Using Fuzzy Logic // Indian Journal of Computer Science and Engineering (IJCSSE). – 2011. Vol. 2. No. 1. – P. 101–111.
- 3 **Linda, O., Vollmer, T., Wright, J., Manic, M.** Fuzzy Logic Based Anomaly Detection for Embedded Network Security Cyber Sensor // in Proc. IEEE Symposium Series on Computational Intelligence. – Paris, France, April, 2011. – P. 202–209.
- 4 **Bridges, S. M., Vaughn, R. B.** Fuzzy data mining and genetic algorithms applied to
- 5 **Gómez, J., González, F., Dasgupta, D.** An Immuno-Fuzzy Approach to Anomaly Detection // The 12th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ-IEEE, 25–28 May, 2003. – P. 1219–1224.
- 6 **Mohammed Ali Tawfiq** Security Measurements of Internet Website Zone for IE9 Based on Fuzzy Logic // Journal of Engineering and Development. – Mar, 2013. – Vol. 17. – № 1. – P. 255–269.

7 **Akhetmetov, B., Korchenko, A., Akhetmetova, S., Zhumangaliev, N.** «Improved method for the formation of linguistic standards for of intrusion detection systems» // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2016. – Vol. 87. – No. 2. – P. 221–232.

8 **Tereykovsky, I., Korchenko, A., Vikulov, P., Ireifidzh, I.** Etalons models of linguistic variables for email-spoofing-attack detection systems // Bezpeka informacii. – 2018. – Vol. 24. – №2. – P. 21–28 (in Russian).

9 **Korchenko, A.** Method of parameter fuzzification based on linguistic standards for cyber attacks detection // Bezpeka informacii. – 2014. – Vol. 20. – Issue 1. – P. 21–28 (in Russian).

10 **Korchenko, A.** The method of α -level of nominalization for intrusion detection systems / Zahist informacii. – 2014, – Vol. 16. – № 4. – P. 292–304 (in Russian).

11 **Korchenko, A. O.** The detection method of identification terms for intrusion detection system // Bezpeka informacii. – 2014. – Vol. 20. – № 3. – P. 217–223 (in Russian).

12 **Lakhno, V., Akhetmetov, B., Korchenko, A., Alimseitova, Z., Grebenuk, V.** Development of a decision support system based on expert evaluation for the situation center of transport cybersecurity // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2018. – 96(14). – P. 4530–4540.

Материал поступил в редакцию 06.02.19.

A. A. Doszhanova¹, A. A. Korchenko², N. K. Zhumangaliev³

Басып кіруді анықтау жүйелері үшін лингвистикалық эталондарды қалыптастыру әдісі

¹IT-инжиниринг, Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы;

²Ұлттық авиациялық университет,
Киев қ., 03058, Украина;

³Қ. И. Сәтбаев атындағы

Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты,
Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы.

Материал 06.02.19 баспаға түсті.

A. Doszhanova¹, A. Korchenko², N. Zhumangaliyeva³

Method of formation of linguistic standards for intrusion detection systems

¹IT-Engineering, Almaty University
of Energy and Communications,
Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan;

²National Aviation University,
Kyiv, 03058, Ukraine;

³K. I. Satpayev Kazakh National Research Technical University,
Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 06.02.19.

Цифрлық бизнестің қарқынды дамуы салдарынан зиянды бағдарламалық қамтамасыз ету және басқа да киберқауіпсіздік кең тараған. Қауіпсіздік деңгейін арттыру үшін қауіп-қатерлердің жаңа түрлері пайда болған кезде тиімді болып қала алатын және анық емес жағдайларда ақпараттық жүйелердің көптеген ресурстарына бағдарланған кибершабуылдарды анықтауға мүмкіндік беретін қарсы іс-қимылдың тиісті арнайы құралдары қажет. Тиісті ресурстарға түрлі шабуылдау әсері қоршаған ортаның гетерогенді параметрлік ортасындағы әртүрлі ауытқуларды тудырады.

Due to the intensive development of digital business, malicious software and other cyber threats are becoming more common. To increase the level of security, appropriate special means of counteraction are needed, which can remain effective when new types of threats appear and allow identifying cyberattacks aimed at a variety of information systems resources in unclear conditions. Different attacking effects to resources present a variety of heterogeneous anomalies in the parametric environment. A tuple model of formation of a set of basic components that allow to identify cyberattacks is known.

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», приставных 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 сослаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (*не более 1 страницы*).

– слова **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ** / НЕГІЗГІ БӨЛІМ / MAIN PART (*нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения. При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости. Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы, схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. Формулы, уравнения, рисунки, фотографии и таблицы должны иметь подписи или заголовки (*не более 10 страниц*).

– слово **ВЫВОДЫ** / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION (*нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество самих данных и позволит дать свою интерпретацию результатов (*не более 1 страницы*).

10 **Список использованных источников** включает в себя:

– слово **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ** / ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES (*Нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами для кругозора читателям, как смежные работы, проводимые параллельно. Рекомендуемый объем *не более чем из 20 наименований* (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Статья и список литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (*см. образец*).

11 **Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

12 **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В бумажном и электронном вариантах приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

Информация для авторов

Все статьи должны сопровождаться двумя рецензиями доктора или кандидата наук для всех авторов. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор.

Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензий и квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,

Издательство «Кереку», каб. 137.

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: kereky@mail.ru

www.vestnik.psu.kz

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

Наши реквизиты:

РГП на ПХВ Павлодарский
государственный университет имени
С. Торайгырова

РНН 451800030073

БИН 990140004654

АО «Цеснабанк»

ИИК KZ57998FTB00 00003310

БИК TSESKZK A

Кбе 16

Код 16

КНП 861

РГП на ПХВ Павлодарский
государственный университет имени
С. Торайгырова

РНН 451800030073

БИН 990140004654

АО «Народный Банк Казахстана»

ИИК KZ156010241000003308

БИК HSBKZKX

Кбе 16

Код 16

КНП 861

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ:

ГРНТИ 396.314.3

А. Б. Есимова

к.п.н., доцент, Гуманитарно-педагогический факультет, Международный Казахско-Турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан
e-mail: ad-ad_n@mail.ru

СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

В статье рассматриваются вопросы, связанные с кодификацией норм устной речи в орфоэпических словарях, являющихся одной из отраслей 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

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1 - Показатели репродуктивного поведения

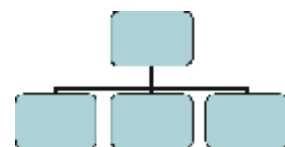
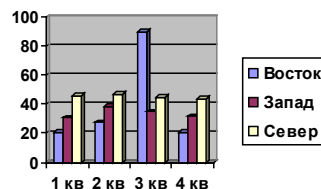


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2-е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).

2 Фришман, И. Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.

3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587.

4 http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part_0.

А. Б. Есімова

Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде

Гуманитарлық-педагогикалық факультеті,
Қ. А. Ясави атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университеті,
Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы.

А. В. Yesimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors

Faculty of Humanities and Education,
K. A. Yesevi International Kazakh-Turkish University,
Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan.

Мақалада ортологиялық лексикографияның бір саласы – орфоэпиялық сөздіктердегі ауызша тіл нормаларының кодификациялануымен байланысты мәселелер қарастырылады. Орфоэпиялық сөздік құрастырудың алғашқы тәжірибелері қалай болғаны талданып, дәстүрлі қолданыстағы ауызша емлесімен, әсіресе мектеп өмірінде жазба сөзге ерекше көңіл бөлініп, ал ауызша сөздің тілдік нормалары назардан тыс қалғаны айтылады. Сонымен қатар ауызша сөз нормаларының бұқаралық ақпарат құралдары – радио, телевизия хабарлары тілінде ерекше орын алуы микрофон алдында диктордың сөзді қағаз бойынша нақпа-нақ, тақпа-тақ айтуымен байланысты екені атап көрсетіледі. Сөздікте ауызша сөзбен жазба сөздің салғастыру тәсілі арқылы олардың айырмасын айқындалғаны айтылып, орфоэпиялық сөздік құрастырудың бірден-бір оңтайлы жолы деп бағаланады.

The questions, related to the norms of the oral speech codification in pronouncing dictionary are the one of the Orthologous Lexicography field, are examined in this article. The analysis of the first pronouncing dictionary is conducted, the greater attention in these dictionaries is spared to verbal orthography in traditional application, and the language norms of the oral speech remained without any attention. It is also marked that the norms of the oral speech occupy the special place in the language of media programs, such as radio and TV and it is related to that a speaker reads the text clearly from the paper. In the article the differences of the oral and writing language are also educed by means of application of comparative method and it is estimated as one of optimal methods of the pronouncing dictionary making.

Теруге 06.02.2019 ж. жіберілді. Басуға 26.02.2019 ж. қол қойылды.
Пішімі 70x100 $\frac{1}{16}$, Кітап-журнал қағазы.
Шартты баспа табағы 26,8. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Жумабекова
Тапсырыс № 3374

Сдано в набор 06.02.2019 г. Подписано в печать 26.02.2019 г.
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$. Бумага книжно-журнальная.
Усл.печ.л. 26,8. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Жумабекова
Заказ № 3374

«КЕРЕКУ» баспасынан басылып шығарылған
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«КЕРЕКУ» 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