

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 1811-1858

№ 1 (2020)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

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

№ 17022-Ж

выдано

Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Тематическая направленностьпубликация материалов в области электроэнергетики, электротехнологии,
автоматизации, автоматизированных и информационных систем,
электромеханики и теплоэнергетики**Подписной индекс – 76136****Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Нефтисов А. В., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

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

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

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

МАЗМҰНЫ**Айтимова У. Ж., Ораз Қ. Е.**

Мал шаруашылығында IT-технологияларды енгізу15

Акашев З. Т., Мехтиев А. Д., Булатбаев Ф. Н., Булатбаева Ю. Ф.Жұмыс төсемінің белгіленген қозғалыс режимі кезінде
пластиналы конвейердің тиелуін талдау23**Акашев З. Т., Булатбаев Ф. Н., Мехтиев А. Д., Булатбаева Ю. Ф.**Көпқұрамды крутонаклонды пластиналы конвейер – эскалатордың
параметрлерін таңдау және есептеу34**Акашев З. Т., Булатбаев Ф. Н., Мехтиев А. Д., Булатбаева Ю. Ф.**Тақтайша конвейерлерді жүктеу кезінде туындайтын динамикалық
жүктемелерді зерттеу46**Акимбеков Е. Т.**Ақпараттық қауіпсіздікті ұйымдастырудың физикалық қағидалары
бойынша құпиялықты бұзу қаупінен қорғау60**Анарбаев А. Е., Әбілқасым К. Т.**Arduino платформасында жасалған дисплей бар
автоматтандырылған рюкзак72**Анисимов Ю. В., Рожков В. И.**Кернеуі 110–35 кВ күштік трансформаторлардың
қорғаныстарын тиімділігін бағалау80**Атанов С. К., Муканова Ж. А.**Кедергіге ұшыраған деректерді өңдеу алгоритмін
бағдарламалық іске асыру87**Базарханов А. Ж., Касанова А. Ж.**Шикі мұнайды айыру жүйесінің жылу интегралдық схемасын жобалау
және оңтайландыру (әдеби шолу)98**Бакибаев А. А., Джантиминова З. Ж., Елубай М. А.**Техникалық резеңке қалдықтарымен битумдарды
модификациялауды зерттеу106**Бокижанов Г. И., Бокижанова А. Г., Дужилова С. Н.**Айнымалы ток МГД генератор арқылы
электр стансының пайдалы әрекет коэффициентті көтеру112**Болатова А. Б., Хамитова Г. Ж., Абишев К. К.,****Касенов А. Ж., Хусан Б.**
Астынатүсу қабатты жүйемен пайдалы қазбалар
кенорындарын өңдеу кезінде жерасты құрылысы конструкциясының
сенімділік параметрлері120**Булатбаев Ф. Н., Мехтиев А. Д., Булатбаева Ю. Ф.**Шахталық көтергіш машиналардың болат құрылымдарын жетілдіру
және олардың металл сыйымдылығын төмендету130

Говорун В. Ф., Говорун О. В., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Ичева Ю. Б., Рамазанов С. Б.	
Электр қуатын өтіру тиімділігін қамтамасыз ету	139
Говорун В. Ф., Говорун О. В., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Ичева Ю. Б.	
Тесла трансформаторында өтетін процестер	150
Говорун В. Ф., Говорун О. В., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Потяга Л. А.	
Тұрғын үй аумағының объектілеріне электромагниттік сәулеленудің әсер етуі	161
Достияров А. М., Ожикенова Ж. Ф.	
Қалдық жылу қазанындағы қайта жағуды есептеу мәселесіне	173
Жамангарин Д. С., Смайлов Н. К., Марксұлы С., Элеев Т. М.	
Датчиктер арқылы трафик тығыздығын өлшеу жолымен бағдарламды интеллектуалды автономды ауыстырып қосу	180
Жапаргазина К. Х., Кожаметов С. С.	
Негізгі аспектілері жаңғырту каталитикалық крекинг қондырғысының	190
Жұмакелді Ұ. Ж., Закарина А. Ж., Булатбаева Ю. Ф.	
Лабораториялық аудиторияның қалпына келетін энергия көздерімен энергия қамтамасыз ету жүйесін есептеу	197
Иванов В. А., Брейдо И. В.	
Электр тасымалдау жоғары вольтті өуе желілерінің пайдалану кездегі күйін бағалау	207
Кадыров А. С., Пак И. А., Кадырова И. А., Ганюков А. А.	
Автокөлік техникасының іштен жану қозғалтқыштарының пайдаланылған газдарының ультрадыбыстық коагуляция процесінің физикасы	219
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Андреева О. А., Талипов О. М., Қуанышбай Ш. С.	
Электр оптикалық эффектке негізделген оптикалық дауыстық конвертерлер	231
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Дюсенов К. М.	
Ғарышты жылытуға арналған тиімді инфрақызыл радиаторлар	242
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Тюлюгенова Л. Б.	
Тоқтатылған тока-транспорта жүйесіндегі электрлік бейімділік	251
Кереев А. К., Атанов С. К.	
Ғимараттарда мобильді объектілерді навигациялау дәлдігін арттыру үшін кеңейтілген калман фильтрін қолдану	261
Мәкен Б. Т., Уахитова А. Б.	
Электр энергиясын тұтынуын болжау	273
Мақшоев Ю. П., Полякова Т. А., Рындин В. В.	
MATCAD жүйесін пайдалану графикалық және есеп өту әдістері бойынша роторист-пистон инжентінің эпित्रохойдын құру	279

Марковский В. П., Жанқуанышев М. Қ., Утегулов А. Б., Ибрагимова С. В., Кошкин И. В., Сарсенбаева Г. А.	
Белсендірілген көмір өндіру жөніндегі электр технологиялық реактордың өнімділігін анықтауға	292
Марковский В. П., Жанқуанышев М. Қ., Есмаханова Л. Н., Утегулов А. Б., Кошкин И. В.	
Қорғаныстық шунттау кезінде зақымданған фазада қалдық потенциалды төмендету тәсілдері	301
Новожилов А. Н., Новожилов Т. А., Асаинова Д. К., Канашев Н. К.	
Магниттік ток трансформаторында контактісі бар максималды ток қорғауды тәжірибелік зерттеуге арналған қондырғы	311
Новожилов А. Н., Волгина Е. М., Новожилов Т. А., Волгин М. Е., Рахимбердинова Д. М.	
Магниттік өрісті тоқпен шиналы модельдеу әдісі	319
Новожилов А. Н., Новожилов Т. А., Асаинова Д. К., Канашев Н. К.	
Контактісі бар магниттік ток трансформаторындағы максималды ток қорғанысы	327
Нукешев С. О., Абдыров А. М., Есхожин Д. З., Ахметов Е. С., Сактаганов Б. Ж., Тлеумбетов К. М.	
Нақты егіншілік жүйесінде минералдық тыңайтқыштарды жер ішіне дифференциалды енгізуге арналған чизельдің энергетикалық және агротехникалық бағасы	335
Оморбек М., Кендиржанов Е. Р., Талипов О. М.	
Сулы құл тазартқышы бар қазандықтардан шығатын газдардағы күртті аулау дәрежесін арттыру	348
Потяга Л. А., Бексултанов А. Д., Олейник С. И., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Стоев М. Д.	
Күн генерациясының әлемдік энергетикасының дамуын талдау Қазақстанның әлемдік аренадағы рөлі	357
Пудич Н. Н., Фандюшин В. И., Улихина Ю. В., Деревягин С. И.	
Трас режиміндегі технологиялық рәсімдерді басқаруда визулы бағдарлама	368
Рахимов М. А., Сулеймбекова З. А.	
Темірбетон шпал өндірісіне арналған шикізат материалдарын талдау	377
Рындин В. В., Мустафин А. Х., Абдуллина Г. Г.	
Қазақстанның магистральдық мұнай құбырларының экспорттық маршруттары мен техникалық сипаттамалары	386
Рындин В. В., Мустафин А. Х., Абдуллина Г. Г.	
Қазақстанның магистральдық газ құбырлары және олардың сипаттамалары	396
Сарсембаев Д. Ж., Хамитова Г. Ж., Абишев К. К., Касенов А. Ж.	
Темір жол көлігіндегі қозғалыс қауіпсіздігі және еңбекті қорғау	407
Сатыбалдина Д. Ж., Тлекбаи А. К., Глазырина Н. С., Нугербек К. К.	
Бөлме интерьерін құруға арналған ұсыныс жүйесі	413

Смагулова А. С., Султанова Б. К., Дюсембаев У. М. ЖОО кафедрасының құжат айналымын ұйымдастыру үшін автоматтандырылған жүйені зерттеу	423
Тастенов А. Д., Сағындық Ә. Б. Электролизер жүйесін электрмен жабдықтаудағы энергия тиімділігі	431
Таткеева Г. Г., Калытка В. А., Оспанов Б. С., Баширов А. В., Исеев В. Л. Неғұрлым қуатты энергоблоктарға көшу жолымен бу турбиналы ЖЭС-тың технологиялық схемасын жаңғырту	439
Токсанов С. Н., Смаилова С. С. Білім алу үрдісін автоматизациялау мен ақпараттандырудың заманауи құралдары	449
Чуприна М. А., Тастенов А. Д., Андреева О. А. Телекоммуникациялық жүйелер автоматтандырылған басқару жүйесінің транспорттық ортасы ретінде және ақпараттық қауіпсіздік мәселелері	458
Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Жумадилова А. К., Кожанова О. Т., Ирсымова Р. М., Иманбек С. М. Жанама жанасу кезінде электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету шаралары	465
Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Талипов О. М., Русланов Р. Р., Даниленко С. А., Тұрлыбек Е. Б. Сезімталдықты арттыру және жылдам қорғалу ауылда аз дауысты бөлу торлары жердер	474
Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Андреева О. А., Қуанышбай Ш. С. Тарату желілеріндегі апаттық жағдайларды есептеу және модельдеу	487
Авторларға арналған ережелер	497
Жарияланым этикасы	501

СОДЕРЖАНИЕ

Айтимова У. Ж., Ораз Қ. Е. Внедрение IT-технологии в животноводстве	15
Акашев З. Т., Мехтеев А. Д., Булатбаев Ф. Н., Булатбаева Ю. Ф. Анализ загрузки пластинчатого конвейера при установившемся режиме движения рабочего полотна	23
Акашев З. Т., Булатбаев Ф. Н., Мехтеев А. Д., Булатбаева Ю. Ф. Выбор и расчет рабочих параметров многоконтурного крутонаклонного пластинчатого конвейера-эскалатора	34
Акашев З. Т., Булатбаев Ф. Н., Мехтеев А. Д., Булатбаева Ю. Ф. Исследование динамических нагрузок, возникающих при загрузке пластинчатых конвейеров	46
Акимбеков Е. Т. Защита от угрозы нарушения конфиденциальности по физическим правилам организации информационной безопасности	60
Анарбаев А. Е., Әбілқасым К. Т. Автоматизированный рюкзак с дисплеем сделанный на платформе Arduino	72
Анисимов Ю. В., Рожков В. И. Оценка эффективности защит силовых трансформаторов напряжением 110–35 кВ	80
Атанов С. К., Муканова Ж. А. Программная реализация алгоритмов обработки зашумленных данных	87
Базарханов А. Ж., Касанова А. Ж. Проектирование и оптимизация тепловых интегральных схем системы перегонки сырой нефти (литературный обзор)	98
Бакибаев А. А., Джантимирова З. Ж., Елубай М. А. Исследование модификации битума резинотехническими отходами	106
Бокижанов Г. И., Бокижанова А. Г., Дужилова С. Н. Повышение коэффициента полезного действия электростанций с помощью МГД генератора переменного тока	112
Болатова А. Б., Хамитова Г. Ж., Абишев К. К., Касенов А. Ж., Хусан Б. Параметры надежности конструкции подземных сооружений при отработке месторождении полезных ископаемых нисходящей слоевой системой	120
Булатбаев Ф. Н., Мехтеев А. Д., Булатбаева Ю. Ф. Совершенствование стальных конструкций шахтных подъемных машин и снижение их металлоёмкости	130
Говорун В. Ф., Говорун О. В., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Ичева Ю. Б., Рамазанов С. Б. Повышение эффективности передачи электрической энергии	139

Говорун В. Ф., Говорун О. В., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Ичева Ю. Б.	
Процессы, протекающие в трансформаторе Тесла	150
Говорун В. Ф., Говорун О. В., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Потяга Л. А.	
Влияние электромагнитного излучения на объекты селитебной территории	161
Достияров А. М., Ожикенова Ж. Ф.	
К вопросу расчета камеры дожига в котле утилизаторе парогазовой установки	173
Жамангарин Д. С., Смайлов Н. К., Марксұлы С., Элеев Т. М.	
Интеллектуальное автономное переключение светофора путем измерения плотности трафика через датчики	180
Жапаргазина К. Х., Кожахметов С. С.	
Основные цели модернизации установки каталитического крекинга	190
Жұмакелді Ұ. Ж., Закарина А. Ж., Булатбаева Ю. Ф.	
Расчет системы энергоснабжения на возобновляемых источниках энергии для лабораторного помещения	197
Иванов В. А., Брейдо И. В.	
Оценка состояния высоковольтных воздушных линий электропередачи во время эксплуатации	207
Кадыров А. С., Пак И. А., Кадырова И. А., Ганюков А. А.	
Физика процесса ультразвуковой коагуляции выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания автотранспортной техники	219
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Андреева О. А., Талипов О. М., Қуанышбай Ш. С.	
Оптические преобразователи напряжения на основе электрооптического эффекта	231
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Дюсенов К. М.	
Эффективные инфракрасные излучатели для обогрева помещений	242
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Тюлюгенова Л. Б.	
Электрическая безопасность в системе постоянного тока городского транспорта	251
Кереев А. К., Атанов С. К.	
Использование расширенного фильтра Калмана для повышения точности навигации мобильных объектов в помещении	261
Мәкен Б. Т., Уахитова А. Б.	
Прогнозирование потребления электрической энергии	273
Макушев Ю. П., Полякова Т. А., Рындин В. В.	
Построение эпитрохида роторно-поршневого двигателя графическим и расчетным методами с использованием системы MATHCAD	279

Марковский В. П., Жанқуанышев М. Қ., Утегулов А. Б., Ибрагимова С. В., Кошкин И. В., Сарсенбаева Г. А.	
Определение производительности электротехнологического реактора по добыче активированного угля	292
Марковский В. П., Жанқуанышев М. Қ., Есмаханова Л. Н., Утегулов А. Б., Кошкин И. В.	
Методы снижения остаточного потенциала в действующей фазе при защитном шунтировании	301
Новожилов А. Н., Новожилов Т. А., Асаинова Д. К., Канашев Н. К.	
Установка для экспериментального исследования максимальной токовой защиты на магнитном трансформаторе тока с контактом	311
Новожилов А. Н., Волгина Е. М., Новожилов Т. А., Волгин М. Е., Рахимбердинова Д. М.	
Метод моделирования магнитного поля шины с током	319
Новожилов А. Н., Новожилов Т. А., Асаинова Д. К., Канашев Н. К.	
Максимальная токовая защита на магнитном трансформаторе тока с контактом	327
Нукешев С. О., Абдыров А. М., Есхожин Д. З., Ахметов Е. С., Сактаганов Б. Ж., Тлеумбетов К. М.	
Энергетическая и агротехническая оценка чизеля-удобрителя для внутривспашечного дифференцированного внесения минеральных удобрений в системе точного земледелия	335
Оморбек М., Кендижанов Е. Р., Талипов О. М.	
Повышение степени улавливания сернистых входящих газов котлов с мокрой золоочисткой	348
Потяга Л. А., Бексултанов А. Д., Олейник С. И., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Стоев М. Д.	
Анализ развития мировой генерации солнечной энергетики. Роль Казахстана на мировой арене	357
Пудич Н. Н., Фандюшин В. И., Улихина Ю. В., Деревягин С. И.	
Визуальное программирование в управлении технологическими процессами на основе Trace Mode	368
Рахимов М. А., Сулеймбекова З. А.	
Анализ сырьевых материалов для производства железобетонных шпал	377
Рындин В. В., Мустафин А. Х., Абдуллина Г. Г.	
Экспортные маршруты и технические характеристики магистральных нефтепроводов Казахстана	386
Рындин В. В., Мустафин А. Х., Абдуллина Г. Г.	
Магистральные газопроводы Казахстана и их характеристики	396
Сарсембаев Д. Ж., Хамитова Г. Ж., Абишев К. К., Касенов А. Ж.	
Безопасность движения и охрана труда на железнодорожном транспорте	407
Сатыбалдина Д. Ж., Тлекбаи А. К., Глазырина Н. С., Нугербеков К. К.	
Рекомендательная система для составления интерьера помещения	413

Смагулова А. С., Султанова Б. К., Дюсембаев У. М. Исследование автоматизированной системы для организации документооборота кафедры ВУЗА	423
Тастенов А. Д., Сағындық Ә. Б. Энергоэффективность электроснабжения системы электролизеров	431
Таткеева Г. Г., Калытка В. А., Оспанов Б. С., Баширов А. В., Исаяев В. Л. Модернизация технологической схемы паротурбинной ТЭС путем перехода к более мощным энергоблокам	439
Токсанов С. Н., Смаилова С. С. Современные средства автоматизации и информатизации процесса обучения	449
Чуприна М. А., Тастенов А. Д., Андреева О. А. Телекоммуникационные системы как транспортная среда автоматизированных систем управления и проблемы информационной безопасности	458
Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Жумадилова А. К., Кожанова О. Т., Ирсымова Р. М., Иманбек С. М. Меры обеспечения электробезопасности при косвенном прикосновении	465
Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Талипов О. М., Русланов Р. Р., Даниленко С. А., Тұрлыбек Е. Б. Повышение чувствительности и быстродействия защит низковольтных распределительных сетей в сельской местности	474
Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Андреева О. А., Қуанышбай Ш. С. Расчет и моделирование аварийных режимов в распределительных сетях	487
Правила для авторов	497
Публикационная этика	501

CONTENT

Aitimova U. Zh., Oraz K. Y. Introduction of IT-technology in livestock reproduction	15
Akashv Z. T., Mehtiev A. D., Bulatbayev F. N., Bulatbayeva Y. F. Analysis of loading of the plate conveyor at a stable working driving mode	23
Akashv Z. T., Bulatbayev F. N., Mehtiev A. D., Bulatbayeva Y. F. Selection and calculation of working parameters of a multi-circuit circle tilt lambd conveyor-escalator	34
Akashv Z. T., Bulatbayev F. N., Mehtiev A. D., Bulatbayeva Y. F. Research of dynamic loads arising when loading plate conveyors	46
Akimbekov E. T. Protection against the threat of privacy violations according to the physical rules of the organization of information security	60
Anarbayev A. E., Abylkasym K. T. Automated backpack with display, created on the Arduino platform	72
Anisimov U. V., Rozhkov V. I. Evaluation of protection efficiency of power transformers with voltage 110–35 kV	80
Atanov S. K., Mukanova Zh. A. Software implementation of the algorithm for processing of noised data	87
Bazarkhanov A. Zh., Kassanova A. Zh. Design and optimisation of heatintegrated crude oil distillation systems (review)	98
Bakibaev A. A., Jantimirova Z. Zh., Yelubay M. A. Investigation of rubber waste bitumen modification	106
Bokizhanov G. I., Bokizhanova A. G., Dvugilova S. N. Rising coefficient of performance power plants by using AC MGD generator	112
Bolatova A. B., Khamitova G. Zh., Abishev K. K., Kasenov A. Zh., Husan B. Parameters of the underground structures reliability dering the mining of mineral deposits with a descending layer system	120
Bulatbayev F. N., Mehtiev A. D., Bulatbayeva Y. F. Improvement of steel structure of shaft hoisting machines and reducing their metal capacity	130
Govorun V. F., Govorun O. V., Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Icheva Y. B., Ramazanov S. B. Enhancing of electric power transmission efficiency	139
Govorun V. F., Govorun O. V., Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Icheva Y. B. Processes in Tesla transformer	150

Govorun V. F., Govorun O. V., Markovsky V. P., Shapkenov B. K., Potyaga L. A. Influence of electromagnetic radiation on residential territory's objects	161
Dostiyarov A. M., Ozhikenova Zh. F. To the question of calculation of the burner chamber in a waste boiler	173
Zhamangarin D. S., Smaylov N. K., Marxuly S., Eleev T. M. Intelligent autonomous traffic light switching by measuring traffic density through sensors	180
Zhapargazinova K. H., Kozhakhmetov S. S. Key aspects of modernization of the installation of catalytic cracking	190
Zhumakeldi U. Zh., Zakarina A. Zh., Bulatbayeva Y. F. Calculation of energy supply system on renewable energy source for laboratory room	197
Ivanov V. A., Breido I. V. Assessment of high-voltage overhead power lines condition during operation	207
Kadyrov A. S., Pak I. A., Kadyrova I. A., Ganyukov A. A. Physics of the process of ultrasonic coagulation of exhaust gases of motor vehicles' internal combustion engines	219
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Andreeva O. A., Talipov O. M., Kuanyshbay Sh. S. Optical voltage converters based on the electro-optical effect	231
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Dyusenov K. M. Efficient infrared radiators for space heating	242
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Tyulyugenova L. B. Electrical safety in the DC system of urban transport	251
Kereyev A. K., Atanov S. K. Using an extended Kalman filter to improve the accuracy of mobile objects navigation indoors	261
Maken B. T., Uakhitova A. B. Electric power consumption forecasting	273
Makushev Y. P., Polyakova T. A., Ryndin V. V. Construction of epitrochoids of a rotary-piston engine by graphic and calculation METHODS using MATHCAD system	279
Markovskiy V., Znankuanyshev M., Utegulov A., Ibragimova S., Koshkin I., Sarsenbaeva G. Determination of the performance of an electrotechnological reactor for the extraction of activated carbon	292
Markovskiy V., Zhankuanyshev M., Yesmakhanova L., Utegulov A., Koshkin I. Methods for reducing residual potential in the current phase with protective bypass	301

Novozhilov A. N., Novozhilov T. A., Assainova D. K., Kanashev N. K. Installation for experimental research of maximum current protection on a magnetic current transformer with contact	311
Novozhilov A. N., Volgina E. M., Novozhilov T. A., Volgin M. E., Rakhimberdinova D. M. Method of current's magnetic field simulation	319
Novozhilov A. N., Novozhilov T. A., Assainova D. K., Kanashev N. K. Overcurrent protection on a magnetic current transformer with a contact	327
Nukeshev S. O., Abdyyrov A. M., Eskhozhin D. Z., Akhmetov E. S., Saktaganov B. G., Tleumbetov K. M. Energy and agrotechnical assessment of chisel-fertilizer for intra-soil differentiated application of mineral fertilizers in the precision farming system	335
Omorbek M., Kendirzhanov E. R., Talipov O. M. Increasing the degree of capture of sulfur in the exhaust gases of boilers with wet ash cleaning	348
Potyaga L. A., Bexultanov A. D., Oleinik S. I., Markovsk V. P., Shapkenov B. K., Stoev M. D. Analysis of global solar energy development. Kazakhstan's role on the world stage	357
Pudich N. N., Fandyushin V. I., Ulikhina Y. V., Derevyagin S. I. Visual programming in management of technological processes based on Trace Mode	368
Rakhimov M. A., Suleimbekova Z. A. Analysis of raw materials for the production of concrete sleepers	377
Ryndin V. V., Mustafin A. H., Abdullina G. G. Export routes and technical characteristics of Kazakhstan's main oil pipelines	386
Ryndin V. V., Mustafin A. H., Abdullina G. G. Main gas pipelines of Kazakhstan and their characteristics	396
Sarsembaev D. Zh., Khamitova G. Zh., Abishev K. K., Kasenov A. Zh. Traffic safety and labor protection on railway transport	407
Satybaldina D. Zh., Tlekbai A. K., Glazyrina N. S., Nugerbekov K. K. The recommender system for interior space design	413
Smagulova A. S., Sultanova B. K., Dyusembayev U. M. A study of an automated system for organizing the documents department of the university	423
Tastenov A. D., Sagyndyk A. B. Energy efficiency of electrolyzers power supply system	431
Tatkeyeva G. G., Kalytka V. A., Ospanov B. E., Bashirov A. V., Isaev V. L. Modernization of the technological scheme of steam turbine thermal power station with the transition to more powerful energy blocks	439

Toxanov S. N., Smailova S. S.Modern means of automation and informatization
of the educational process449**Chuprina M., Tastenov A., Andreyeva O.**Telecommunication systems as transport environment
of automated control systems and problems of information security458**Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Kislov A. P., Kaidar M. B., Kaidar A. B.,
Zhumadirova A. K., Kozhanova O. T., Irsymova R. M., Kozhanova O. T.**

Electrical safety measures for indirect touch465

**Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Kaidar A. B., Kaidar M. B.,
Talipov O. M., Ruslanov R. R., Danilenko S. A., Turlybek E. B.**Increasing sensitivity and fast speed of low voltage distribution
networks protection in rural areas474**Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Kislov A. P., Kaidar A. B.,
Kaidar M. B., Andreeva O. A., Kuanyshbay Sh. S.**Calculation and modeling of emergency modes
in distribution networks487

Rules for authors497

Publication ethics501

ГРНТИ 20.51.01

У. Ж. Айтимова¹, Қ. Е. Ораз²¹к.ф-м.н., ст. преподаватель, кафедра «Информационные системы»,
Факультет компьютерных систем и профессионального образования,
Казахский Агротехнический Университет имени С. Сейфуллина,
г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;²магистрант, кафедра «Информационные системы», Факультет компьютерных
систем и профессионального образования, Казахский Агротехнический
Университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика
Казахстанe-mail: ¹zada@mail.ru; ²kuanysh95@mail.ru**ВНЕДРЕНИЕ ИТ-ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

В статье представлено исследование системы для внедрения ИТ-технологии в животноводстве. Основная идея статьи – автоматизация множества процессов на ферме с помощью передовых технологий. Изложены основные аппаратные и программные средства для внедрения. Более конкретно, в данной статье приведен бизнес-план фермы с использованием ИТ технологий. В бизнес-плане указаны аппаратные и программные средства в виде болосов, беспроводных датчиков и программного обеспечения. В статье изложена основная суть, принцип работы программных и аппаратных средств и пример проектирования системы. Также в статье есть обзор существующей фермы, где используются данные технологии. На примере системы, разработанной факультетом естественных наук Саламанки и кафедрой искусственного интеллекта университета Мадрида. В статье обсуждаются основные проблемы и преграды для внедрения и использования ИТ-технологии на фермах Республики Казахстан.

Ключевые слова: ИТ-технологии, внедрение, автоматизация, крупно рогатый скот, болос, датчики, система.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение ИТ-технологии в животноводстве тесно связана с темой моей диссертационной работы, где требуется разработать ИТ решение для эксплуатации аппаратно-программного комплекса по удаленному контролю воспроизводства молочного скота с использованием технологии описанных в данной статье.

В соответствии с Государственной программой развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017–2021 годы АПК Республики Казахстан имеет хорошие перспективы для дальнейшего развития: усиливаются экспортные позиции масличного, мясного секторов, а по зерну и муке Казахстан в кратчайшие сроки вошел в число крупнейших стран-экспортеров в мире. Членство Казахстана в Евразийском экономическом союзе и Всемирной торговой организации создает возможности и одновременно предъявляет высокие требования к конкурентоспособности как на внутреннем, так и внешних рынках. В связи с этим внедрение и использование новейших IT-технологии и автоматизация процессов посредством технологии является необходимым. В зарубежных странах уже во всю используются IT-решения в животноводстве но и в других видах сельского хозяйства, для поддержания уровня конкуренции и развития агропромышленного комплекса нашей стране, необходимо последовать примеру других стран. В настоящее время Министерство Сельского Хозяйства Казахстана ведет две большие программы – мясного животноводства, а также интенсивного животноводства. В Казахстане начали внедрять технологию пересадки, трансплантации эмбрионов молочного крупного рогатого скота, чтобы ускорить процесс появления молочных коров.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Внедрение IT-технологии – это очень большой шаг в развитии животноводства, который позволит экономить ресурсы (начиная от трудовых затрат до комбикормов), позволяет эффективное планирование операции и повышение продуктивности каждого животного. Использование IT-решений для анализа полученной информации и для контроля жизненных показателей поголовья способствует повышению продуктивности скота, уменьшения заболеваемости, повышению эффективности лечения и сокращения затрат на корм. Мониторинг жизненных показателей ведется непрерывно, в течение 24 часов 7 дней в неделю. Например, уже сейчас IT-решения западных компаний помогают на 20 % увеличить выход молока при сокращении затрат на корм на 30 %, на 20–22 % увеличить выход телят в хозяйстве, также продлить период продуктивности у коров на 2–3 года [1]. Программное обеспечение улучшает схемы кормления скота за счет отслеживания зависимости между рационом питания и состоянием здоровья. На основе данных полученных с беспроводных датчиков можно произвести дистанционную диагностику скота. Ежедневный мониторинг показателей здоровья скота позволяет выявить изменения на ранних стадиях и предпринять меры для предотвращения болезни [3]. Ежедневный контроль за жизненными показателями (такие как вес и рост) дает возможность

для оценки влияния различных факторов – влажности, температуры и т.д. Контроль изменения позволяет не только фиксировать результаты, но и улучшить прогнозирование. По данным компании SilXoft (зарубежная компания представляющая ПО для фермеров) уменьшилось использование антибиотиков для лечения на 10 % и вдвое уменьшилось затрачиваемое время на оказание ветеринарной помощи.

С помощью IT-технологии можно автоматизировать такие задачи как: кормление и доение. IT-технологии дают возможность запускать процессы по расписанию без участия самого фермера. Программное обеспечение можно использовать в любых сферах. Например, можно поставить напоминание для проведения плановой профилактики, вызова ветеринара или стрижки. Большим преимуществом является ведение бухгалтерии, которая позволяет упростить планирование и проведение закупок и продажи скота и сопутствующих товаров (оборудования, кормов, продукции) [1].

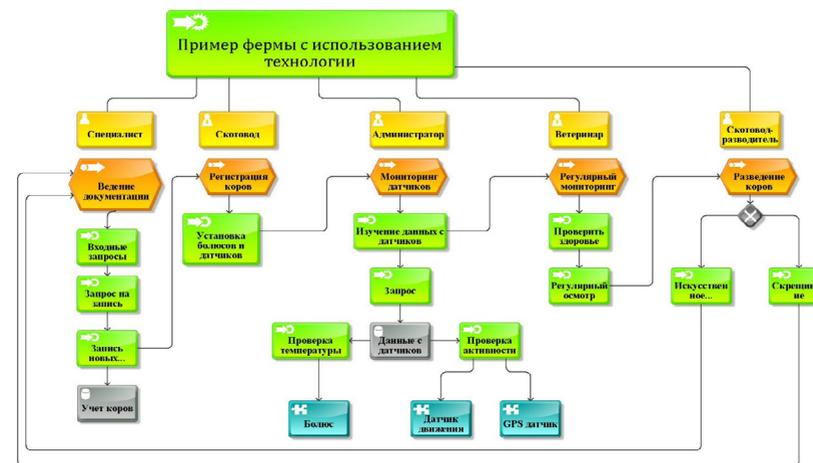


Рисунок 1 – Бизнес план фермы

На рис 1. Мы видим бизнес план-схему для автоматизированной фермы с использованием аппаратных так и программных средств, такие как: автоматизированная система, различные датчики и болюсы. Принцип работы системы заключается в постоянном мониторинге крупно рогатого скота датчиками и болюсами. Для данной системы ведется база данных крупно рогатого скота, ведется полный мониторинг и учет жизненных показателей и физических изменений в организме. Например, специалист ведет постоянный контроль за определенным количеством голов крупного рогатого скота и при малейших изменениях в данных передаваемых болюсами и датчиками

передает данные ветеринару. Все изменения регистрируются в базе данных системы. После получения данных от специалиста ветеринар, изучая изменения при необходимости проводит регулярный мониторинг, проверку здоровья и осматривает крупно рогатый скот у которых были какие-либо изменения. Данные о каждой особи получают с датчиков, установленных на ней. Болюсы и датчики движения, GPS датчики показывают местоположение, температуру тела, активность и др. показатели. Таким образом, ветеринар заблаговременно может прогнозировать болезнь, отел или охоту у коровы. При заболевании ветеринар проводит методы лечения либо во время отела или охоты проводит необходимые меры. В случае, рождения телят скотовод устанавливает все необходимые датчики, специалист регистрирует в базе данных новорожденных телят. В базе данных регистрируются все физические характеристики, такие как: рост, вес, возраст, порода и т.д. [2].

Схожая система используется в Испании, факультетом естественных наук университета Саламанки и кафедрой искусственного интеллекта университета Мадрида. Система была разработана в сотрудничестве двух университетов. Главными компонентами которой являются: датчик GPS, солнечный ошейник для датчика GPS, ультразвуковой датчик питания на солнечных батареях, датчик движения. Датчик GPS собирает данные местоположения самого датчика и метки времени, на датчике расположен модуль Sim который отправляет все полученные данные на сервер через GPRS. Солнечный ошейник обеспечивает энергией GPS датчик, заряжая аккумулятор. Датчик движения работает в паре с GPS датчиком, во время активности КРС датчик движения ведет запись активности. GPS датчик активируется только при наличии активности, то есть во время бездействия датчик отключен. Чрезмерная или же недостаточная активность может быть связано с заболеванием или же течкой КРС. Датчик питания содержит ультразвуковые датчики для измерения объема корма. Датчик питания сконструирован на контроллере Arduino, имеет возможность сбора информации с датчиков и отправкой данных на удаленный сервер по технологии Wi-Fi. Также, датчик состоит из фотоэлектрической панели и аккумулятора из-за чего устройство является автономным и не требует подключения к электричеству [2].

На данный момент стоимость готового продукта, программного обеспечения ориентировочно 2000–2500\$. Цены на программное обеспечение, разработанные для предприятия с индивидуальными требованиями, учитывающие все требования предприятия может составлять ориентировочно от 8000\$. На стоимость внедрения IT-технологии влияет не только сложность задачи, но к цене добавляется затраты на само оборудование, такие как: беспроводные датчики, болюсы, камеры и мониторы, GPS трекеры и т.д.

Также влияет и модель производства самого решения. Готовое программное обеспечение является серийным продуктом. Компания разработчик, создав один раз продукт, может многократно поставлять разным клиентам. Такие продукты обычно дешевле по сравнению с индивидуальными разработками [3].

Альтернативным решением внедрения IT-технологий является SaaS. SaaS расшифровывается как software as a service – программное обеспечение как услуга. SaaS – это модель предоставления лицензии на программное обеспечение по подписке [4]. Чаще всего такое ПО – это облачное решение, т.е. находящееся на серверах в интернете. В случае использования SaaS, фермер или компания получают доступ к автоматизации задач в аренду. Такие системы чаще всего имеют бесплатный пробный период, что позволяет протестировать систему на своем предприятии с минимальными финансовыми затратами. Цена таких систем часто варьируется от количества функции и наборов которые выбирает и использует фермер или предприятие. Все данные клиентов внесенные в систему, хранятся на серверах компании предоставляющие услуги. За надежность хранения данных в большинстве случаев отвечает репутация разработчиков. Большинство SaaS-систем разрабатываются иностранными компаниями, набор функции разработан на модели зарубежных ферм и построен на зарубежных потребностях которые не всегда могут совпадать с задачами казахстанских фермеров. Популярные иностранные сервисы разработанные по модели SaaS в большинстве имеют ограниченный набор функции и на данном этапе развития требуется использование продуктов адаптированные под их бизнес [5].

Самым эффективным и самым дорогим решением внедрением IT-технологии является индивидуальная разработка программного обеспечения. Стоимость разработки индивидуальной системы под ключ может начинаться от 1,5 млн тенге без учета затрат на оборудование и различные датчики. Также процесс разработки системы может длиться месяцами, но в результате программный продукт будет четко соответствовать индивидуальным особенностям и требованиям конкретного предприятия [6].

ВЫВОДЫ

Существуют проблемы внедрения IT-технологии. Проблема заключается не только в стоимости продукта, большему количеству фермеров стоимость продукта хоть и велика но посильна. Ключевую роль играет уровень развития инфраструктуры в регионах и наличие управляющих. Камнем преткновения являются руководители (от менеджмента до среднего звена) и плохое качество интернета в регионах. Рынок IT-технологии в животноводстве ориентирован на средние и небольшие предприятия. Небольших и средних предприятия в мире очень много, решение о закупке проходит проще и

быстрее чем у больших предприятия. В Казахстане использование таких решений несомненно будет усиливаться. Ускорению внедрения могли бы способствовать услуги, разработанные по модели SaaS, так и программы кредитования закупок подобных решений финансовыми организациями и банками [7].

С улучшением интернета в Казахстане можно рассчитывать на стабильный доступ к интернету в отдаленных районах и регионах страны. Это один из первых шагов по устранению проблем, стоящих на пути внедрения новых технологий в животноводстве. Далее работа за фермерами и разработчиками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Схиртладзе, А. Г.** Автоматизация технологических процессов и производств: Учебник / А. Г. Схиртладзе, А. В. Федотов, В. Г. Хомченко. – М. : Абрис, 2012. – 565 с.

2 **Репин, В. В.** Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление / В. В. Репин. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 512 с.

3 **Nadimi E. S., Søgaard H. T., Bak T., Oudshoorn F.W.** ZigBee-based wireless sensor networks for monitoring animal presence and pasture time in a strip of new grass. // Comput. Electron. Agric. 2008; 61:79–87. doi: 10.1016/j.compag. – 2007.09.010.

4 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5795335/> [Электронный ресурс].

5 **Заботина, Н. Н.** Проектирование информационных систем: Учебное пособие / Н. Н. Заботина. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 331 с.

6 **Кангин, В. В.** Аппаратные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры: Учебное пособие / В. В. Кангин, В. Н. Козлов. – М. : БИНОМ. ЛЗ, 2013. – 418 с.

7 **Долженкова, Г. М., Миронова, И. В., Тагиров, Х. Х.** Интенсификация производства высококачественной продукции животноводства : монография–СПБ. : Издательство «Лань», 2017. – 296 с.:ил.

8 **Емельянов, С. В.** Труды ИСА РАН: Системы управления и моделирование. Динамические системы. Управление рисками и безопасностью. Методы и модели в экономике. Прикладные а / С. В. Емельянов. – М. : Красанд, 2014. – 124 с.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

У. Ж. Айтимова¹, Қ. Е. Ораз²

Мал шаруашылығында IT-технологияларды енгізу

^{1,2}Компьютерлік жүйелер және кәсіптік білім беру факультеті,
С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық Университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

U. Zh. Aitimova¹, K. Y. Oraz²

Introduction of IT-technology in livestock reproduction

^{1,2}Department of Computer Systems and Vocational Education,
S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Мақалада IT-технологияларды мал шаруашылығына енгізу жүйесі зерттелген. Мақаланың негізгі идеясы – озық технологияларды қолдана отырып, фермадағы көптеген процестерді автоматтандыру. Іске асырудың негізгі аппараттық және бағдарламалық жасақтамалары көрсетілген. Нақтырақ айтсақ, мақалада IT технологиясын қолдана отырып, жүйенің бизнес-жоспары мен жобалау жоспары келтірілген. Бизнес-жоспарда болос, сымсыз сенсор және бағдарламалық жасақтама түріндегі аппараттық және бағдарламалық жасақтама берілген. Мақалада бағдарламалық жасақтама мен аппараттық құралдың негізгі мәні, жұмыс принципі және жүйені жобалау мысалы көрсетілген. Мақалада осы технологияларды қолданатын қолданыстағы фермаға шолу жасалады. Саламанка қаласының жасаратылыстану факультеті мен Мадрид университетінің жасанды интеллект кафедрасы жасаған жүйенің мысалында. Мақалада Қазақстан Республикасының фермаларында IT-технологияларды енгізу мен қолданудың негізгі проблемалары мен кедергілері талқыланады.

The article presents a study of the system for the introduction of IT-technology in animal husbandry. The main idea of the article is the automation of many processes on the farm using advanced technologies. The basic hardware and software for implementation are outlined. More specifically, this article provides a farm business plan using IT technology. The business plan lists hardware and software in the form of boluses,

wireless sensors, and software. The article outlines the main essence, the principle of operation of software and hardware and an example of system design. The article also has an overview of the existing farm that uses these technologies. On the example of a system developed by the Faculty of Natural Sciences of Salamanca and the Department of Artificial Intelligence of the University of Madrid. The article discusses the main problems and barriers to the introduction and use of IT-technology on the farms of the Republic of Kazakhstan.

ГРНТИ 73.41.19

**З. Т. Акашев¹, А. Д. Мехтиев²,
Ф. Н. Булатбаев³, Ю. Ф. Булатбаева⁴**

¹д.т.н., профессор, Факультета энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

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

³к.т.н., декан, Факультет энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

⁴доктор PhD, и.о. доцента, Факультет энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан

e-mail: ¹z.akashev@kstu.kz; ²Barton.kz@mail.ru; ³felix4965@mail.ru;

⁴Julia_my_angel@mail.ru

АНАЛИЗ ЗАГРУЗКИ ПЛАСТИНЧАТОГО КОНВЕЙЕРА ПРИ УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ПОЛОТНА

В статье рассмотрен характерный и наиболее общий случай загрузки пластинчатого конвейера при установившемся движении рабочего полотна.

Проводится расчет динамических усилий и анализ максимальных усилий у привода конвейера от его длины при различной массе и высоте падающего груза.

Приведена расчетная схема к определению продольных упругих усилий в тягово-несущем органе пластинчатых конвейеров.

Были сделаны выводы, что в месте погрузки в тягово-несущем органе возникают значительные динамические усилия, которые уменьшаются по длине тягового органа; необходимо осуществлять погрузку со специального стационарного погрузочного пункта и в местах загрузки устанавливать загрузочные секции на амортизирующих элементах, позволяющих значительно разгрузить тяговую от усилий удара загружаемого груза.

Ключевые слова: конвейер, пластинчатый, усилие, деформация, тяговый орган.

ВВЕДЕНИЕ

При падении тяжелого груза на линейные пластины последние испытывают значительные деформации и ударные усилия, что приводит к большим деформациям тягового органа, вызывая дополнительные напряжения в элементах цепи, обуславливают форсированный внутренний износ цепи из-за явления усталости и уменьшают сопротивление металла разрушению в связи с низкой его ударной вязкостью [1, 2].

После приложения ударного усилия натяжение тягового органа не остается постоянным, а значительно увеличивается, что приводит к большому увеличению напряжения изгиба в тягово – несущим органе пластинчатого конвейера. Динамический импульс возрастает с повышением энергии падающего груза, достигая максимума при загрузке над центральной линейной пластиной, и уменьшается при наличии мелкого материала, равномерно распределенного на полотне конвейера [3].

Увеличение интервала между роlikоопорами приводит к уменьшению динамического импульса. Так, например, если $L_p=0,688$ м, то $\Delta S = S_1-S_0=52,2$ кН, или в 5 раз больше S_0 , а при $L_p=1,376$ м $\Delta S=42$ кН, т.е. снижается до $4S_0$. При увеличении предварительного натяжения тяговой цепи конвейера наблюдается уменьшение динамического импульса в 1,2–1,3 раза. Ввиду того, что загрузка конвейера происходит в точке минимального натяжения, и величина максимальных усилий в цепи не превосходит предела прочности, на конвейерах значительной длины они существенно не влияют на работу приводных устройств. Однако на которых конвейерах (30–50 м) и при близком расположении привода от загрузочного узла они могут оказать большое влияние на работу привода и усталостную прочность тяговой цепи [4].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим характерный и наиболее общий случай загрузки пластинчатого конвейера при установившемся движении рабочего полотна. Пусть загрузка производится в точке А (рисунок 1). За начало координат примем точку С сбега цепи с приводной звездочки и направим координатную ось по ходу движения тяговой цепи [5, 6].

При рассмотрении продольных колебаний тягово – несущего органа, возникающих при загрузке тяжелых скальных грузов, будем его считать упруговязким стержнем, закрепленным по концам, подчиняющимся законам тела Кельвина – Фойгта с распределенными внутренними и

внешними сопротивлениями. Для составления уравнения упругих колебаний тягово-несущего органа выделим на его ветви элементарный участок dx , находящийся на расстоянии x от начала координат (рисунок 1).

Дифференциальное уравнение движения элемента dx имеет следующий вид:

$$M \frac{d^3 \xi}{dx^2} + M_1 \frac{d^3 \xi}{dt dx^2} - \frac{d^2 \xi}{dt^2} = 0, \tag{1}$$

где $M = \frac{Eg}{q_t + q_n}$; $M_1 = \frac{\mu * g}{q_t * q_n}$;

- ξ – упругая деформация участка;
- μ – продольный коэффициент вязкости тягово-несущего органа;
- E – жесткость тягово-несущего органа;
- q_t – линейная масса тягового;
- q_n – линейная масса грузонесущего полотна с грузом.

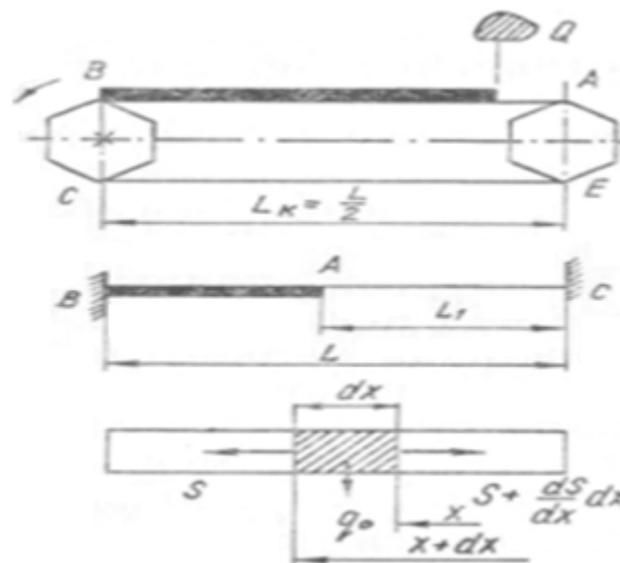


Рисунок 1 – Расчетная схема к определению продольных упругих усилий в тягово-несущем органе пластинчатых конейеров

Поскольку на участке СВ (рисунок 1) конвейер загружен неравномерно с плотностью $\rho_1 \neq \rho_2$, то тягово-несущий орган на этом отрезке можно

представить как неоднородный тонкий стержень, состоящий из 2 различных однородных стержней с плотностью ρ_1 и ρ_2 . Упругое смещение ξ существует в пределах от $x=0$ до $x=L_1$, а смещение ξ – от $x=L_1$ до $x=L$ [7].

При падении груза массой Q с некоторой высоты на полотно конвейера между роликоопорами, как показали экспериментальные исследования, натяжение тягового органа увеличивается [7]:

$$S_Q = S_{\text{дин}} - S_0,$$

где $S_{\text{дин}}$ – динамическое натяжение тягового органа после приложение усилия удара;

S_0 – предварительное натяжение тягового органа.

Этот процесс можно рассматривать как растягивающий удар. После удара на тягово – несущий орган в продольном направлении действует импульс S_Q . Рассмотрим перемещение и усилие, возникающие в тягово – несущим органе конвейера при действии импульса S_Q , для чего уравнение (1) решим при соответствующих начальных и граничных условиях [7].

Начальными условиями в решении уравнения (1) будут:

$$\xi(X, t)_{t=0} = 0, \text{ когда } L_1 - x_1 \leq x \leq L_1 + x_1. \quad (2)$$

$$\left. \frac{\partial \xi}{\partial t} \right|_{t=0} = v_1; \quad \left. \frac{\partial \xi}{\partial t} \right|_{t=0} = 0 \text{ – во всех остальных точках.}$$

Начальное условие (2) означает, что в начальный момент удара упругие деформации отсутствуют и все промежуточные сечения имеют скорость, равную нулю, за исключением некоторых участков вблизи точки А (в месте загрузки), где она равна скорости v_1 .

Граничными условиями при решении (1) являются [7]:

$$\xi(x, t) \Big|_{x=L-0} = \xi(x, t) \Big|_{x=L+0} \quad (3)$$

и

$$\left. \frac{\partial \xi}{\partial x} \right|_{x=L-0} = \left. \frac{\partial \xi}{\partial x} \right|_{x=L+0} \quad (4)$$

Для решения уравнения (1) применим метод разделения переменных. Будем искать частное решение уравнения в виде произведения двух функций $\Phi(x)$ и $\Theta(t)$, из которых первая зависит от x , а вторая – только от t [8]:

$$\xi(x, t) = \Phi(x) \theta(t) \quad (5)$$

Подставляя выражение (5) в уравнение (1), имеем:

$$M\Phi''(x)\theta(t) + M_1\Phi'(x)\theta'(t) - \Phi(x)\theta''(t) = 0.$$

Разделяя переменные, получим:

$$\frac{\theta''(t)}{M_1\theta'(t) + M\theta(t)} = \frac{\Phi''(x)}{\Phi(x)} = \omega^2. \quad (6)$$

Уравнение (6) распадается на два обыкновенных дифференциальных уравнения [8]:

$$\Phi''(x) - \omega^2\Phi(x) = 0; \quad (7)$$

$$\theta''(t) - \omega^2[M_1\theta'(t) + M\theta(t)] = 0 \quad (8)$$

При этом уравнение (7) имеет следующие граничные условия:

$$\Phi \Big|_{x=0} = \Phi \Big|_{x=L} = 0; \quad \Phi \Big|_{x=L-0} = \Phi \Big|_{x=L+0} = 0 \quad (9)$$

$$\left. \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right|_{x=L-0} = \left. \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right|_{x=L+0}$$

а решение его можно получить в следующем виде:

$$\text{при } 0 \leq x \leq L_1 \quad \Phi_i(t) = \frac{\sin \frac{\omega_1 x}{G_1}}{\frac{\omega_1 L_1}{G_1}} \quad (10)$$

$$\text{при } L_1 \leq x \leq L \quad \Phi_i(t) = \frac{\sin \frac{\omega_1(L-x)}{G_1}}{\frac{\omega_1(L-L_1)}{G_1}} \quad (i=1,2,3\dots).$$

Общее решение уравнения (8) имеет вид:

$$\theta_i(t) = e^{-\gamma t} D_i \sin v_i t, \quad (11)$$

где $\gamma = \frac{c(q_n + q_0)}{2\mu g}$ – коэффициент затухания колебаний;

$v_i = \sqrt{\omega_i^2 - \gamma^2}$ – частота i -го затухания колебаний;

D_i – постоянная интегрирования, определяемая из начальных условий (2):

$$D_i = \frac{1}{\|\Phi_i\|^2} * \frac{0.064\Delta_{дин}S_Q}{\rho v_i \sqrt{H}} .$$

Тогда общее решение уравнения (5) примет следующий вид:

$$\xi_l(x, t) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{\|\Phi_i\|^2} * \frac{0.064\Delta_{дин}S_Q}{\rho v_i \sqrt{H}} e^{-\gamma_i t} \Phi_i(x) \sin v_i t , \quad (12)$$

где квадрат нормы собственных функций (10) определяется по выражению:

$$\|\Phi_i\|^2 = \frac{1}{\sin^2 \frac{\omega_1}{C_1} L_1} \left(\frac{L_1}{2} - \frac{C_1}{4\omega_1} \sin 2 \frac{\omega_1}{C_1} \right) + \frac{1}{\sin \frac{\omega_1}{C_2} (L - L_1)} \times \left[0.5(L - L_1) - 0.25C_2 \sin 2 \frac{\omega_1}{C_2} (L - L_1) \right]. \quad (13)$$

Если нагрузка производится в конце конвейера, когда $L = 2L_1$, и на рабочем полотне отсутствует груз, т.е. $C_1 = C_2 = C$ и $\sin 2 \frac{\omega_1}{C_1} L_1 = \sin 2 \frac{\omega_1}{C_1} (L - L_1) = 1$, то выражение (13) запишется как:

$$\|\Phi_i\|^2 = 0.5L - \frac{C}{\omega_1}.$$

Так как при расчетах решающее значение имеет основной тон продольных упругих колебаний, из уравнения (12) определяем [8]:

$$\xi_l(x, t) = \frac{1}{\|\Phi_1\|^2} e^{-\gamma_1 t} \frac{0.064\Delta_{дин}S_Q}{\rho v_i \sqrt{H}} \Phi_1(x) \sin v_1 t.$$

Продифференцируем это выражение по x :

$$\frac{d\xi_1}{dx} = \frac{1}{\|\Phi_1\|^2} e^{-\gamma_1 t} \frac{0.064\Delta_{дин}S_Q}{\rho v_i \sqrt{H}} \Phi_1(x) \sin v_1 t.$$

Значение Φ'_1 здесь находим из (10) следующим образом:

$$\Phi'_1 = \frac{\lambda_1 \cos \lambda_1 x}{\sin \lambda_1 L_1} \quad \text{при } 0 \leq x \leq L_1;$$

$$\Phi'_1 = \frac{\lambda_2 \cos \lambda_2 (L-x)}{\sin \lambda_2 (L-L_1)} \quad \text{при } L_1 \leq x \leq L,$$

где $\lambda_1 = \frac{\omega_1}{C_1}$; $\lambda_2 = \frac{\omega_2}{C_2}$.

Динамическое усилия имеют экстремальные значения при $x = 0$ при $x = L$, так как в этих сечениях функция $\Phi'(x)$ также принимает экстремальные значения [9]:

$$\Phi'_1 = \lambda_1 \sin \lambda_1 L_1 \quad \text{при } x = 0;$$

$$\Phi_1 = - \frac{\lambda_2}{\sin \lambda_2 (L-L_1)} \quad \text{при } x = L.$$

Динамическое усилие найдем из выражения:

$$P = E_n \frac{d\xi}{dx} + \mu \frac{d^2\xi}{dxdt}.$$

Тогда усилие упругих колебаний у привода конвейера при $x = 0$ определится как [9]:

$$P = \frac{\omega_1 e^{-\gamma_1 t}}{L_1 \omega_1 - C_1} * \frac{0.064\Delta_{дин}S_Q}{\rho_1 v_i \sqrt{H}} * \lambda_1 \frac{\sin v_1 t}{\sin \lambda_1 L_1} E_n$$

На стороне сбегавшей ветви тягово – несущего органа у привода конвейера при $x = L$ динамическое усилие составит:

$$P = \frac{\omega_1 e^{-\gamma_1 t}}{L_1 \omega_1 - C_1} * \frac{0.064\Delta_{дин}S_Q}{\rho_2 v_i \sqrt{H}} * \lambda_2 \frac{\sin v_1 t}{\sin \lambda_2 (L-L_1)} E_n.$$

Так как наличие груза на полотне уменьшает величину упругих колебаний, то наибольшие динамические усилия колебательного процесса возникают при незагруженном конвейере, когда $C_1 = C_2 = C$ и $L = 2L_1$, при этом из выражения (10), используя граничное условие (9), получаем $\omega_1 = \frac{\pi C}{2L_1}$. При значении $\gamma = 1,25 - 1,5$ для пластинчатых конвейеров колебательный процесс возможен при длине их $L_1 = \frac{\pi C}{2\omega_1}$ [9].

ВЫВОДЫ

Для пластинчатых конвейеров П-80 и ПКС – 140 значения $\gamma = 1,25 - 1,5$ приблизительно соответствует длине $L_k = 50 - 80$ м. В конвейерах большей длины вследствие влияния диссипативных сил волновой процесс у привода будет отсутствовать.

Анализ максимальных усилий у привода конвейера от его длины при различной массе и высоте падающего груза показывает, что в месте погрузки в тягово – несущем органе возникают значительные динамические усилия, которые уменьшаются по длине тягового органа. Так, при максимальном значении импульса $S_0 = 30$ кН, $\mu = 250$ кН·м, $C = 438$ м/с для конвейера П-80 на длине 60 м усилие равно 3,5 кН [9].

У пластинчатых конвейеров, предназначенных для установки в горизонтальных выработках, расстояние между промежуточными приводами во всех случаях эксплуатации будет превышать 300–400 м, однако при наклонной установке конвейера и небольшой длине их (30–50 м) указанные выше усилия могут значительно повлиять на работу привода. Поэтому необходимо погрузку осуществлять со специального стационарного погрузочного пункта и в местах загрузки усатанавливать загрузочные секции на амортизирующих элементах, позволяющих значительно разгрузить тяговую от усилий удара загружаемого груза [9].

Значительного снижения ударных нагрузок в пунктах погрузки можно достичь уменьшением жесткости ударяемой системы, т.е. жесткости тягово – несущего органа и секции става, введя специальные амортизирующие элементы в опоры става.

Широким диапазоном области применения и значительными амортизирующими свойствами обладают загрузочные секции на пневмошинах. Применением различных конструкций пневмошин и регулированием величины давления в них можно снизить ударные усилия в 1,8–2 раза по сравнению с погрузкой на жесткую секцию [6].

Наиболее проста конструкция загрузочной секции с резиновыми амортизаторами. Преимущество таких амортизаторов – возможность использования их при нестационарном пункте погрузки, т.е. при загрузке груза на любой точке по длине конвейера. Резина определенной толщины подкладывается под опоры секции става в месте загрузки при стационарном пункте и по всей длине под стойки опоры при погрузке в любой точке. Упругие параметры резиновых амортизаторов снимались на терировочном прессе. Величина усадки и нагрузки на опорные стойки при падении груза фиксировалась специальными тензодатчиками [6].

Сравнение результатов загрузки крупнокусковых грузов на различные амортизирующие секции показывает, что даже применение простых

конвейерных лент в качестве амортизирующего элемента в опорах секции става снижает ударные усилия в 1,2–1,3 раза по сравнению с жесткой секцией [6].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д.** Оптимальный алгоритм построения структурной схемы приоритетного развития горного машиностроения // Журнал «Вестник Карагандинского университета». – 2011. – №4(64) – С. 51–57.

2 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Югай, В. В.** Оптимальный алгоритм для построения структурных схем конвейеров с тяговым органом // Журнал «Вестник Карагандинского университета». – 2012. – №2(66) – С. 38–43.

3 **Акашев, З. Т., Булатбаев, Ф.Н.** Разработка программы и структуры приоритетного развития производственно-технической базы // Международный научный журнал «Актуальные проблемы современности». – 2011. – № 11(76) – С. 9–12.

4 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Югай, В. В.** Оптимальный алгоритм для построения структурных схем конвейеров с тяговым органом. (часть 1) // Журнал «Актуальные проблемы современности». – 2012. – №2(82) – С. 4–9.

5 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Югай, В. В.** Оптимальный алгоритм для построения структурных схем конвейеров с тяговым органом. (часть 2) // Журнал «Актуальные проблемы современности». – 2012. – №2(82) – С. 9–15.

6 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Булатбаев, Ф. Н.** Модульный принцип организации горного машиностроения. Монография. – Караганда : Изд-во КарГТУ, 2013. – 282 с.

7 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д.** Грузо-поддерживающее устройство крутонаклонного конвейерного подъемника. Инновационный патент Республики Казахстан, опубл. 15.11.11, № 24856.

8 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Югай, В. В., Ким, Ю. В., Алимов, М. Ш., Белик, Г. А., Калиев, Е. А.** Загрузочное устройство крутонаклонного пластинчатого конвейера. Инновационный патент. Авторское свидетельство Республики Казахстан, опубл. 11.06.12, № 78049.

9 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Эйрих, В. И., Югай, В. В., Белик, Г. А., Калиев, Е. А.** Способ натяжения тягового органа многоприводного конвейера. Инновационный патент Республики Казахстан, опубл. 11.06.12, № 26899.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

З. Т. Акашев¹, А. Д. Мехтиев², Ф. Н. Булатбаев³, Ю. Ф. Булатбаева⁴**Жұмыс төсемінің белгіленген қозғалыс режимі кезінде пластиналы конвейердің тиелуін талдау**

^{1,2,3,4}Энергетика, автоматика және теле байланыс факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

Z. T. Akashev¹, A. D. Mehtiev², F. N. Bulatbayev³, Y. F. Bulatbayeva⁴**Analysis of loading of the plate conveyor at a stable working driving mode**

^{1,2,3,4}Faculty of Power Engineering, Automation and Telecommunications,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Мақалада жұмыс төсемінің белгіленген қозғалысы кезінде пластиналы конвейерді тиеудің тән және жалпы жағдайы қарастырылған.

Динамикалық күштерді есептеу және конвейер жетегінде оның ұзындығынан түсетін жүктің әр түрлі салмағы мен биіктігі кезінде ең жоғары күштерді талдау жүргізіледі.

Пластиналы конвейерлердің тарту-көтеруші органында бойлық серпімді күштерді анықтау үшін есептеу сұлбасы келтірілген.

Тартқыш – тартқыш органда тиеу орнында тартқыш органының ұзындығы бойынша азайтылатын Елеулі динамикалық күш пайда болады; тиеуді арнайы стационарлық тиеу пунктінен жүзеге асыру қажет және тиеу орындарында тиелетін жүктің соққысынан тартқыш күштерден едәуір жеңілдетуге мүмкіндік беретін амортизациялаушы элементтерде тиеу секцияларын орнату қажет.

The article discusses the characteristic and most common case of loading a plate conveyor with the steady movement of the working blade.

The calculation of dynamic forces and the analysis of the maximum forces at the conveyor drive from its length with different weight and height of the falling load.

The calculation scheme is given to determine the longitudinal elastic forces in the traction – carrying organ of plate conveyors.

It was concluded that at the loading place in the traction-carrying body significant dynamic forces arise, which decrease along the length of the traction body; it is necessary to carry out loading from a special stationary loading point and install loading sections on shock-absorbing elements at loading points, which can significantly relieve traction from the impact forces of the loaded cargo.

**З. Т. Акашев¹, Ф. Н. Булатбаев²,
А. Д. Мехтиев³, Ю. Ф. Булатбаева⁴**

¹д.т.н., профессор, Факультет энергетики, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

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

³к.т.н., и.о. профессора, Факультет энергетике, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

⁴доктор PhD, и.о. доцента, Факультет энергетике, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан

e-mail: ¹z.akashev@kstu.kz; ²felix4965@mail.ru;

³Barton.kz@mail.ru; ⁴Julia_my_angel@mail.ru

ВЫБОР И РАСЧЕТ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОКОНТУРНОГО КРУТОНАКЛОННОГО ПЛАСТИНЧАТОГО КОНВЕЙЕРА-ЭСКАЛАТОРА

В статье рассмотрена конструкция многоконтурного крутонаклонного пластинчатого конвейера – эскалатора.

Приведена схема распределения нагрузки между автономными контурами конвейера-эскалатора.

Проводится выбор и расчет рабочих параметров крутонаклонного пластинчатого конвейера-эскалатора. При проведении расчетов были сделаны следующие выводы: угол наклона конвейера зависит от соотношения линейных масс верхнего и нижнего слоев груза, от расстояний между центрами тяжести этих слоев по нормали и по касательной к плоскости транспортируемого груза и от вида транспортируемого материала; количественное соотношение между линейными и массами верхнего и нижнего слоев груза зависит от зазора между перегородкой и несущим полотном конвейера.

Приведены преимущества использования такого типа конвейеров: возможность без перегрузочного транспортирования грузов под большими углами наклона; возможность подъема и спуска

людей на обратной ветви верхнего тягово-поддерживающего органа; упрощение схемы очистки несущего полотна.

Ключевые слова: конвейер-эскалатор, многоконтурный, крутонаклонный, тягово-поддерживающий орган, нагрузка.

ВВЕДЕНИЕ

Многоконтурный крутонаклонный пластинчатый конвейер-эскалатор (КПК) предназначен для транспортирования сыпучих грузов из карьера на поверхность под углом наклона до 45°, а также для спуска и подъема людей и вспомогательного оборудования на обратной ветви тягово-поддерживающего контура. Наличие верхнего тягово-поддерживающего контура позволяет распределить массу транспортируемого груза между верхними и нижними контурами пропорционально их допустимым статическим усилиям и тем самым резко увеличить длину става конвейера на один привод по сравнению с крутонаклонными конвейерами без верхнего тягово-поддерживающего контура. Составление верхнего тягово-поддерживающего и нижнего тягово-несущего органов по многоконтурной автономной схеме позволяет полностью (на 100 %) использовать все тяговые органы по прочности и тем самым увеличить длину става конвейера на один привод пропорционально используемым в нем рабочим органам [1].

Создание конструкции КПК с верхним тягово-поддерживающим органом в отличие от крутонаклонных конвейеров с перегородками позволяет упростить схему очистки несущего полотна. Использование обратной ветви верхнего тягово-поддерживающего контура в качестве эскалатора для спуска и подъема людей с поверхности в карьер или обратно позволяет освободиться от применения специальных подъемников для спуска и подъема людей, что повышает эффективность применения данной конструкции.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Конструкция многоконтурного крутонаклонного пластинчатого конвейера-эскалатора (рисунок 1) состоит из верхнего двухконтурного тягово-поддерживающего органа 1 с перегородками и нижнего тягово-несущего пластинчатого полотна с пятью автономными тяговыми органами 2.

Верхний тягово-поддерживающий орган представляет собой два двухцепных автономным тяговых контура с перегородками 3. Каждый тяговый контур состоит из двух приводимых от одного привода тяговых цепей, к которым крепятся перегородки 3, состоящие из двух частей.

Нижний тягово-несущий орган представляет собой грузонесущий орган пластинчатого конвейера с многоконтурными автономными тяговыми цепями,

то есть каждый цепной тяговый контур приводится в движение от своего привода, что исключает неравномерность распределения нагрузки между цепями и обеспечивает максимальное использование их по прочности [2].

В случае порыва одной тяговой цепи остальные цепи несущего полотна не выйдут из строя, а будут продолжать работать вследствие своей автономности.

Связь между верхним тягово-поддерживающим и нижними несущими контурами косвенная – через транспортируемый груз.

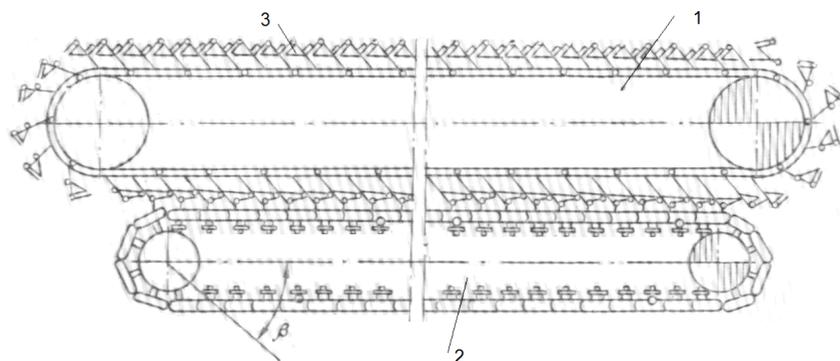


Рисунок 1 – Конструкция многоконтурного крутонаклонного пластинчатого конвейера-эскалатора:
1 – тягово-поддерживающий орган;
2 – тягово-несущий орган; 3 – перегородка

Механизм распределения нагрузки между автономными контурами и поддержания груза на несущем органе показан на расчетной схеме (рисунке 2).

Груз, размещенный между двумя смежными перегородками верхнего контура с определенным шагом l , можно представить в виде двух слоев: верхний слой – над осью $O-O'$. Продольное сечения нижнего слоя груза всегда имеет форму прямоугольника, а сечение верхнего слоя – неправильную форму. Поэтому центры тяжести O_1 и O_2 смещены относительно друг друга как по нормали, так и по касательной к поверхности несущего органа. Представив массу груза обоих слоев в виде сосредоточенных усилий $q_1 l$ и $q_2 l$, приложенных к центрам тяжести, разложим их на составляющие: $q_1 l \cos \beta$; $q_1 l \sin \beta$ и $q_2 l \cos \beta$; $q_2 l \sin \beta$.

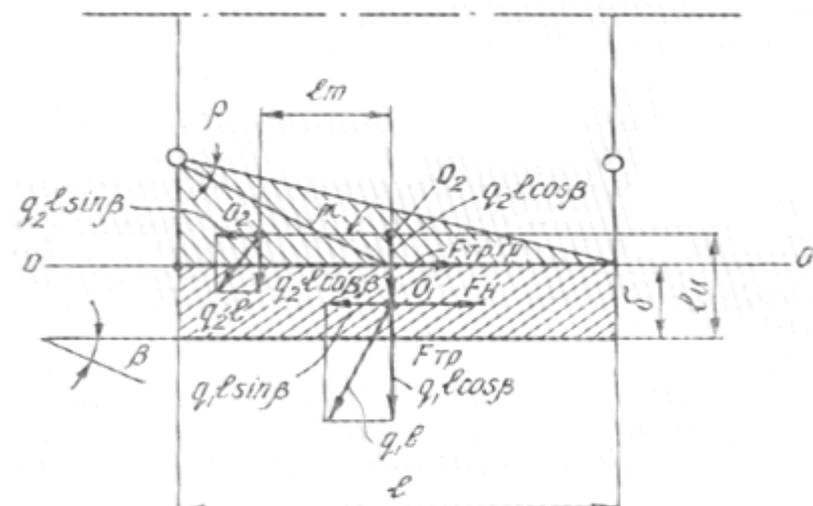


Рисунок 2 – Схема распределения нагрузки между автономными контурами конвейера-эскалатора

Для приведения составляющей $q_2 l \cos \beta$ к центру тяжести нижнего слоя O_1 осуществим параллельный перенос силы в точку O_2 , заменив ее моментом $M = q_2 l \cos \beta \cdot lm$ и равным по величине ей усилием [3].

Нижний слой груза удерживается от сползания наличием нормального давления со стороны верхнего слоя груза, наличием трения между верхним и нижним слоями, трения между грузом и несущей поверхностью, а также моментом M .

Сила трения между верхним и нижним слоями:

$$F_{тр.гр} = q_1 l \cos \beta \cdot f_{тр},$$

где $f_{тр}$ – коэффициент трения между частицами груза, характеризующий физическими свойствами самого груза.

Сила трения между полным грузом и поверхностью несущего органа можно определить по формуле:

$$F_{тр.гр} = (q_1 + q_2) l X f_n \cos \beta,$$

где f_n – коэффициент трения груза по поверхности несущего органа.

Сила, с которой момент $M = q_2 l \cos\beta \cdot l_M$ противодействует сползанию нижнего слоя груза, находится по выражению:

$$F_M = \frac{M}{l_{\text{ц}}} = \frac{q_2 l \cos\beta \cdot l_M}{l_{\text{ц}}},$$

где $l_{\text{ц}}$ – расстояние между центрами тяжести O_1 и O_2 по касательной к поверхности грузо несущего органа, м.

Как видно из расчетной схемы, нижний контур воспринимает следующие нагрузки $q_1 l \cos\beta, q_2 l \cos\beta$ и некоторую часть усилия $q_1 l \sin\beta$, а верхний контур – нагрузку $q_2 l \sin\beta$ и остальную часть усилия $q_1 l \sin\beta$. Обозначим часть усилия $q_1 l \sin\beta$, воспринимаемого нижним контуром, через $G_{\text{н}}$, а верхним контуром – через $G_{\text{в}}$.

При распределении условия $q_1 l \sin\beta$ между верхними и нижними контурами возможны 2 случая [3].

1 Если силы трения между верхними и нижними слоями груза, между грузом и поверхностью будут больше половины условия $q_1 l \sin\beta$, то последнее распределяется равномерно между соответствующими контурами:

$$G_{\text{в}} = G_{\text{н}} = \frac{1}{2} q_1 l \sin\beta.$$

2 Если силы трения между грузом и поверхностью грузонесущего органа значительно больше половины усилия $q_1 l \sin\beta$, а сила трения между слоями груза меньше половины этого усилия, то оно распределяется следующим образом:

$$G_{\text{в}} = F_{\text{тр.гр}} = q_2 l \cos\beta \cdot f_{\text{тр}};$$

$$G_{\text{н}} = q_1 l \sin\beta - F_{\text{тр.гр}}.$$

Очевидно, такое распределение нагрузки будет иметь место только при строгом равенстве линейных скоростей автономных контуров.

Нормальная работа конвейера будет обеспечена, если силы трения будут больше скатывающей силы нижнего слоя, а верхний слой удерживается перегородками:

$$F_M + F_{\text{тр.гр}} + F_{\text{тр.л}} \geq F_{\text{ск.н.сл}}$$

где $F_{\text{ск.н.сл}}$ – скатывающее усилие нижнего слоя:

$$F_{\text{ск.н.сл}} = q_{\text{грл}} l \sin\beta,$$

$$F_M + F_{\text{тр.гр}} + F_{\text{тр.л}} \geq q_1 l \sin\beta,$$

$$q_2 l \cos\beta \left(f_{\text{тр}} + \frac{l_M}{l_{\text{ц}}} \right) + (q_1 + q_2) l \cos\beta \cdot f_{\text{л}} \geq q_1 l \sin\beta.$$

Окончательно получим:

$$\text{tg}\beta \leq \frac{q_2 \left(f_{\text{тр}} + \frac{l_M}{l_{\text{ц}}} \right) + (q_1 + q_2) \cdot f_{\text{л}}}{q_1}$$

$$\beta \leq \arctg \left[\frac{q_2}{q_1} \left(f_{\text{тр}} + f_{\text{л}} + \frac{l_M}{l_{\text{ц}}} \right) + f_{\text{л}} \right]$$

Таким образом, угол наклона конвейера зависит от соотношения линейных масс верхнего и нижнего слоев груза, от расстояний между центрами тяжести этих слоев по нормали и по касательной к плоскости транспортируемого груза и от вида транспортируемого материала [4].

Количественное соотношение между линейными и массами верхнего и нижнего слоев груза зависит от зазора между перегородкой и несущим полотном конвейера.

Определим значение зазора между перегородкой и несущим полотном конвейера из равенства:

$$q_1 \leq \frac{q_2}{\text{tg}\beta - f_{\text{л}}} \left(f_{\text{тр}} + f_{\text{л}} + \frac{l_M}{l_{\text{ц}}} \right)$$

И выразим через площадь поперечного сечения груза в зазоре:

$$q_1 = 1000F\gamma$$

$$1000F\gamma \leq \frac{q_2}{\text{tg}\beta - f_{\text{л}}} \left(f_{\text{тр}} + f_{\text{л}} + \frac{l_M}{l_{\text{ц}}} \right)$$

$$F \leq \frac{q_2}{(\text{tg}\beta - f_{\text{л}}) 1000\gamma} \left(f_{\text{тр}} + f_{\text{л}} + \frac{l_M}{l_{\text{ц}}} \right)$$

Зазор между перегородкой и несущим полотном влияет на распределение нагрузки верхним и нижним тяговыми контурами:

$$h \leq \frac{q_2}{(tg \beta - f_n) 1000\gamma} \left(f_{тр} + f_n + \frac{l_n}{l_c} \right)$$

где F – площадь поперечного сечения нижнего слоя груза;

γ – объемный вес груза;

B – ширина несущего полотна;

h – зазор между перегородкой и несущим полотном.

Нагрузка между нижним и остальными верхними контурами рапределяется изменением высоты нижнего слоя груза, которая определяется из равенства соотношений λ сопротивлений перемещению груза и статических усилий, допустимых на тяговые органы верхнего и нижнего контуров по условию прочности [5]:

$$\frac{W_{в.к}}{W_{н.к}} = \frac{F_{в.к}}{F_{н.к}} = \lambda$$

где $W_{в.к}, W_{н.к}$ – сопротивления движению соответственно верхнего и нижнего контуров;

$F_{в.к}, F_{н.к}$ – допустимые статические условия на тяговые органы по условиям прочности соответственно верхнего и нижнего контуров.

Сопротивление движению нижнего контура находим по выражению:

$$W_n = W_n^{гп} + W_n^{ноп}$$

где $W_n^{гп}, W_n^{ноп}$ – сопротивление движению соответственно для грузовой и холостой ветви нижнего контура:

$$\begin{aligned} W_n^{гп} &= (q_n^н + q_1 + q_2) \omega L \cos \beta + q_n^н L \sin \beta + G_n \\ W_n^{ноп} &= q_n^н \omega L \cos \beta - q_n^н L \sin \beta \\ W_n &= (2q_n^н + q) \omega L \cos \beta + G_n \end{aligned}$$

Сопротивление движению верхнего контура определяем по формуле:

$$\begin{aligned} W_b &= W_b^{гп} + W_b^{ноп} \\ W_b^{гп} &= q_n^в \omega L \cos \beta + (q_2 + q_n^в) L \sin \beta + G_b \\ W_b^{ноп} &= (q_n^в + q_{гп}^*) \omega L \cos \beta + (q_n^в + q_{гп}^*) L \sin \beta \end{aligned}$$

$$W_b = (2q_n^в + q) \omega L \cos \beta + (q_2 - q_{гп}^*) L \sin \beta + G_b$$

где $q_{гп}^*$ – линейная масса груза на эскалаторе.

Тяговое усилие нижнего контура составит:

$$F_{н.к} = n^н \left(\frac{S_{паз}^н}{m} - S_{сб}^н \right)$$

Тяговое усилие нижнего контура составит:

$$F_{в.к} = n^в \left(\frac{2k S_{паз}^в}{m} - S_{сб}^в \right)$$

Определяющее количественное соотношение линейных масс груза, распределенных между верхним и нижним контурами:

$$\frac{(2q_n^в + q) \omega L \cos \beta + (q_2 - q_{гп}^*) L \sin \beta + G_b}{(2q_n^н + q) \omega L \cos \beta + G_n} = \frac{n^в \left(\frac{2k S_{паз}^в}{m} - S_{сб}^в \right)}{n^н \left(\frac{S_{паз}^н}{m} - S_{сб}^н \right)}$$

где $q_n^в, q_n^н$ – линейная масса движущихся частей соответственно верхнего и нижнего контуров;

$n^в, n^н$ – число тяговых цепей и тяговых контуров соответственно верхнего и нижнего контуров;

k – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения усилий между 2-я тяговыми цепями одного контура;

m – коэффициент запаса прочности тяговых цепей;

$S_{сб}^в, S_{сб}^н$ – натяжение в точке сбегаения соответственно для верхнего и нижнего контуров.

Допустимая длина конвейера исходя из прочности тягово-поддерживающего контура с учетом формул определяем по формуле:

$$L_b = \frac{n^в \left(\frac{2k S_{паз}^в}{m} - G_b^{k1} \right)}{k1 \left[(2q_n^в + q_{гп}^*) \omega \cos \beta + (q_2 - q_{гп}^*) \sin \beta \right]}$$

Длина конвейера по нижнему тягово – несущему контуру равна:

$$L_n = \frac{n^н \left(\frac{S_{паз}^н}{m} - S_{сб}^н \right) - G_n^{k2}}{k_a (2q_n^н + q) \omega \cos \beta}$$

где k_1, k_2 – коэффициенты, учитывающие сопротивление на концевых станциях соответственно для верхнего и нижнего контуров.

Упругая ось воспринимает синусную составляющую массы верхнего слоя груза, расположенного между нижними частями перегородок, которую приводим в виде сосредоточенного усилия к точке А [6].

Усилие $q_2 \sin\beta l$ относительно упругой оси создает крутящий момент:

$$M_{кр} = (q_2 \sin\beta l + G_B)h,$$

где l – шаг перегородки, h – высота нижней части перегородки.

Расчет упругой оси на крутящий $M_{кр}$ проводится последовательно, сначала для стержневого торсиона, затем для трубчатого:

$$\varphi_{ст.т} = \frac{32M_{кр}l_{раб}}{\pi d^4 G}$$

Напряжение:

$$\tau = \frac{16M_{кр}}{\pi d^3}$$

где $l_{раб}$ – длина рабочей части стержневого торсиона;

d – диаметр стержневого торсиона;

G – модуль упругости второго рода.

Угол закручивания трубчатого торсиона:

$$\varphi_{ст.т} = \frac{32M_{кр}l'_{раб}}{\pi(d_2^4 - d_1^4)G}$$

где $l'_{раб}$ – длина рабочей части стержневого торсиона;

d_1, d_2 – внутренний и наружный диаметры трубчатого торсиона.

Напряжение:

$$\tau = \frac{16M_{кр}d_2}{\pi(d_2^4 - d_1^4)}$$

Полный угол закручивания определяется по выражению:

$$\varphi = \varphi_{ст.т} + \varphi_{тр.т}$$

ВЫВОДЫ

Достоинства крутонаклонного пластинчатого конвейера-эскалатора:

– возможность без перегрузочного транспортирования грузов под большими углами наклона;

– возможность подъема и спуска людей на обратной ветви верхнего тягово-поддерживающего органа;

– упрощение схемы очистки несущего полотна.

При проведении расчетов были сделаны следующие выводы:

– угол наклона конвейера зависит от соотношения линейных масс верхнего и нижнего слоев груза, от расстояний между центрами тяжести этих слоев по нормали и по касательной к плоскости транспортируемого груза и от вида транспортируемого материала;

– количественное соотношение между линейными и массами верхнего и нижнего слоев груза зависит от зазора между перегородкой и несущим полотном конвейера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д.** Оптимальный алгоритм построения структурной схемы приоритетного развития горного машиностроения // Журнал «Вестник Карагандинского университета». – 2011. – №4(64) – С. 51–57.

2 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Югай, В. В.** Оптимальный алгоритм для построения структурных схем конвейеров с тяговым органом // Журнал «Вестник Карагандинского университета». – 2012. – №2(66) – С. 38–43.

3 **Акашев, З. Т., Булатбаев, Ф. Н.** Разработка программы и структуры приоритетного развития производственно-технической базы // Международный научный журнал «Актуальные проблемы современности». – 2011. – № 11(76) – С. 9–12.

4 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Югай, В. В.** Оптимальный алгоритм для построения структурных схем конвейеров с тяговым органом. (часть 1) // Журнал «Актуальные проблемы современности». – 2012. – №2(82) – С. 4–9.

5 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Югай, В. В.** Оптимальный алгоритм для построения структурных схем конвейеров с тяговым органом. (часть 2) // Журнал «Актуальные проблемы современности». – 2012. – №2(82) – С. 9–15.

6 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Булатбаев, Ф. Н.** Модульный принцип организации горного машиностроения. Монография. – Караганда : Изд-во КарГТУ, 2013. – 282 с.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

З. Т. Акашев¹, Ф. Н. Булатбаев², А. Д. Мехтиев³, Ю. Ф. Булатбаева⁴**Көпқұрамды крутонаклонды пластиналы конвейер-эскалатордың жұмыс параметрлерін таңдау және есептеу**^{1,2,3,4}Энергетика, автоматика және теле байланыс факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.Z. T. Akashev¹, F. N. Bulatbayev², A. D. Mehtiev³, Y. F. Bulatbayeva⁴**Selection and calculation of working parameters of a multi-circuit circle tilt lambed conveyor-escalator**^{1,2,3,4}Faculty of Power Engineering, Automation and Telecommunications,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Мақалада көпқұрылымды крутонаклонды пластиналы конвейер – эскалатордың конструкциясы қарастырылған.

Конвейер-эскалатордың автономды контурлары арасында жүктемені бөлу сұлбасы келтірілген.

Крутонаклонды пластиналы конвейер – эскалатордың жұмыс параметрлерін таңдау және есептеу жүргізіледі. Есептеулерді жүргізу кезінде келесі тұжырымдар жасалды: конвейердің көлбеу бұрышы жүктің жоғарғы және төменгі қабаттарының сызықтық массаларының ара қатынасына, осы қабаттардың ауырлық орталықтары арасындағы ара қашықтығына нормаль бойынша және тасымалданатын жүктің жазықтығына қатысты және тасымалданатын материалдың түріне байланысты; жүктің жоғарғы және төменгі қабаттарының сызықтық және массалары арасындағы сандық ара қатынас конвейердің қалқасы мен көтергіш төсемінің арасындағы саңылауға байланысты.

Конвейерлердің мұндай түрін пайдалану артықшылықтары келтірілген: үлкен көлбеу бұрышымен жүктерді қайта тиестен тасымалдау мүмкіндігі; жоғары тартқыш-демеуші органның кері бұтағына адамдарды көтеру және түсіру мүмкіндігі; көтергіш төсемді тазалау сұлбасын оңайлату.

The article describes the design of a multi-contour steeply inclined plate conveyor-escalator.

The load distribution scheme between the autonomous circuits of the conveyor-escalator is shown.

The selection and calculation of the operating parameters of the steeply inclined plate conveyor-escalator is carried out. During the calculations, the following conclusions were made: the angle of inclination of the conveyor depends on the ratio of the linear masses of the upper and lower layers of the load, on the distances between the centers of gravity of these layers along the normal and tangent to the plane of the transported cargo and on the type of transported material; the quantitative ratio between the linear and the masses of the upper and lower layers of the load depends on the gap between the partition and the supporting conveyor belt.

The advantages of using this type of conveyors are given: the possibility of transporting goods without reloading at large angles of inclination; the possibility of lifting and lowering people on the reverse branch of the upper traction-supporting body; simplification of the cleaning scheme of the carrier web.

**З. Т. Акашев¹, Ф. Н. Булатбаев²,
А. Д. Мехтиев³, Ю. Ф. Булатбаева⁴**

¹д.т.н., профессор, Факультет энергетики, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

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

³к.т.н., и.о. профессора, Факультет энергетике, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

⁴доктор PhD, и.о. доцента, Факультет энергетике, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан

e-mail: ¹z.akashev@kstu.kz; ²felix4965@mail.ru;

³Barton.kz@mail.ru; ⁴Julia_my_angel@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК,
ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ЗАГРУЗКЕ ПЛАСТИНЧАТЫХ
КОНВЕЙЕРОВ**

В статье проводится анализ способов снижения ударных нагрузок от загружаемых крупнодробленых и крупнокусковых грузов на конвейер.

Были получены зависимости силы удара, коэффициента динамичности и максимальных перемещений опорной пластины и секции става.

По данным экспериментальных исследований были сделаны выводы, что коэффициент динамичности зависит от высоты и массы падающего груза, жесткости и массы соударяемых тел, достигая наибольшего значения при падении на первую линейную и опорную пластины; наименьшее значение коэффициент динамичности имеет при загрузке над средней линейной пластиной, однако при этом основная нагрузка будет передаваться на тяговые цепи, что необходимо учитывать при расчетах; существенного снижения коэффициента динамичности можно достичь при уменьшении жесткости ударяемой системы.

Ключевые слова: конвейер, коэффициент динамичности, нагрузка, соударение тел, крупнодробленый и крупнокусковой груз.

ВВЕДЕНИЕ

Опыт эксплуатации различных типов конвейеров на отечественных и зарубежных предприятиях показывает, что при загрузке и транспортировке горной массы, содержащей крупные куски, рабочие органы (лента, пластины несущего полотна) конвейеров быстро выходят из строя из-за действия на них значительных динамических нагрузок. Наиболее опасными являются динамические нагрузки в пункте погрузки на конвейеры, так как здесь загружаемые куски, падая со значительной высоты (0,5–1,0), обусловленной конструкцией погрузочных устройств, обладают большим запасом кинетической энергии и вызывают повреждения элементов конвейера.

Для учета ударных нагрузок при выборе и определении основных прочностных параметров и элементов специальных конвейеров, предназначенных для транспортировки крупнодробленых и крупнокусковых скальных грузов, необходимо знать их величину, условия возникновения и характер воздействия на несущее полотно и другие элементы конвейера, а так же степень влияния на его прочность и долговечность.

В работах, посвященных соударению крупнодробленых и крупнокусковых грузов с рабочим органом, можно проследить 2 основных направления: исследование пробивной прочности (сопротивление лент ударным нагрузкам) и определение максимальной величины силы удара. В результате исследований разработаны методики расчета геометрических и прочностных параметров загрузочной части обеспечивающей непробиваемость рабочего полотна при ударных нагрузках.

Несмотря на многочисленные исследования и определенные успехи по снижению динамических нагрузок при транспортировке крупнодробленых и крупнокусковых грузов ленточными конвейерами, износ лент в узлах загрузки в 2,5–4 раза больше, чем на других участках.

В научно-технической литературе недостаточно освещены исследования динамических нагрузок элементов пластинчатых конвейеров при погрузке сильных грузов; не изучены вопросы прочности и жесткости несущего полотна и опорных конструкций в узлах погрузки, не определены пути снижения ударных нагрузок, практически отсутствует методика расчета элементов конструкции конвейеров на прочность при действии ударных нагрузок.

Параметры пластинчатого конвейера для перемещения руды определены в работах [1, 2]. Однако при расчете коэффициента динамичности толщины пластин несущего полотна не учитываются конструктивные особенности

последних (наличие бортов, зигов жесткости и др.) для различных типов конвейеров. В работе при установлении коэффициента динамичности не учитываются масса соударяемых тел и влияние расстояния между ходовыми роликами на величину динамических нагрузок, что привело к значительным погрешностям (до 40 %) при определении ударных нагрузок, действующих на элементы конструкции конвейера в пунктах погрузки. Недостатком является и то, что авторами не исследовались нагрузки, воспринимаемые такими элементами конвейера, как пластины, тяговая цепь, секции става, участвующими в ударе, а считалось, что вся нагрузка воспринимается только пластинами несущего полотна, что привело к не обоснованному завышению параметров рабочего полотна и секции става на испытываемых конвейерах. Все работы проводились на моделях или коротких отрезках несущего полотна пластинчатых конвейеров без проверки на движущемся полотне конвейера в реальных условиях эксплуатации. Не исследовано также влияние ударных нагрузок на прочностные параметры тягового органа и выбор рационального места расположения погрузочных пунктов. Поэтому один из главных вопросов при создании пластинчатых конвейеров – разработка рациональной конструкции загрузочных узлов, при которой достигается значительное снижение ударных нагрузок, а следовательно, увеличивается срок службы конвейера в целом и уменьшается металлоемкость.

Анализ работ, посвящённых созданию и разработке погрузочно-приемных устройств специальных конвейеров, показывает, что снижение ударных нагрузок от загружаемых крупнодроблённых и крупнокусковых грузов достигается следующими способами [3]:

1) использованием специальных загрузочных узлов и механизмов, обеспечивающих минимальную высоту падения груза на несущее полотно и снижающих относительную скорость падающего куска груза к скорости принимающего конвейера;

2) применением более совершенной, т.е. обладающей большой общей и местной податливостью конструкции роликкоопор и става применительно к ленточным конвейерам;

3) организацией на конвейере в пункте загрузки подсева мелочи с целью смягчения силы удара и рассредоточения ее величины на большую площадь;

4) созданием специальных амортизирующих секции конвейеров, устанавливаемых в местах загрузки.

Первый способ. Различные конструкции погрузочно-приемных устройств (питателей, роликкоопор и секции става) дают определенный эффект с точки зрения рабочего полотна от ударных нагрузок в пункте погрузки конвейеров. Однако анализ опыта эксплуатации различных типов питателей и погрузочных устройств, предназначенных для погрузки крупно-

спусковых скальных грузов, показал их непригодность по условию высоты падения груза, так как практически не существует погрузочных устройств, обеспечивающих безударную укладку на полотно конвейера.

Второй способ снижения ударных нагрузок основан на применении специальных амортизирующих роликкоопор при загрузке ленточных конвейеров.

Применение третьего способа не дает окончательного решения вопроса загрузки конвейеров, так как для дифференциации потока по фракциям с целью предварительной укладки мелочи (подсыпки) требуется применение громоздких и дорогих вибрационных питателей-грохотов; создание подсыпки из мелкого материала не всегда возможно и зависит от качества буровзрывных работ и гранулометрического состава загружаемого груза.

Для транспортировки крупнокусковых скальных грузов пластинчатыми конвейерами наиболее приемлемыми является четвертый способ, т.е. установка в местах загрузки специальных амортизирующих секции.

Исследование динамических нагрузок, возникающих в узлах загрузки пластинчатых конвейеров с целью создания работоспособного грузонесущего полотна, а также поиск путей их снижения использованием специальных амортизирующих секций является актуальной задачей, без решения которой применение специальных конвейеров на рудниках и карьерах невозможно.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Создание методов расчета машин и их элементов на ударные нагрузки является сложной и еще нерешенной задачей. Анализ работ показывает, что ряд авторов в своих работах рассматривают только местные деформации тел вдали от площади контакта при их соударении, а другие рассматривают лишь общие деформации и не учитывают местные. Важные закономерности были установлены Б. А. Александровым, который показал, что в передачи энергии ударом участвует лишь часть массы длинного стержня, по которому производится удар. Значительный вклад в развитие теории удара внесли Н. Л. Кильчевский, С. П. Тимошенко, В. Л. Бердман, В. В. Соколовский и др [4].

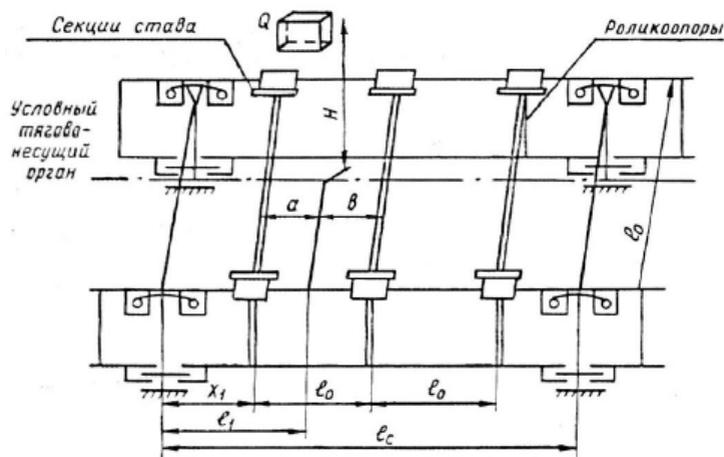


Рисунок 1 – Схема расчетного участка конвейера

Анализируя современное состояние теории соударения упругих тел, можно сделать вывод, что все известные методы определения усилий и деформаций при ударе являются весьма приближенными, не дают исчерпывающего ответа на многочисленные вопросы, возникающие при изучении поведения машин и приборов в условиях импульсного воздействия внешней нагрузки, а также в связи с проблемами расчета на прочность их элементов.

Приняв допущение, что для исследования достаточно рассмотреть конвейерную систему, содержащую конечное число роликовых пролетов полотна конвейера в пределах загрузочной секции согласно расчетной схеме (рисунок 1), представленной в виде пространственной системы, находящейся под воздействием определенной без учета местных деформации (что весьма не значительно по сравнению с деформации всей системы) силы удара. В общем виде упругая система конвейерного полотна является пространственной, однако, если пренебречь возможным отклонением места соударения падающего груза и полотна по ширине, становится возможным рассмотреть рабочее полотно в виде плоской колебательной системы.

Пусть крупнокусовой груз массой Q свободно падает с высоты H на среднюю часть опорной пластины, которая опирается на направляющие секции став (рисунок 2).

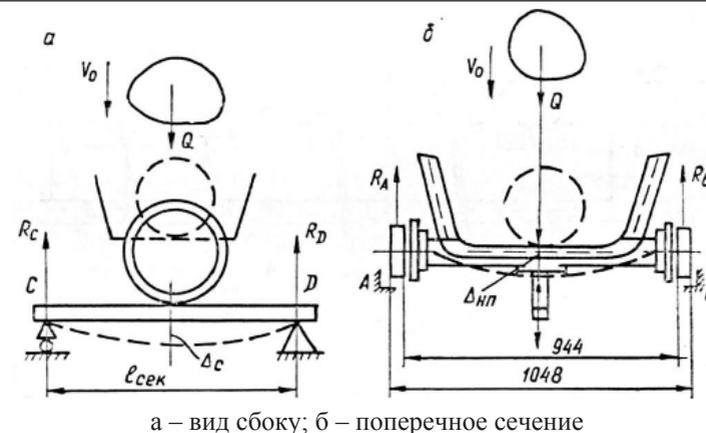


Рисунок 2 – Схема взаимодействия груза с опорной пластиной

Решение этой задачи выполним, учитывая, что при соударении тел не происходит проскальзывания одного тела по поверхности другого, т.е. исключим из рассмотрения скорость полотна, что при существующих скоростях транспортировки пластинчатыми конвейерами, как показали расчеты, не оказывает существенного влияния на конечные результаты.

По данным экспериментальных исследований при падении груза под опорной пластиной тяговая цепь не подвергается ударному воздействию, а вся нагрузка воспринимается пластиной и секцией става; усилия и деформации, испытываемые этими элементами от падающих кусков груза, зависят от соотношения их масс и жесткостей, для определения которых воспользуемся теорией об изменении кинетической энергии при ударе. На основании этой теории энергия, которая будет деформировать ударяемую систему, составит:

$$U = \frac{mv_0^2}{2} * \frac{m}{m + m_{np}} + mg (\Delta_{max1} + \Delta_{max2}),$$

где m_{np} – приведенная к средней части опорной пластины масса системы, определяемая по методу Донкерли и Релея:

$$m_{np} = \frac{c_1 m_1 k_1 + c_2 m_2 k_2}{c_1 + c_2},$$

где $m_1, m_2, c_1, c_2, k_1, k_2$ – масса, коэффициенты жесткости и коэффициенты приведения массы соответственно опорной пластины и секции става.

Величина максимальной энергии деформации пластины и направляющих става:

$$U = \frac{\Delta_{max} * c_1}{2} + \frac{\Delta_{max} * c_2}{2},$$

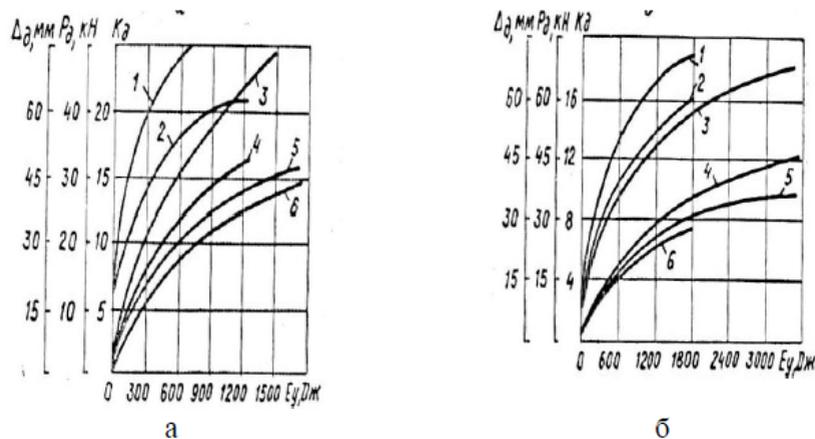
где $\Delta_{max1}, \Delta_{max2}$ – динамические прогибы пластины в точке удара и направляющей ства в месте опоры пластины, определяемые экспериментально.

Усилия, вызывающие эти деформации пластины в точке удара и направляющей ства, определяются как:

$$P_{g1} = c_1 * \Delta_{max1} \tag{1}$$

$$P_{g2} = c_2 * \Delta_{max2} \tag{2}$$

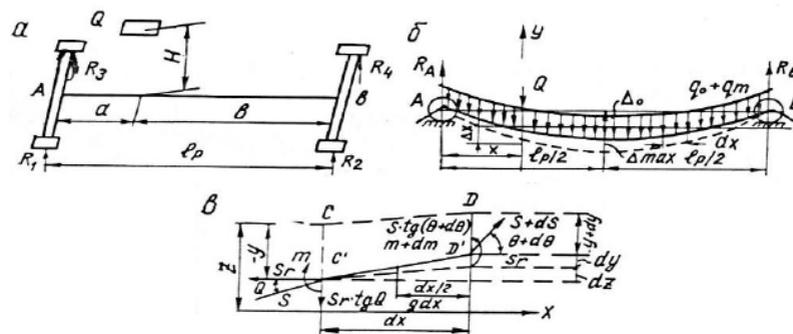
Как видно из формул (1), (2) прогибы пластин, направляющих ства и усилия, вызывающие эту деформацию, зависят от массы и жесткости соударяемых тел, участвующих в ударе, и скорости соударения; естественно, при этом наибольшую деформацию испытывает тот элемент, у которого жесткость наименьшая.



а – конвейер П-80 (1, 2, 4 – соответственно P_d, k_d и при $Q=150$ кг; 3, 5, 6 – соответственно P_d, k_d и при $Q=350$ кг);
 б – конвейер ПКС-140 (1, 2, 6 – соответственно P_d, k_d и при $Q=300$ кг; 3, 4, 5 – соответственно P_d, k_d и при $Q=700$ кг)
 Рисунок 3 – Графики зависимости P_d, k_d и от энергии удара

Зависимости силы удара, коэффициента динамичности и максимальных перемещений опорной пластины и секции ства приведены на рисунке 3.

Как видно из графиков, сила удара при падении груза массой 150–300 кг с высоты 0,5 м для конвейера П-80 составляет 25–50 кН, а для конвейера ПКС-140 при массе груза 700 кг, падающего с той же высоты, 50–80 кН, при этом коэффициенты динамичности равны 26 и 38 соответственно, что в десятки раз превышает величину при статическом воздействии указанных грузов и повышаются с увеличением высоты падения груза. А, следовательно, скорости удара в момент соприкосновения с пластиной, жесткости ударяемой системы снижаются с увеличением массы отдельных кусков, что объясняется некоторой упругостью относительно жесткой ударяемой системы при нагрузке более крупных кусков груза [5].



а и б – соответственно реальная и упрощенная схемы;
 в – элементарный участок тягово-несущего органа
 Рисунок 4 – Расчетная схема к определению ударных нагрузок при загрузке между опорными пластинами

Рассмотрим случай, когда крупнокусковой груз загружается между роликовыми пластинками (рисунок 4 а). Пусть удар произошел в некоторую точку N несущего полотна по направлению, совпадающему с его перемещением N. Зададимся формой упругой линии $x(x)$. Ординату этой кривой в точке N обозначим x_N . Тогда величину максимального динамического прогиба можно определить из неизвестной теории классической механики, приравняв кинетическую энергию удара максимальной потенциальной энергии деформации [6]:

$$\frac{m+m_{np}}{2} v_N^2 + mg \Delta N = \frac{\Delta^2 N}{2x^2 N} \sum \int_0^l E_o l_{ц} (x^n)^2 dx$$

где V_N – скорость системы после соударения;
 m – масса падающего груза;
 $E_o l_{II}$ – жесткость тягово-несущего органа;
 m_{np}, k_{np} – коэффициент приведения;
 q – линейная масса несущего полотна;
 $m_{н.п.}$ – масса несущего полотна.

$$m_{np} = k_{np} * m_{н.п.}$$

$$k_{np} = \frac{1}{m_{н.п.}} \int_0^{l_p} q \left[\frac{x(x)}{x_N} \right]^2 dx.$$

Величину максималбного прогиба ΔN в месте удара можно выразить через статическую деформацию:

$$\Delta N = \Delta_{ст} * k_d, \tag{3}$$

где k_d – динамический коэффициент.

Величина динамического усилия при определяется как $P_d = k_d * Q$.

В выражении (3) статическое перемещение ударяемой системы под действием статически приложенной силы Q можно представить в виде:

$$\Delta_{ст} = y_{ст}^{н.п.} + y_{ст}^{сек} \tag{4}$$

где $y_{ст}^{н.п.}, y_{ст}^{сек}$ – перемещение несущего полотна и секции под действием статически приложенной силы.

Для определения прогиба тягово-несущего органа (рисунке 4 б) рассмотрим его как тяжелую деформируемую провисающую между опорами нить, упругие удлинения которой подчиняются закону Гука. При этом смещение роликкоопор под действием приложенной нагрузкиможно пренебречь.

Для нахождения прогиба несущего полотна y (рисунок 4 в) составим уравнения равновесия элементарного участка dx :

$$\sum m_c = m - S_r * \tan \theta dx - \frac{q dx dx}{2} - m - dm + S_n (dz + dy) = 0$$

$$\sum y = S_r * \tan \theta - q dx + S_r * \tan(\theta + d\theta) = 0$$

где $\tan \theta$ – тангенс угла θ между осью x и касательной к упругой линии.

После соответствующих преобразований получим:

$$\frac{d^4}{dx^4} - \frac{S^r}{E_{II}^{ol}} * \frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{q_o}{E_{II}^{ol}} - \frac{S_r}{E_{II}^{ol}} * \frac{d^2 z}{dx^2} = 0 \tag{5}$$

Решая уравнение (5) относительно статистического прогиба несущего полотна при $x = \frac{l_p}{2}$, получим:

$$y_{ст}^{н.п.} = 0.125 \frac{q l_p^2}{S} + 0.25 \frac{\theta l_p}{S} - (\theta + q_{olp}) \frac{\sqrt{E_{olII}}}{2S\sqrt{S}} \tag{6}$$

Из формулы (6) можно заметить, что при определении прогиба тягово-несущего органан без учета его жесткости, как принято в расчетах, допускается погрешность на величину:

$$(\theta + q_{olp}) \frac{\sqrt{E_{olII}}}{2S\sqrt{S}}.$$

Здесь принято, то что $S_r = S$, так как при статическом приложении нагрузки величина натяжении тягог-несущего органа изменяется незначительно; l_p – база роликовых пластин.

Для определения деформации секции става каждую боковину ее рассматриваем как плоскую рамну систему и, геометрическую неизменность конструики как жесткой сварной системы, приведем ее к схеме, представленной на рисунке 5.

Используя метод начальных парметров, найдем статическое перемещение секции става под действием силы Q , приложенной в точке $Z_2 = x_1 + a$:

$$y_{ст}^{сек} = \frac{Q}{12E_{olII}} \left\{ (x_1 + a)^3 - \frac{(x_1 + a)^4}{l_c} - a^3 \frac{l_p - a}{l_p} - l_c^2 (x_1 + a) + l_c (x_1 + a)^2 + \frac{l_p - a}{l_c l_p} (l_c - x_1)^3 (x_1 + a) + \frac{a}{l_c l_p} * [l_c - (l_p + x_1)]^3 (x_1 + a) \right\} + \frac{\Delta_p \Delta_c}{l_c} (x_1 + a) + \Delta_c \tag{7}$$

Так как при ударе деформируются обе боковины секции, то общее статическое перемещение секции:

$$y_{ст}^{сек} = -\frac{1}{2} y_{ст}^{сек} \tag{8}$$

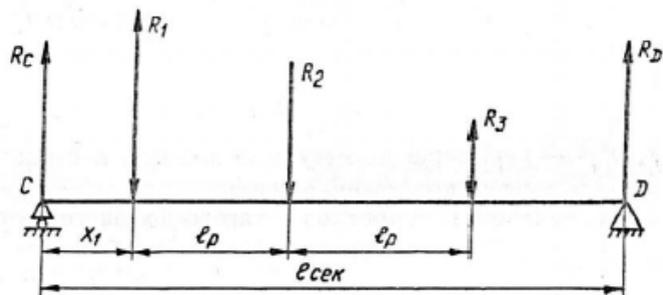


Рисунок 5 – Схема к расчету прогибов направляющих секций става

Анализ выражения (7) показывает, что наибольшее перемещение секции при воздействии груза будет при расположении стационарной точки погрузки материала посередине секции (в этом случае коэффициент и усилия удар наименьшие) [6].

Формулу для определения коэффициента динамичности с учетом формул (3), (4), (6), (7), (8) можно представить в виде:

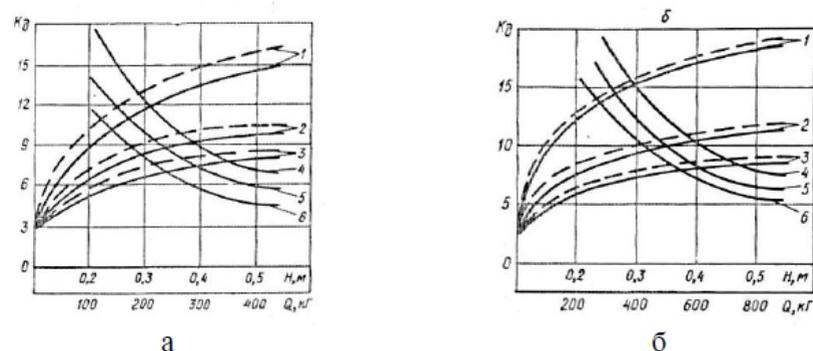
$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{(1 + \beta_{н.п})y_{ст}^{н.п} + 2(1 + \beta_c)y_{ст1}^{сек}}}$$

Сила удара определяется как:

$$P_d = Q \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{(1 + \beta_{н.п})y_{ст}^{н.п} + 2(1 + \beta_c)y_{ст1}^{сек}}}\right]$$

где $\beta_{н.п}$, β_c – поправочные коэффициенты, учитывающие массы несущего полотна и секции става, участвующих в соударении:

$$\beta_{н.п} = \frac{1}{105} \left\{ 1 + 2 \left[1 + \frac{l_p^2}{a(l_p + a)} \right] \right\} \frac{q_l p}{Q}; \beta_c = \frac{17}{35} * \frac{q_{сек} l_c}{Q}$$



а – конвейер П-80 (1, 2, 3 – соответственно при Q=150; 250; 350 кг; 4, 5, 6 – соответственно при H = 0,5; 0,3; 0,2 м); б – конвейер ПКС-140 (1, 2, 3 – соответственно при Q=300; 500; 700 кг; 4, 5, 6 – соответственно при H = 0,5; 0,3; 0,2 м)

Рисунок 6 – Зависимость k_d от высоты и массы падающего груза, жесткости и массы соударяемых тел

Анализ выражений (6) и (7) показывает, что статистические прогибы систем зависят от конструктивных параметров несущего полотна с секции става, натяжения тягового органа и масс падающего груза (рисунок 6).

ВЫВОДЫ

1 Коэффициент динамичности зависит от высоты и массы падающего груза, жесткости и массы соударяемых тел, достигая наибольшего значения при падении на первую линейную и опорную пластины.

2 Наименьшие значение коэффициент динамичности имеет при загрузке над средней линейной пластиной, однако при этом основная нагрузка будет передаваться на тяговые цепи, что необходимо учитывать при расчетах.

3 Существенного снижения коэффициента динамичности можно достичь при уменьшении жесткости ударяемой системы, т.е. введя амортизирующие элементы в опоры секции става.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д. Оптимальный алгоритм построения структурной схемы приоритетного развития горного машиностроения // Журнал «Вестник Карагандинского университета». – 2011. – №4(64) – С. 51–57.

2 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Югай, В. В.** Оптимальный алгоритм для построения структурных схем конвейеров с тяговым органом // Журнал «Вестник Карагандинского университета». – 2012. – №2(66) – С. 38–43.

3 **Акашев, З. Т., Булатбаев, Ф. Н.** Разработка программы и структуры приоритетного развития производственно-технической базы // Международный научный журнал «Актуальные проблемы современности». – 2011. – № 11(76) – С. 9–12.

4 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Югай, В. В.** Оптимальный алгоритм для построения структурных схем конвейеров с тяговым органом. (часть 1) // Журнал «Актуальные проблемы современности». – 2012. – №2(82) – С. 4–9.

5 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Югай, В. В.** Оптимальный алгоритм для построения структурных схем конвейеров с тяговым органом. (часть 2) // Журнал «Актуальные проблемы современности». – 2012. – №2(82) – С. 9–15.

6 **Акашев, З. Т., Мехтиев, А. Д., Булатбаев, Ф. Н.** Модульный принцип организации горного машиностроения. Монография. – Караганда : Изд-во КарГТУ, 2013. – 282 с.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

З. Т. Акашев¹, Ф. Н. Булатбаев², А. Д. Мехтиев³, Ю. Ф. Булатбаева⁴

Тақтайша конвейерлерді жүктеу кезінде туындайтын динамикалық жүктемелерді зерттеу

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

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,

Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

Z. T. Akashev¹, F. N. Bulatbayev², A. D. Mehtiev³, Y. F. Bulatbayeva⁴

Research of dynamic loads arising when loading plate conveyors

^{1,2,3,4}Faculty of Power Engineering, Automation and Telecommunications,

Karaganda State Technical University,

Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Мақалада жүктелген дөрекі және кесек жүктемелерден конвейерге соққы жүктемелерін азайту жолдарының талдауы келтірілген.

Соққы күшінің, динамикалық коэффициенттің және тірек тақтасының максималды орын ауыстыруының тәуелділігі алынды.

Тәжірибелік зерттеулерге сәйкес, динамикалық коэффициент бірінші сызықтық және тірек тақтасына құлаған кезде ең үлкен мәнге жететін түсетін жүктің биіктігі мен массасына, соқтығысушы денелердің қаттылығы мен массасына байланысты деп тұжырымдалды; динамикалық коэффициент орташа сызықтық плитадан жоғары жүктеме кезінде ең аз мәнге ие болады, алайда негізгі жүктеме тартылыс тізбектеріне беріледі, ол есептеулерде ескерілуі керек; динамизм коэффициентінің айтарлықтай төмендеуіне әсер ету жүйесінің қаттылығын төмендету арқылы қол жеткізуге болады.

The article provides an analysis of ways to reduce shock loads from loaded coarse and lumpy loads onto the conveyor.

Dependences of impact force, dynamic coefficient, and maximum displacements of the base plate and section of the stand were obtained.

According to experimental studies, it was concluded that the dynamic coefficient depends on the height and mass of the falling load, the rigidity and mass of the colliding bodies, reaching the greatest value when falling on the first linear and support plate; the dynamic coefficient has the least value when loading above the middle linear plate, however, the main load will be transferred to the traction chains, which must be taken into account in the calculations; a significant reduction in the coefficient of dynamism can be achieved by reducing the rigidity of the impact system.

Е. Т. Акимбеков

аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010016, Қазақстан Республикасы
e-mail: akimbekoverlan@mail.ru

**АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ ҰЙЫМДАСТЫРУДЫҢ
ФИЗИКАЛЫҚ ҚАҒИДАЛАРЫ БОЙЫНША
ҚҰПИЯЛЫҚТЫ БҰЗУ ҚАУПІНЕН ҚОРҒАУ**

Мақалада ақпарат қауіпсіздігі деген ұғымға тоқтала отырып, ақпаратты қорғау мәселелері бойынша физикалық тұрғыдан құпиялықты бұзу қаупінен қорғау жайында қысқаша баяндалады. Құпиялықты бұзу қаупінен қорғаудың жүйелерін құрудың жолдарын қарастырғанымыз жайында айтылады. Сонымен қатар мақалада ақпараттың құпиялылығын қамтамасыз етудің бір әдісі – криптографиялық әдістері және қорғау жүйесінің модельдеріне көңіл аударып тоқталып өтеміз. Сонымен қатар мақалада ақпараттық құпиялықтың маңыздылығы жайында айтылады, оны қорғау мәселелері, яғни бұзу қаупінен сақталу жолдары баяндалды.

Кілтті сөздер: физикалық қауіпсіздік, криптографиялық примитивтер, автоматтандырылған жүйе, симметриялы криптожүйелер, классификациялық атрибут, желіаралық экрандау

КІРІСПЕ

Бүгінде әлемдегі барлық мекемелердің, басқару органдарының, ұйымдардың, жеке тұлғалардың жаһандық ақпараттық электрондық желілерде, айналымдағы ақпаратқа, оның нақтылығына, қорғалғандығына, қауіпсіздігіне тікелей тәуелді екендігі жасырын емес.

Ақпарат қауіпсіздігі – жүйенің берілген уақыт аралығында, яғни ақпаратты өңдеу кезінде, мәліметтердің жоғалуы мен модификациясының минималды ықтималдылығын қамтамасыз ету әдісі.

Әдетте бүкіл компания иелері мен пайдаланушыларына зиян келтіретін қасақана немесе кездейсоқ әрекеттерден ақпаратты қорғау ақпараттық қауіпсіздік деп аталады.

Ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету, ең алдымен, олардың салдарын жоюға емес, тәуекелдерді болдырмауға бағытталады. Ақпараттық қауіпсіздік жүйесін құруда ең алдымен ақпараттың құпиялылығын, тұтастығын және

қол жетімділігін қамтамасыз етуге арналған шараларды қолдану керек. Ақпараттың жоғалуы немесе заңсыз жариялануы компания үшін елеулі қаржылық шығындармен қатар оны толық жойылуына дейін алып келеді.

Әрине, ақпараттың жоғалу проблемасы бүгінгі күні пайда болған жоқ, компьютерлік дәуірге дейін өнеркәсіптік тыңшылық және білікті мамандарды тарту болды. Ақпараттың заңсыз жария болу әдістерінің көбеюі дербес компьютер және Интернетпен тығыз байланысты болып отыр. Егер ертеректе компаниядан қағаз құжаттар жоғалса, қазір маңызды ақпараттың үлкен көлемін флешкаға сақтап оңай түрде алып кету мүмкіндігі бар. Сонымен қатар ақпаратты руткиттер, трояндар және ботнеттердің көмегімен желіге жіберіп, немесе жай ғана вирустар арқылы жойып жібере алады [1].

Көп жағдайда компаниядан қаржылық, технологиялық және жобалық құжаттар, логиндер мен құпия сөздер жоғалады. Ал кәсіпорын қызметкерлерінің жеке мәліметтерінің жоғалуы компанияны үлкен қатерге әкеледі. Сондықтан да ақпаратты қорғауды кешенді түрде ұйымдастырған дұрыс. Ақпаратты өте маңызды немесе маңызсыз деп бөлудің қажеті жоқ. Компания қызметімен байланысты және жариялауға арналмаған барлық ақпарат компанияда сақталып, қауіптен қорғалуы тиіс.

Ақпараттық қауіпсіздік қатерін бағалау мен анализдеу әдістерін дамытуда үлес қосқан отандық ғалымдар: Б. Б. Ахметов, Б. С. Ахметов, Л. Б. Атымтаева, У. А. Тукеев және басқалар [2]. Шетел ғалымдары арасында осы салада белсенді жұмыс істегендер: Корченко А. Г., Костров Д. Д., Маршалл В. К., Медведовский И. С., Мушик Э., Нестеров С. А., Петренко С. А., Пелтиер Т., Рагозин Ф., Симонов С. В., Фишберн П., т.б. [3].

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Ақпараттың құпиялылығын бұзу қаупінен қорғау жүйелерін құрудың әдістері мен қорғау жүйесінің моделіне тоқталайық.

Автоматтандырылған жүйелерде ақпараттың құпиялылығын бұзу қаупінен қорғау жүйелерін құру кезінде кешенді тәсіл қолданылады. Бастапқы қорғау іске асырылатын ұйымдастыру шаралары мен компьютерлік желіге физикалық қолжетімділікті бақылау тетіктері есебінен жүзеге асырылады. Одан әрі, логикалық қолжетімділікті бақылау кезеңінде қорғау желілік қауіпсіздіктің әртүрлі сервистерін пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Барлық жағдайларда техникалық арналар арқылы жойылу мүмкіндігін жабатын ақпаратты қорғаудың инженерлік-техникалық құралдарының кешені өрістетілуі тиіс.

Кіші жүйелерді қорғауды іске асыруға қатысушылардың әрқайсысына толығырақ тоқталайық.

Физикалық қауіпсіздігін қамтамасыз етудің ұйымдастыру шаралары мен шарттары.

Бұл механизмдер мына әрекеттерді қамтамасыздандырады:

- автоматтандырылған жүйе элементтеріне физикалық қолжетімділікті шектеу және бақылау жүйесін өрістету;
- күзет және физикалық қауіпсіздік қызметін құру;
- қызметкерлер мен келушілердің орын ауыстыруын бақылау механизмдерін ұйымдастыру (бейне бақылау жүйелерін, проксимити-карталарды және т.б. пайдалана отырып);
- регламенттерді, лауазымдық нұсқаулықтарды және т.б. реттеуші құжаттарды әзірлеу және енгізу;
- құпия ақпараты бар тасымалдаушылармен жұмыс істеу тәртібін регламенттеу.

Компьютерлік жүйенің жұмыс істеу логикасын қозғамай, оларды дұрыс және нақты іске асыру кезіндегі осы шаралар қорғаудың өте тиімді тетігі болып табылады және кез келген нақты жүйенің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін өмірлік қажет.

Сәйкестендіру және аутентификация

Сәйкестендіру деп қол жеткізу субъектілеріне бірегей сәйкестендіргіштерді беруді және осындай сәйкестендіргіштерді мүмкін болатын тізіммен салыстыруды түсіну болып қабылданған. Өз кезегінде, аутентификация субъекті ұсынған сәйкестендіргіштің кіру тиесілігін тексеру және оның түпнұсқалығын растау ретінде түсініледі.

Қазіргі уақытта қолданатын барлық аутентификация әдістерін 4 үлкен топқа бөлуге болады:

1 Кейбір құпия ақпаратты білуге негізделген әдістер.

Мұндай әдістердің классикалық мысалы-құпия сөзді қорғау, аутентификация құралы ретінде пайдаланушыға құпия сөзді енгізу ұсынылады – (символдардың кейбір тізбегі). Бұл ең көп таралған аутентификация әдістері болып табылады.

2 Бірегей затты пайдалануға негізделген әдістер. Мұндай зат ретінде смарт-карта, токен, электрондық кілт және т.б. пайдаланылуы мүмкін.

3 Адамның биометриялық сипаттамаларын қолдануға негізделген әдістер. Практикада көбінесе келесі биометриялық сипаттамалардың бірі немесе бірнешеуі қолданылады:

- саусақ іздері;
- көздің торының немесе Радуга қабығының суреті;
- қол қылқаламының жылу суреті;
- беттің фотосуреті немесе жылу суреті;
- жазу (қолы);
- дауыс.

4 Пайдаланушымен байланысқан ақпаратқа негізделген әдістер.

Мұндай ақпараттың мысалы GPS көмегімен анықталатын пайдаланушы координаттары бола алады. Бұл тәсіл аутентификацияның жалғыз тетігі ретінде қолданылуы мүмкін емес, алайда бірнеше бірлесіп пайдаланылатын механизмдердің бірі ретінде әбден рұқсат етіледі.

Жоғарыда аталған тетіктердің бірнешеуін бірлесіп пайдалану тәжірибесі кең таралған – мұндай жағдайларда көп факторлы аутентификация туралы айтады.

Аутентификацияның құпия сөздік жүйелерінің ерекшеліктері. Қазіргі бар аутентификация механизмдерінің барлық алуан түрлілігі кезінде олардың ең көп таралғаны құпия сөздік қорғаныс болып қалуда. Бұл үшін бірнеше себептер бар, мысалы:

Іске асырудың салыстырмалы қарапайымдылығы. Шынында да, құпия сөзді қорғау тетігін іске асыру әдетте қосымша аппараттық құралдарды тартуды талап етпейді.

Дәстүрлі түрде өтеді. Құпия сөзді қорғау механизмдері автоматтандырылған жүйелерді пайдаланушылардың көпшілігі үшін үйреншікті болып табылады және психологиялық бас тартуды тудырмайды – мысалы, көз торының суретінің сканерлерінен айырмашылығы.

Сонымен қатар, құпия сөзді қорғаныс жүйелеріне олардың тиімді іске асырылуын қиындататын парадокс тән: тұрақты құпия сөздердің адамның пайдалануы үшін жарамдылығы шамалы.

Шын мәнінде, құпия сөздің тұрақтылығы оның күрделенуіне қарай туындайды; бірақ құпия сөз қиын болған сайын, оны есте сақтау қиынырақ болады және пайдаланушыда құпия сөзді жазуда ынғайсыздық пайда болады, бұл оның беделін түсіру үшін қосымша қолайсыздық жасайды.

Құпия сөздік жүйелердің қауіпсіздігінің негізгі қауіп-қатерлеріне толығырақ тоқталайық. Жалпы жағдайда құпия сөзді зиянкестер үш негізгі тәсілдің бірін алуы мүмкін:

1 Адам факторының әлсіздігін пайдалану есебінен. Мұнда құпия сөздерді алу әдістері әртүрлі болуы мүмкін: қарау, тыңдау, шантаж, қауіп-қатер келгенде, олардың заңды иелерінің рұқсатымен бөтен есептік жазбаларды пайдалану.

2 Таңдау арқылы. Бұл ретте келесі әдістер қолданылады:

– Толық аралықтар. Бұл әдіс оның күрделілігіне қарамастан кез келген құпия сөзді айқындауға мүмкіндік береді, алайда тұрақты құпия сөзді ашу үшін шабуылға қажетті уақыт зиянкестің рұқсат етілген уақыт ресурстарынан едәуір артық болуы тиіс.

– Сөздік бойынша таңдау. Тәжірибеде қолданылатын құпия сөздердің маңызды бөлігі-мағыналы сөздер немесе өрнектер. Көптеген жағдайларда толық таңдаусыз жұмыс істеуге мүмкіндік беретін ең көп таралған құпия сөздіктер бар.

3 Құпия сөздік жүйелерді іске асыру кемшіліктерін пайдалану есебінен. Іске асырудың осындай кемшіліктеріне қорғаудың құпия сөздік жүйесінің қандай да бір компоненттерін іске асыратын желілік сервистердің пайдаланылатын олқылықтары немесе тиісті бағдарламалық немесе аппараттық қамтамасыз етудің декларацияланбаған мүмкіндіктері жатады

Құпия сөзді жүйелерді практикалық іске асыру бойынша ұсыныстар. Құпия сөзді қорғау жүйесін құру кезінде автоматтандырылған жүйенің ерекшелігін ескеру және тәуекелдерді талдау нәтижелерін басшылыққа алу қажет. Сонымен қатар, келесі практикалық ұсыныстарды келтіруге болады:

– Құпия сөздің ең аз ұзындығын орнату. Құпия сөздің ең аз рұқсат етілген ұзындығын регламенттеу қаскүнем үшін толық таңдау жолымен құпия сөзді таңдауды іске асыруды қиындататыны анық.

– Құпия сөз әліпбиінің қуатын арттыру. Қуатты арттыру есебінен (мысалы, арнайы таңбаларды міндетті түрде пайдалану арқылы қол жеткізіледі) толық аралықты күрделендіруге болады.

– Құпия сөздерді сөздік бойынша тексеру және жарамсыз ету. Бұл механизм сөздіктің құпия сөздігін таңдау арқылы оңай таңдалатын құпия сөздерді іріктеуді қиындатуға мүмкіндік береді.

Құпия сөздің максималды әрекет ету мерзімін орнату. Құпия сөздің әрекет ету мерзімі зиянкестер құпия сөзді таңдауға жұмсай алатын уақыт аралығын шектейді. Осылайша, құпия сөздің әрекет ету мерзімін қысқарту оны сәтті таңдау мүмкіндігін азайтады.

– Құпияны қолдану мерзіміне ең аз уақыт орнату. Бұл механизм пайдаланушының жаңа құпия сөзді алдыңғы пароліне дереу ауыстыру әрекетін болдырмайды.

– Құпия сөзді енгізу әрекеттерінің санын шектеу. Тиісті механизм құпия сөзді интерактивті іріктеуді қиындатады.

– Пайдаланушы жүйеге бірінші рет кіргенде құпия сөзді мәжбүрлеп ауыстыру. Егер барлық пайдаланушы үшін құпия сөздерді бастапқы генерациялауды администратор жүзеге асырса, пайдаланушыға жүйеге бірінші рет кірген кезде бастапқы құпия сөзді ауыстыру ұсынылады – бұл жағдайда жаңа құпия сөз әкімшіге белгілі болмайды.

– Құпия сөзді енгізгендегі қателік. Механизм құпия сөздерді интерактивті таңдауға кедергі жасайды.

– Пайдаланушының құпия сөзін таңдауға тыйым салу және құпия сөзді автоматты түрде генерациялау. Бұл механизм генерацияланған Құпия сөздердің тұрақтылығына кепілдік береді – алайда бұл жағдайда пайдаланушыларда құпия сөздерді есте сақтаумен проблемалар орын алғанын ұмытпаған жөн.

Желі бойынша құпия сөздерді жіберу. Ең көп таралған іске асыру нұсқалары:

1 Құпия сөздерді ашық түрде беру. Тәсіл өте қарапайым, себебі құпия сөздер байланыс арналарында ұсталуы мүмкін. Осыған қарамастан, тәжірибеде қолданылатын желілік хаттамалардың көптігі (мысалы, FTP) Құпия сөздерді ашық түрде беруді болжайды.

2 іс жүзінде, кейде құпия сөзді хэш-мәндер түрінде берілуі кездеседі, алайда, бұл әдістің мағынасы жоқ – қаскүнем құпия сөздер хэшін ұстап байланыс арнасы бойынша қайта жіберуі мүмкін.

3 Шифрланған түрде құпия сөздерді беру ең ақылға қонымды және ақталған нұсқа болып табылады.

Қолжетімділікті шектеу.

Қолжетімділікті шектеу деп жүйеде қол жетімді ресурстарды кейіннен санкциялап пайдалануды бақылау үшін субъектілердің өкілеттіктерін белгілеуді түсінеді. Рұқсат беруді шектеудің екі негізгі әдісін атауға болады: дискрециялық және мандат.

Дискрециялық деп аталған субъектілер мен объектілер арасында қатынауды шектеу болып табылады.

Қолжетімділікті мандаттық шектеу әдетте құпиялылық деңгейлері бойынша қолжетімділікті шектеу ретінде іске асырылады. Әрбір пайдаланушының өкілеттігі ол жіберілген ең жоғары құпиялылық деңгейіне сәйкес беріледі.

Қол жеткізудің дискрециялық және мандаттық ара-жігін ажырату арасындағы принципті айырмашылық мыналардан тұрады: егер пайдаланушылар үшін ресурсқа қол жеткізу құқығының дискрециялық ара-жігін ажырату жағдайында оның иесі анықтаса, онда қол жеткізудің мандаттық ара-жігін ажырату жағдайында құпиялылық деңгейлері сырттан беріледі және ресурс иесі оларға ықпал ете алмайды. «Мандат» термині mandatory – «міндетті» сөзінің сәтсіз аудармасы болып табылады. Осылайша, қолжетімділікті мандаттық шектеуді мәжбүрлеп деп түсіну керек.

Ақпараттың құпиялылығын қамтамасыз етудің криптографиялық әдістерін қарастырамыз.

Ақпараттың құпиялылығын қамтамасыз ету мақсатында мынадай криптографиялық примитивтер пайдаланылады:

1 Симметриялы криптожүйелер.

Симметриялы криптожүйелерде ақпаратты шифрлеу және шифрлеу үшін өзара іс-қимыл жасайтын Тараптар алдын ала қорғалған арна бойынша алмасатын бір ортақ құпия кілт пайдаланылады.

Симметриялы криптожүйелердің мысалдары ретінде МЕМСТ 28147-89 отандық алгоритмін, сондай-ақ DES халықаралық стандарттарын және оған AES орнына келген.

2 Асимметриялық криптожүйелер.

Асимметриялық криптожүйелерді әр түрлі кілттерді шифрлеу үшін және таратып жазу үшін пайдаланылады. Шифрлеу кілтін (ашық кілтті) кез келген адам үшін қол жетімді етуге болады.

Алушы таратып жазу (расшифрование) кілтіннің жалғыз иесі (құпия кілт) бола отырып, шифрланған хабарламаларды түсінетін жалғыз адам болады.

Асимметриялық криптожүйелердің мысалдары-RSA және Эль-Гамаль схемасы.

Симметриялы және асимметриялы криптожүйелер, сондай-ақ олардың әр түрлі комбинациялары автоматтандырылған жүйелерде ең алдымен деректерді әр түрлі тасымалдауыштарда шифрлау үшін және трафикті шифрлеу үшін пайдаланылады.

Операция қағидаттарына байланысты, бірнеше брендмауэр сыныптары бар. Негізгі классификациялық атрибут DOE жұмыс істейтін ISO/OSI моделінің деңгейі болып табылады. Сыртқы периметрді қорғау әдістері

Автоматтандырылған жүйенің сыртқы периметрін қорғаудың кіші жүйесі әдетте екі негізгі тетікті қамтиды: желіаралық экрандау құралдары және басып кіруді анықтау құралдары. Бір типті міндеттерді шеше отырып, бұл тетіктер бір өнім шеңберінде жиі іске асырылады және біртұтас ретінде жұмыс істейді. Сол уақытта әр бір тетігі өз бетінше жұмыс жасауға мүмкіндігі бар.

Желіаралық экрандау. Желіаралық экран қорғалатын автоматтандырылған жүйенің шекарасында ақпараттық ағындарды шектеу функцияларын орындайды. Бұл келесі мүмкіндіктерге қол жеткізеді:

- сыртқы ортадан авторланбаған сұраныстарды елемей есебінен ішкі орта объектілерінің қауіпсіздігін арттыру;

- сыртқы ортаға кететін ақпараттық ағындарды бақылау;

- ақпараттық алмасу процестерін тіркеуді қамтамасыз ету.

Ақпараттық ағындарды бақылау ақпаратты сүзу, яғни оны өлшемдер жиынтығы бойынша талдау және ақпараттық желілерге немесе ақпараттық желілерден тарату туралы шешім қабылдау арқылы жүргізіледі.

Жұмыс істеу принциптеріне байланысты желіаралық экрандардың бірнеше кластарын бөледі. Негізгі классификациялық белгі-ISO/OSI моделінің деңгейі, онда желіаралық экран жұмыс істейді.

1 Пакеттердің сүзгілері.

ISO/OSI моделінің желілік және тасымалдау деңгейлерінде жұмыс істейтін желіаралық экрандардың қарапайым класы. Пакеттерді сүзу әдетте келесі өлшемдер бойынша жүзеге асырылады:

- Ақпарат көзінің IP мекенжайы;

- Алушының IP-мекенжайы;

- Ақпарат көзінің порты;

- алушының порты;

- желілік пакеттер тақырыбының арнайы параметрлері.

Сүзгілеу желілік пакеттер тақырыбының аталған параметрлерін сүзу ережелері базасымен салыстыру арқылы жүзеге асырылады.

2 Сеанстық деңгейдегі шлюздер.

Бұл желіаралық экрандар ISO/OSI моделінің сеанстық деңгейінде жұмыс істейді. Пакеттердің сүзгілеріне қарағанда, олар сеанстық деңгей протоколдарының параметрлерін талдай отырып, байланыс сеанстарының мүмкіндігін бақылай алады.

3 Қолданбалы деңгейдегі шлюздер.

Бұл кластың желіаралық экрандары командалардың жекелеген түрлерін немесе қолданбалы деңгейдегі хаттамалардағы деректер жиынтығын сүзуге мүмкіндік береді. Ол үшін, белгілі бір жоғары деңгейлі хаттамалар (http, ftp, telnet және т.б.) үшін желіаралық экран арқылы трафикті басқаратын арнайы мақсаттағы прокси-сервистер – бағдарламалары пайдаланылады.

4 Сараптамалық деңгейдегі желіаралық экрандар.

Жоғарыда келтірілген барлық үш санаттағы элементтерді біріктіретін ең күрделі желіаралық экрандар. Мұндай экрандарда прокси-сервистердің орнына қосымшалар деңгейінде деректерді тану және өңдеу алгоритмдері қолданылады.

Қазіргі уақытта пайдаланылатын желіаралық экрандардың көпшілігі сарапшы санатына жатады. Ең танымал және кең таралған МЭ-CISCO PIX және CheckPoint FireWall-1.

Басып кіруді анықтау жүйелері. Басып кіруді анықтау автоматтандырылған жүйенің ресурстарына рұқсат етілмеген қол жеткізуді (немесе рұқсат етілмеген қол жеткізу әрекеттерін) анықтау процесі болып табылады. Жалпы жағдайда басып кіруді анықтау жүйесі (Intrusion Detection System, IDS) осы есепті шешетін бағдарламалық-аппараттық кешен болып табылады.

IDS жүйелерінің екі негізгі санаты бар:

1 Желі деңгейінің IDS.

Мұндай жүйелерде сенсор қорғалған желі сегментінде осы мақсаттар үшін бөлінген хосте жұмыс істейді. Әдетте бұл хост желілік адаптері тыңдау режимінде жұмыс істейді (promiscuous mode), бұл сегментте өтетін барлық желілік трафикті талдауға мүмкіндік береді.

2 Хост деңгейінің IDS.

Егер сенсор хост деңгейінде жұмыс істейтін болса, талдау үшін келесі ақпарат пайдаланылуы мүмкін:

- операциялық жүйені хаттамалаудың стандартты құралдарын жазу;

- пайдаланылатын ресурстар туралы ақпарат;

- пайдаланушылардың күтілетін мінез-құлқының профилі.

IDS әр түрінің артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Желі деңгейінің IDS жүйенің жалпы өнімділігін төмендетпейді, алайда хост деңгейінің IDS шабуылдарды неғұрлым тиімді анықтайды және жеке хостпен байланысты белсенділікті талдауға мүмкіндік береді. Іс жүзінде сипатталған екі тәсілді біріктіретін жүйелерді қолданған жөн.

Хаттамалау және аудит

Хаттамалау мен аудиттің кіші жүйесі кез келген автоматтандырылған жүйенің міндетті компоненті болып табылады. Хаттамалау немесе тіркеу қауіпсіздік мәселелеріне қатысты барлық оқиғаларды тіркейтін ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету жүйесінің есеп беру тетігі болып табылады. Өз кезегінде аудит-бұл ақпараттық қауіпсіздік режимінің бұзылуын жедел анықтау және болдырмау мақсатында хаттамалық ақпаратты талдау. Хост деңгейінің басып кіруін анықтау жүйесін белсенді аудит жүйесі ретінде қарастыруға болады.

Тіркеу және аудит тетігін тағайындау:

- пайдаланушылар мен әкімшілердің есеп беруін қамтамасыз ету;
- оқиғалар реттілігін қайта құру мүмкіндігін қамтамасыз ету (мысалы, ақпараттық қауіпсіздікке байланысты инциденттерді тексеру кезінде не болуы қажет);
- ақпараттық қауіпсіздікті бұзу әрекеттерін анықтау;
- қауіпсіздікпен байланысты емес техникалық проблемаларды анықтау және талдау үшін ақпарат беру.

Хаттамаланатын деректер соңғы нәтижені бақылау мақсатында іс-қимылдардың реттілігін қалпына келтіру, қарау және талдау үшін жеткілікті, автоматтандырылған жүйелердің субъектілері қызметінің нәтижелері жазбаларының хронологиялық реттелген жиынтығын білдіретін тіркеу журналына орналастырылады.

Жүйелік журналдар кейінгі аудит және қауіпсіздіктің бұзылуын анықтау үшін ақпараттың негізгі көзі болып табылатындықтан, жүйелік журналдарды рұқсатсыз модификациялаудан қорғау мәселесіне аса көңіл бөлінуі тиіс.

Жүйелік журналдарды сақтау тәртібі туралы мәселе маңызды емес. Журнал файлдары сол немесе басқа тасымалдағышта сақталғандықтан, жүйелік журналдың максималды рұқсат етілген көлемін асыра орындау мәселесі сөзсіз туындайды.

Бұл ретте жүйенің реакциясы әртүрлі болуы мүмкін, мысалы:

- жүйе қолжетімді дискілік кеңістіктегі мәселені шешкенге дейін құлыпталуы мүмкін;
- жүйелік журналдардың ең ескі жазбалары автоматты түрде жойылуы мүмкін;

– жүйе ақпаратты хаттамалауды уақытша тоқтатып, жұмыс істеуін жалғастыра алады.

Әрине, соңғы нұсқа көп жағдайда қолайсыз болып табылады және жүйелік журналдарды сақтау тәртібі ұйымның Қауіпсіздік саясатында нақты регламенттелуі тиіс.

ҚОРЫТЫНДЫ

Мақалада автоматтандырылған жүйелерде ақпараттың құпиялылығын бұзу қаупінен қорғау жүйелерін құру кезінде кешенді тәсіл қолданылғандығы жайында баяндалды. Бастапқы қорғау ұйымдастыру шаралары мен компьютерлік желілерге физикалық қолжетімділікті бақылау механизмдері есебінен жүзеге асырылады. Одан әрі, логикалық қолжетімділікті бақылау кезеңінде қорғау желілік қауіпсіздіктің әртүрлі сервистерін пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Барлық жағдайларда техникалық арналар арқылы сыртқа кету мүмкіндігін жабатын ақпаратты қорғаудың инженерлік-техникалық құралдарының кешені өрістетілуі тиіс. Осыған орай қорғау жүйесінің түрлі модельдерін ұсынуға болады:

- физикалық қауіпсіздігін қамтамасыз етудің ұйымдастыру шаралары мен құралдары;
- сәйкестендіру және аутентификация;
- қолжетімділікті шектеу;
- ақпараттың құпиялылығын қамтамасыз етудің криптографиялық әдістері;
- хаттамалау және аудит және т.б.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Государственная Программа «Цифровой Казахстан». Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827.

2 Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар және ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету саласындағы бірыңғай талаптарды бекіту туралы. Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2016 жылғы 20 желтоқсандағы № 832 қаулысы.

3 **Грибунин, В. Г.** Комплексная система защиты информации на предприятии. – М. : «Академия», 2009 – 416 с.

4 **Завгородний, В. И.** Комплексная защита информации в компьютерных системах. – М. : «Логос», 2011 – 264 с.

5 **Краковский, Ю. М.** Информационная безопасность и защита информации. – Ростов-на-Дону : «МарТ», 2008 – 288 с.

6 **Кузнецов, А. А.** Защита деловой переписки. Секреты безопасности. – М. : «Экзамен», 2008 – 239 с.

7 **Куприянов, А. И.** Основы защиты информации. – М. : центр «Академия», 2006 – 256 б.

8 **Родичев Ю.** Нормативная база и стандарты в области информационной безопасности. – Санкт-Петербург : Питер, 2018 – 256 с.

9 **Баранова Е., Бабаш А.** Информационная безопасность и защита информации.– 3-е изд.– М. : РИОР, Инфра, 2016 – 324 с.

10 **Нестеров, С.** Основы информационной безопасности. – Санкт-Петербург : Лан, 2016. – 324 с.

11 <http://www.gosbook.ru/system/files/documents/2011/05/12/smim> [Электронный ресурс].

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Е. Т. Акимбеков

Защита от угрозы нарушения конфиденциальности по физическим правилам организации информационной безопасности

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г. Нур-Султан, 010016, Республика Казахстан.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

E. T. Akimbekov

Protection against the threat of privacy violations according to the physical rules of the organization of information security

S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010016, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

В этой статье раскрывается понятие безопасности информации, кратко излагаются вопросы защиты информации от угрозы нарушения физической конфиденциальности по вопросам защиты информации. Речь идет о том, что мы рассматриваем пути создания систем защиты от угрозы нарушения конфиденциальности. Также в статье акцентируем внимание на моделях криптографических методов и систем защиты – одном из способов обеспечения конфиденциальности информации. Кроме того, в статье говорится о важности информационной конфиденциальности, освещены вопросы ее защиты, т.е. способы защиты от угрозы нарушения.

The article reveals the concept of information security, summarizes the issues of information protection from the threat of violation of physical confidentiality on the protection of information. It's about how we're looking at ways to build systems to protect against the threat of privacy breaches. The article also focuses on the models of cryptographic methods and security systems – one of the ways to ensure the confidentiality of information. In addition, the article refers to the importance of information privacy, highlights the issues of its protection, i.e., ways to protect against the threat of violation.

А. Е. Анарбаев¹, К. Т. Әбілқасым²

¹ст. преподаватель, кафедра «Электротехники и автоматизации», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²студент, кафедра «Электротехники и автоматизации», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РЮКЗАК С ДИСПЛЕЕМ СДЕЛАННЫЙ НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

В статье рассматриваются автоматизированный рюкзак с дисплеем сделанный на платформе Arduino и WeMos D1 min PRO миниатюрная плата для разработки беспроводных микроконтроллеров. Мы загрузим прошивку на C#, затем используя необходимые элементы, сделаем рюкзак с дисплеем в 5 раз дешевле, нежели его аналоги.

Ключевые слова: Arduino, WeMos D1, Solar power bank, матрица с адресными диодами.

ВВЕДЕНИЕ

Arduino – это электронная платформа с открытым исходным кодом, основанная на простом в использовании аппаратном и программном обеспечении. Платы Arduino могут считывать входные данные – свет на сенсоре, палец на кнопке или сообщение в Твиттере – и превращать его в выходной сигнал – активировать мотор, включать светодиод и публиковать что-то в Интернете. Вы можете сказать своей плате, что делать, отправив набор инструкций микроконтроллеру на плате. Для этого вы используете язык программирования Arduino (на основе Wiring) и программное обеспечение Arduino (IDE) на основе Processing.

На протяжении многих лет Arduino был мозгом тысяч проектов, от повседневных предметов до сложных научных инструментов. Вокруг этой платформы с открытым исходным кодом собралось всемирное сообщество создателей – студентов, любителей, художников, программистов и профессионалов, которые внесли свой вклад в невероятное количество доступных знаний, которые могут оказать большую помощь как новичкам, так и экспертам.

Arduino родился в Ivrea Interaction Design Institute как простой инструмент для быстрого создания прототипов, предназначенный для студентов, не имеющих опыта в электронике и программировании. Как только оно охватило более широкое сообщество, плата Arduino начала меняться, чтобы адаптироваться к новым потребностям и задачам, дифференцируя свое предложение от простых 8-разрядных плат до продуктов для приложений IoT, носимых, 3D-печати и встроенных сред. Все платы Arduino полностью открыты, что дает пользователям возможность создавать их самостоятельно и в конечном итоге адаптировать их к своим конкретным потребностям. Программное обеспечение также с открытым исходным кодом, и оно растет благодаря вкладу пользователей во всем мире.

Благодаря простому и доступному пользовательскому интерфейсу Arduino используется в тысячах различных проектов и приложений. Программное обеспечение Arduino простое в использовании для начинающих, но достаточно гибкое для опытных пользователей. Он работает на Mac, Windows и Linux. Преподаватели и студенты используют его для создания недорогих научных инструментов, для доказательства принципов химии и физики или для начала программирования и робототехники. Дизайнеры и архитекторы создают интерактивные прототипы, музыканты и художники используют их для инсталляций и экспериментов с новыми музыкальными инструментами. Создатели, конечно же, используют его для создания многих проектов, представленных на Maker Faire, например. Arduino является ключевым инструментом для изучения новых вещей. Любой – дети, любители, художники, программисты – могут начать мастерить, просто следуя пошаговым инструкциям набора или поделиться идеями в Интернете с другими членами сообщества Arduino.

Есть много других микроконтроллеров и платформ микроконтроллеров, доступных для физических вычислений. Parallax Basic Stamp, Netmedia BX-24, Phidgets, Handyboard MIT и многие другие предлагают аналогичную функциональность. Все эти инструменты берут грязные детали программирования микроконтроллера и упаковывают его в простой в использовании пакет. Arduino также упрощает процесс работы с микроконтроллерами, но предлагает учителям, студентам и любителям некоторые преимущества перед другими системами:

Недорого – платы Arduino относительно недороги по сравнению с другими платформами микроконтроллеров. Самая дешевая версия модуля Arduino может быть собрана вручную, и даже предварительно собранные модули Arduino стоят менее 50 долларов.

Кроссплатформенность. Программное обеспечение Arduino (IDE) работает в операционных системах Windows, Macintosh OSX и Linux. Большинство микроконтроллерных систем ограничены Windows.

Простая, понятная среда программирования – Arduino Software (IDE) проста в использовании для новичков, но достаточно гибка для опытных пользователей, чтобы также воспользоваться ее преимуществами. Для учителей он удобно основан на среде программирования Processing, поэтому учащиеся, обучающиеся программированию в этой среде, будут знакомы с работой Arduino IDE.

Программное обеспечение с открытым исходным кодом и расширяемое программное обеспечение. Программное обеспечение Arduino выпускается в виде инструментов с открытым исходным кодом, доступных для расширения опытными программистами. Язык может быть расширен с помощью библиотек C ++, и люди, желающие понять технические детали, могут перейти от Arduino к языку программирования AVR C, на котором он основан. Точно так же вы можете добавить код AVR-C непосредственно в ваши программы Arduino, если хотите.

Открытый исходный код и расширяемое оборудование. Планы плат Arduino публикуются под лицензией Creative Commons, поэтому опытные конструкторы схем могут создать собственную версию модуля, дополнив его и улучшив его. Даже относительно неопытные пользователи могут создать макетную версию модуля, чтобы понять, как он работает, и сэкономить деньги [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ



Рисунок 1 – WeMos D1 min PRO

WeMos D1 mini PRO-это миниатюрная плата для разработки беспроводных микроконтроллеров 802.11 (Wifi). Он превращает очень популярный модуль беспроводного микроконтроллера ESP8266 в полноценную плату разработки. Программирование D1 mini pro так же просто, как программирование любого

другого микроконтроллера на базе Arduino, поскольку модуль включает встроенный интерфейс microUSB, позволяющий запрограммировать модуль непосредственно из Arduino IDE (требуется поддержка ESP8266, добавляемая через board manager) без дополнительного оборудования.

D1 mini Pro также предназначен для того, чтобы совместимые с Wemos экраны подключались к плате аналогично платформе Arduino development board, что значительно расширяет ее возможности. Существует уже большой ассортимент совместимых экранов, доступных, а также могут быть приобретены через наш сайт. В комплекте с модулем идет набор заголовков (требуется пайка), которые позволяют легко добавлять или удалять thses shield из D1 mini PRO.

Другие характеристики D1 Mini Pro включают 11 цифровых штырей вход-выхода, 1 штырь ввода аналога (3.2 V Макс), вспышку 16MB (бита 128M), разъем внешней антенны, построенный в керамической антенне и расквартировывает новое CP2104 US к UART IC. D1 Pro имеет тот же размер, что и D1 mini, но легче [2].

Solar power bank – это технической устройство предназначенное для зарядки электронных устройств, являющееся внешним аккумулятором, оснащенное солнечной батареей, позволяющей выполнять подзарядку в автономной, от внешней электрической сети, режиме.

Solar power bank 30000 mah – более энергоемкая модель, емкостью 30000 мАчасов (производство КНР).

Корпус выполнен из сплава алюминия и пластика в противоударном, пыле- и влагозащитном исполнении. Размер устройства – 16,8x7,8x1,7 см, вес – 250,0 грамм. Предусмотрено четыре варианта цвета: зеленый, голубой, оранжевый, желтый. Solar power bank оснащено двумя USB разъемами, использовать которые можно одновременно, а также четырьмя индикаторами заряда литий полимерного аккумулятора. Согласно техническому описанию, заявленная емкость аккумулятора составляет 30000 mAh. Солнечная батарея монокристаллического типа мощностью 1,2 Вт. Встроены фонарик оснащен шестью светодиодами. В комплект поставки кроме зарядного устройства входят: USB кабель, лента с карабином и инструкция по эксплуатации [3].



Рисунок 2 – Solar power bank

Матрица 16×16 – гибкая матрица с адресными диодами ws2812b на 256 диодов 160x160 мм. Представляет собой квадрат 16 диодов на 16 диодов размером 160 на 160 мм. Она подойдет, если вам требуется создать необычный световой эффект, инсталляцию, эквалайзер, бегущую строку или, например, диодный экран. Матрицы можно легко разрезать и соединять в цепь в соответствии с указателями. В качестве подложки используется алюминий, позволяющий сгибать ее под углом до 90 градусов, сохраняя работоспособность.

Чипы ws2812b, используемые в этой матрице встроены в корпус SMD5050 и управляют каждым диодом по отдельности. Они совместимы с большинством SPI контроллеров и их можно подключить к плате Arduino [4].

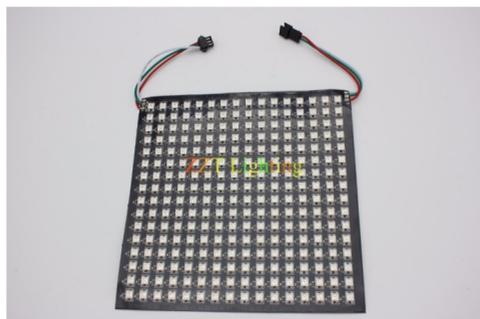


Рисунок 3 Матрица 16×16

Схема подключения рюкзака с дисплеем.

Для подключения всех элементов нам провода, именно штекер с проводом который идет в комплекте с катушкой матрицы, провод с USB штекером, и некоторые паяльные оборудования. Подготавливаем провода и

припаиваем все. Мы объединяем линию питания всех устройств, и матрица подключается к PowerBank напрямую с толстыми проводами. Также момент esp8266 нестабильная платформа и питать её от 5 V нельзя, на матрице могут появиться помехи. Поэтому рекомендуется питать платформу через диод. Диод уменьшит напряжение питания платы и помех не будет. Также при работе с матрицей в схему рекомендуется добавить резистор. Соответственно вот полная схема работы

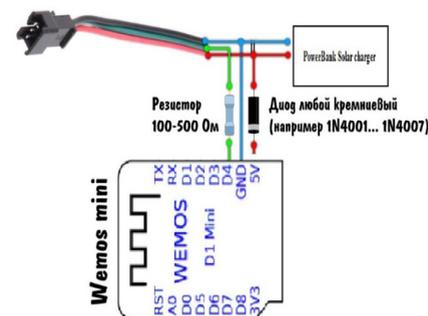


Рисунок 4 – Схема подключения рюкзака с дисплеем

Далее подключаем матрицу к компьютеру при помощи обычного USB кабеля и загружаем прошивку, которую мы написали на C++.

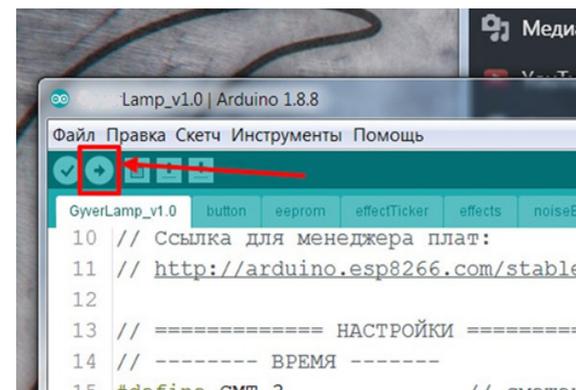


Рисунок 5 – Загрузка прошивки

ВЫВОДЫ

Проект «Рюкзак с дисплеем» был собственноручно нами сделан. Мы загрузили прошивку на C#, затем используя необходимые элементы, сделали

рюкзак с дисплеем в 5 раз дешевле, нежели его аналога. Рюкзак с дисплеем умеет следующее:

- 6 игр
- Два десятка эффектов
- Рисование
- Загрузка картинок
- Будильник
- Бегущая строка
- Демо-режим
- И несколько дополнительных функции



Рисунок 6 – Готовый рюкзак с дисплеем

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction> [Электронный ресурс].
- 2 <https://hobbycomponents.com/development-boards/864-wemos-d1-mini-pro-esp8266-development-board> [Электронный ресурс].
- 3 <https://alter220.ru/akkum/solar-power-bank.html> [Электронный ресурс].
- 4 <https://giant4.ru/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%86%D0%B0-ws2812b-16x16-led.html> [Электронный ресурс].

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

А. Е. Анарбаев¹, К. Т. Әбілқасым²

Arduino платформасында жасалған дисплейі бар автоматтандырылған рюкзак

^{1,2}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

А. Е. Anarbayev¹, К. Т. Abylkasym²

Automated backpack with display, created on the Arduino platform

^{1,2}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Мақалада Arduino және WeMos D1 min PRO платформасында жасалған дисплейі бар автоматтандырылған рюкзак сымсыз микроконтроллерлерді әзірлеу үшін шағын плата қарастырылады. Бізге тігісті жүктейміз, содан кейін қажетті элементтерді пайдалана отырып, дисплейі бар рюкзакты оның аналогына қарағанда 5 есе арзан жасаймыз.

The article discusses an automated backpack with a display made on the Arduino platform and WeMos D1 min PRO miniature board for the development of wireless microcontrollers. We will load the firmware on C#, then using the necessary elements, we will make a backpack with a display 5 times cheaper than its counterpart.

Ю. В. Анисимов¹, В. И. Рожков²

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

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

e-mail: ²rozhkovvitaliy2018@bk.ru

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТ СИЛОВЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 110–35 КВ**

В работе представлена структура системы электроснабжения сельскохозяйственного назначения, анализ аварийных режимов систем электроснабжения и обоснована актуальность исследований, заключающаяся в совершенствовании способов и средств релейной защиты основных звеньев СЭС в соответствии требований, предъявляемых к релейной защите. Дана оценка вариантов выполнения современных защит силовых трансформаторов напряжением 110–35 кВ, предложена многофункциональная токовая защита без накопления выдержки времени подстанции, реализующая диагностический способ определения повреждённого элемента подстанции.

Ключевые слова: диагностический способ, токовая защита, требования релейной защите, короткое замыкание, трансформатор, подстанция, система электроснабжения.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие сельского хозяйства является приоритетной задачей в любом государстве, как в настоящее время, так и на перспективу. Решение этой задачи является гарантией надёжного обеспечения населения качественными продуктами питания и продовольственной независимости, а выполнение её невозможно без электрификации сельского хозяйства.

В настоящее время практически все сельские производственные объекты и населённые пункты получают электроэнергию от электроснабжающих компаний. Общепринятая структура системы электроснабжения (СЭС) включает районную подстанцию напряжением 110/35/10 кВ, электрические сети напряжением 35 кВ, поселковые подстанции 35/10 кВ, располагаемые

в местах сосредоточения производства сельскохозяйственной продукции, электрические сети напряжением 10 кВ и питающиеся от них потребительские подстанции 10/0,4 кВ.

Анализ аварийных режимов СЭС показывает, что порядка 85–90 % повреждений возникают вследствие различных видов замыканий сети, из которых 15 % приходится на подстанционное оборудование, 70–75 % на линии электропередач, следовательно, на присоединения подстанций. Вследствие нарушения нормальной работы основных звеньев СЭС происходят значительные перемены электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

Актуальной задачей исследований является совершенствование способов и средств релейной защиты и автоматики элементов СЭС, в частности, силовых трансформаторов напряжением 110–35 кВ, устанавливаемые на районных и поселковых подстанциях.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Известно, что в процессе эксплуатации в трансформаторе возникают повреждения, из которых наиболее опасными являются замыкания между фазами внутри кожуха и на наружных выводах обмоток. Правила устройства электроустановок, предусматривает защиту от этих повреждений в зависимости от их мощности [1].

Эффективность защит оценивается способностью выполнять требования быстроты действия, чувствительности, селективности, надёжности и резервирования. Из них требования чувствительности и надёжности характеризуют в основном техническую реализацию устройства защит. Что касается быстроты действия, селективности и резервирования, то они определяются при их эксплуатации по результатам расчёта параметров срабатывания защит, которые зависят от режимов работы трансформатора, характера потребителей электроэнергии, значений токов короткого замыкания и принятого принципа согласования.

В частности, время срабатывания максимальной токовой защиты (МТЗ) трансформатора, в соответствии с принятым ступенчатым принципом согласования, принимается больше времени срабатывания предыдущих защит подстанции. В результате увеличиваются выдержки времени как защиты трансформатора, так и последующих защит по направлению к источнику питания. Защиты без выдержки времени, предусмотренные на подстанции, имеют ограниченную зону действия, они не реагируют на повреждения присоединений подстанции и самостоятельно использоваться не могут. В связи с этим применяется резервная защита, которая с выдержкой времени отключает трансформатор при коротком замыкании вне зоны быстродействующей защиты [2].

Рассмотрим выполнение требований селективности, быстродействия и резервирования защиты трансформатора в зависимости от его мощности и влияния на неё защит присоединений.

На подстанциях напряжением 35/10 кВ с трансформаторами мощностью менее 1 МВ·А предусматривается максимальная токовая защита, которая может выполняться на базе аналоговых или цифровых реле. Способ защиты основан на контроле величины тока, протекающего по его фазам. Выдержка времени защиты трансформатора определяется по условию согласования с защитой ввода низкого напряжения и принимается больше её на ступень селективности, а выдержка времени ввода принимается на ступень селективности больше времени действия защит отходящих линий. Кроме того, она также зависит от вида и сочетания используемых время токовых характеристик защит подстанции. Нежелательным является, когда предыдущая защита имеет зависимую, а последующая независимую время токовую характеристику.

Практика эксплуатации и анализ селективности защит подстанций напряжением 35/10 кВ показала, что при использовании аналоговых защит выдержка времени МТЗ трансформатора может достигать 4 секунд и более. При использовании цифровых защит она несколько ниже за счёт меньшего разброса по времени и принятой ступени селективности. Однако при больших значениях токов короткого замыкания, например на шинах напряжением 6–10 кВ, и относительно малая выдержка времени может привести к тяжёлым последствиям для трансформатора [2].

Защита трансформаторов мощностью до 1 МВ·А может также осуществляться предохранителями типа ПВТ-35 (ПСН-35) при условии, если они обеспечивают селективность действия в крайнем случае с защитой ввода низкого напряжения. Но поскольку в этом случае значительно увеличивается время отключения короткого замыкания, то такой вариант защиты может быть отвергнут.

Для защиты трансформаторов напряжением 110-35/10 мощностью 1–4 МВ·А устанавливается токовая отсечка. Однако токовая отсечка имеет существенный недостаток, который заключается в неспособности защищать весь трансформатор и невозможности резервировать действия предыдущих защит. Для устранения этого недостатка устанавливается резервная МТЗ, которая имеет выдержку времени, согласованную с предыдущими защитами, поэтому при коротком замыкании на шинах низкого напряжения подстанции, последствия КЗ могут быть тяжёлыми.

На трансформаторах мощностью 6,3 МВ·А и выше рекомендуется установка дифференциальной защиты. Она может быть также установлена и на трансформаторах мощностью 4 МВ·А, если отсечка не эффективна. По

сравнению с токовой отсечкой, дифференциальная защита охватывает своим действием весь трансформатор, но она не реагирует на повреждение шин, а также не осуществляет резервирование предыдущих защит.

Максимальная токовая защита, как и в предыдущем случае, выполняет роль резервной защиты с выдержкой времени, с присущим ей недостатком.

Следует также отметить, что все известные способы дифференциальной защиты трансформатора, независимо от элементной базы имеют недостаток, который заключается в сложности отстройки от токов небаланса, обусловленных его конструктивной особенностью, работой в различных режимах нагрузки и внешними короткими замыканиями, что приводит к необходимости создания более простых альтернативных защит [3].

На основании выше рассмотренного следует, что не решена важная техническая задача снижения выдержки времени МТЗ как при выполнении ей функции основной защиты на трансформаторах мощностью до 1 МВ·А, так и резервной на трансформаторах мощностью выше 1 МВ·А. Следовательно, снижение выдержки времени МТЗ является актуальной задачей повышения эффективности защиты трансформатора и присоединений подстанции.

На кафедре «Электроснабжение» Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина разработан диагностический способ токовой защиты подстанции напряжением 110–35 кВ, который решает поставленную задачу [4, 5].

Сущность способа заключается в контроле количества одновременно возникающих бросков тока короткого замыкания, которые возникают на элементах подстанции (трансформатор, шины низкого напряжения, отходящие линии 6–10 кВ) и логическом анализе режимов работы подстанции. Функциональная схема алгоритма способа защиты представлена на рисунке 1.

Контроль тока КЗ осуществляется датчиками тока, которые устанавливаются на отходящих линиях и вводах низкого и высокого напряжения. Сигналы с датчиков о броске тока короткого замыкания поступают на терминал трансформаторного присоединения, где происходит их логический анализ и подача сигнала на отключение повреждённого элемента подстанции. Короткое замыкание на отходящей линии определяется по трём броскам тока КЗ, на шинах низкого напряжения по двум броскам, а в трансформаторе по одному броску.

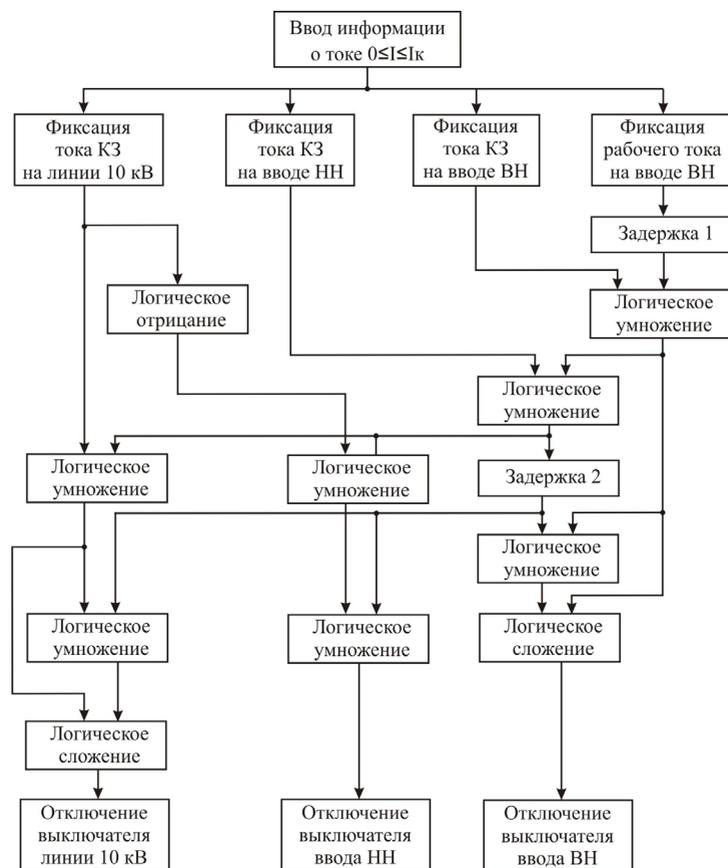


Рисунок 1 – Функциональная схема алгоритма селективной защиты без накопления выдержки времени подстанции 110-35/10 кВ

Логическая часть защиты осуществляет запрет действия при бросках тока намагничивания силового трансформатора, определяет поврежденную линию, выполняет функции резервирования при отказе выключателей предыдущих элементов подстанции и повышения чувствительности при удаленных КЗ на отходящих линиях.

Отключение поврежденных элементов подстанции осуществляется селективно без выдержки времени не зависимо от места короткого замыкания.

Это позволяет её эффективно использовать в качестве основной защиты трансформатора и присоединений подстанции с высшим напряжением 35–110 кВ.

ВЫВОДЫ

1 Современные быстродействующие защиты силовых трансформаторов имеют ограниченную зону действия, поэтому они не могут применяться самостоятельно.

2 Резервная МТЗ трансформатора, реализующая ступенчатый принцип согласования имеют выдержку, которая усугубляет последствия при коротких замыканиях на шинах низкого напряжения и отказах защит присоединений подстанции.

3 Защита подстанции, реализующая диагностический способ определения места короткого замыкания, позволяет селективно без накопления выдержки времени отключать поврежденные элементы подстанции и резервировать отказы выключателей предыдущих присоединений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Правила устройства электроустановок РК. – Астана, 2015.

2 **Чернобров, Н. В., Семенов, В. А.** Релейная защита энергетических систем: учебное пособие для техникумов. – М. : Энергоатомиздат, 1998.

3 Трансформаторы и автотрансформаторы 35-220 кВ. Дифференциальная токовая защита. Расчёт уставок. Методические указания. НТЦ «Механотроника». – СПб., 2013.

4 А.С. № 24917 РК. Способ защиты подстанции без выдержки времени / Анисимов Ю. В., Байниязов Б. А.; – опубл. 15.03.2003., бюл. № 3-4 с.

5 А.С. № 85967 РК. Устройство защиты трансформаторной подстанции 110-35/10 кВ / Анисимов Ю. В., Рожков В. И.; – опубл. 15.12.2014, бюл. № 12.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Ю. В. Анисимов¹, В. И. Рожков²

Кернеуі 110–35 кВ күштік трансформаторлардың қорғаныстарын тиімділігін бағалау

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

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

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

U. V. Anisimov¹, V. I. Rozhkov²**Evaluation of protection efficiency of power transformers with voltage 110–35 kV**

^{1,2}Energy Faculty,
S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Мақалада ауылшаруашылық мақсатындағы электрмен жабдықтау жүйесінің құрылымы, электрмен жабдықтау жүйелерінің апаттық режимдерін талдау ұсынылған. Релелік қорғанысқа қойылатын талаптарға сәйкес ЭЖЖ негізгі буындарының релелік қорғаныс тәсілдері мен құралдарын жетілдіруден тұратын зерттеулердің өзектілігі негізделген. Кернеуі 110–35 кВ күштік трансформаторлардың қорғаныстарын қазіргі заманға сай орындау нұсқауларына баға берілді, қосалқы станцияның зақымдалған элементін анықтаудың диагностикалық тәсілі іске асыратын және қосалқы станцияның уақыт ұстамдылығын жинақтамай коффункционалды ток қорғанысы ұсынылды.

The article presents the structure of the agricultural power supply system, analysis of power supply system's emergency modes. It substantiates the relevance of research, which consists in improving the methods and means of relay protection of the SEPS's main parts in accordance with the requirements for relay protection. The article provides evaluation of options for the implementation of modern protection of power transformers with voltage of 110–35 kV and proposes multifunctional current protection without accumulating the delay time of the substation, which implements a diagnostic method for determining the damaged substation element.

ГРНТИ 50.41.25

С. К. Атанов¹, Ж. А. Муканова²

¹д.т.н., профессор, кафедра «Вычислительной техники», Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Z00T8E0, Республика Казахстан;
²докторант PhD, по специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение», Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Z00T8E0, Республика Казахстан
e-mail: ¹atanov5@mail.ru; ²zhanna.mukanova.83@mail.ru

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ЗАШУМЛЕННЫХ ДАННЫХ

Во время выполнения экспериментальных исследований происходит регистрация численных значений величин, часто измеряемых с некоторой погрешностью. В связи с этим понятно естественное стремление исследователей уменьшить погрешность измерений до пренебрежимо малых значений. Для реализации данной задачи при обработке экспериментальных данных в случае, если данные зарегистрированы с некоторой погрешностью, необходимо использовать аппроксимацию, т.е. сглаживание данных кривой, не проходящей в общем случае через экспериментальные точки, но отслеживающей зависимость, устраняя возможные ошибки, вызванные погрешностью измерений. В настоящее время существует большое число программных пакетов для сглаживания данных (MatLab, Matematica, Statistica и др.). В данной статье описана программная реализация набора наиболее эффективных алгоритмов для тестовых исследований быстро меняющихся данных.

Ключевые слова: сглаживание кривой, программное приложение, сигнал, данные.

ВВЕДЕНИЕ

Современные информационные технологии позволяют обрабатывать и хранить практически неограниченные объемы информации. Одним из видов такой информации являются цифровые сигналы, полученные, например, в результате экспериментов с видео или аудио аппаратурой. Очень часто данные цифровые сигналы содержат ступенчатые (скачкообразные) изменения, которые «засоряют» полезную для анализа информацию. Сглаживание

– технология, используемая для устранения эффекта «ступенчатости», возникающего на краях одновременно выводимого на экран множества отдельных друг от друга плоских или объёмных изображений. Сглаживание было придумано в 1972 году в Массачусетском технологическом институте в Architecture Machine Group, которая позже стала основной частью Media Lab.

Алгоритмы сглаживания кривых имеют широкое применение в различных исследованиях. Например, Govindarajulu, Malloy, Ganguli, Spiegelman и Eisen [1] рассматривают методы сглаживания для моделирования экологических эпидемиологических данных. Астафьев, Щедрин и Янусова в работе [2] предложили сглаживание, как метод, улучшающий процесс сближения кривых с резкими перепадами высот. А Бочаров в работе [3] применил некоторые алгоритмы сглаживания при решении проблем прогнозирования естественного режима уровня грунтовых вод. Анализ, представленный в перечисленных выше работах, проводился с помощью различных математических моделей. Построение сглаженных кривых в данных работах производился с помощью узкоспециализированных программных приложений, применимых только в данных конкретных исследованиях.

Цель данного исследование является разработка и описание программного приложения, позволяющего построить сглаженную версию измеряемых данных некоторыми наиболее актуальными алгоритмами.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При обработке различного рода сигналов, как указывалось выше, очень важной процедурой является очистка сигнала от шума с помощью сглаживания данных. Однако существует множество алгоритмов сглаживания данных, причем не всегда можно заранее сказать, какой из них будет наиболее эффективен для той или иной задачи. В результате анализа литературы по сглаживанию данных было решено остановиться на реализации следующих алгоритмов сглаживания:

1) Фильтр Калмана – эффективный рекурсивный фильтр, оценивающий вектор состояния динамической системы (например, физический закон движения), известные управляющие воздействия и множество последовательных измерений для формирования оптимальной оценки состояния. Основные вычисления в программе были произведены по формулам (1) – (5).

$$\hat{x}_{\bar{k}} = F \cdot \hat{x}_{k-1} + B \cdot u_{k-1}, \quad (1)$$

$$P_{\bar{k}} = F \cdot P_{k-1} \cdot F^T + Q, \quad (2)$$

$$K_k = P_{\bar{k}} \cdot H^T \cdot (H \cdot P_{\bar{k}} \cdot H^T + R)^{-1}, \quad (3)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_{\bar{k}} + K_k \cdot (z_k - H \cdot \hat{x}_{\bar{k}}), \quad (4)$$

$$P_k = (I - K_k H) \cdot P_{\bar{k}}, \quad (5)$$

где $\hat{x}_{\bar{k}}$ – предсказание состояния системы в текущий момент времени, F – матрица перехода между состояниями, \hat{x}_{k-1} – состояние системы в прошлый момент времени, B – матрица применения управляющего воздействия, u_{k-1} – управляющее воздействие в прошлый момент времени, $P_{\bar{k}}$ – предсказание ошибки, P_{k-1} – ошибка в прошлый момент времени, Q – ковариация шума, K_k – усиление Калмана, H – матрица измерений, отражающая отношение измерений и состояний, R – ковариация шума, z_k – измерение в текущий момент времени, I – матрица идентичности [4].

Листинг 1 содержит ключевую часть программного кода, реализующий алгоритм фильтра Калмана.

Листинг 1 – Алгоритм фильтра Калмана

X0 = F * S;

P0 = F * Cov * F + Q;

var K = H * P0 / (H * P0 * H + R);

S = X0 + K * (d - H * X0);

Cov = (1 - K * H) * P0;

2) Фильтр низких частот – это устройство, подавляющее частоты сигнала выше частоты среза данного фильтра. Подавление высокочастотных составляющих частот сигнала приводит к подавлению деталей сигнала с большими скоростями нарастания. Фильтр низких частот всегда сглаживает сигнал, внося собственную задержку фильтра. Постоянную составляющую сигнала фильтра низких частот проходит по умолчанию. Формула (6) позволяет произвести вычисления по данному алгоритму.

$$f_k = (1 - K) \cdot f_{k-1} + K \cdot \hat{f}_k, \quad (6)$$

где f_k – обработанный фильтром сигнал в текущий момент времени, f_{k-1} – обработанный фильтром сигнал в прошлый момент времени, \hat{f}_k – значение на аналоговом входе контроллера, K – коэффициент фильтра, который варьируется от 0,0 до 1,0. Реализация вычислений в программном коде представлена в листинге 2.

Листинг 2 – Алгоритм фильтра низких частот

```
var filtered = new List<double>();
double f = 0;
for (int i = 0; i < signal.Count; i++)
{
    f = (1 - K) * f + K * signal[i];
    filtered.Add(f);
    list.Add(arg[i], filtered[i]);
}
```

3) Алгоритм Дугласа-Пекера – это алгоритм, позволяющий уменьшить число точек кривой, аппроксимированной большей серией точек. Алгоритм определяет расхождение, которое вычисляется по максимальному расстоянию между исходной и упрощённой кривыми. Упрощённая кривая состоит из подмножества точек, которые определяются из исходной кривой [5]. В листинге 3 показана часть программного кода, выполняющего данный алгоритм в программном приложении.

Листинг 3 – Алгоритм Дугласа-Пекера

```
if (Points == null || Points.Count < 3)
    return Points;
int firstPoint = 0;
int lastPoint = Points.Count - 1;
List< int> pointIndexesToKeep = new List<int>();
pointIndexesToKeep.Add(firstPoint);
pointIndexesToKeep.Add(lastPoint);
while (Points[firstPoint].Equals(Points[lastPoint]))
{
    lastPoint = lastPoint - 1;
}
DouglasPeuckerReduction (Points, firstPoint, lastPoint, Tol, ref
pointIndexesToKeep);
List<Point> returnPoints = new List<Point>();
pointIndexesToKeep.Sort();
foreach (int index in pointIndexesToKeep)
{
    returnPoints.Add(Points[index]);
}
return returnPoints;
```

4) Метод скользящего среднего – метод, который заключается в замене фактических значений членов ряда средним арифметическим значений нескольких ближайших к нему членов. Фильтр скользящего среднего оптимален для большинства задач, т.к. уменьшает случайный шум при резких изменениях шага [6]. Вычисления производятся по формуле (7), а программный код представлен в листинге 4.

$$y_i = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} x_{i+j}, \quad (7)$$

где y_i – обработанный фильтром сигнал, x_i – исходные данные сигнала, M – количество точек в среднем.

Листинг 4 – Метод скользящего среднего

```
List<double> output = new List<double>();
double tmp;
output.Add(signal[0]);
for (i = 1; i < signal.Count; i++)
{
    tmp = 0;
    if (i < hw)
    {
        k1 = 0;
        k2 = 2 * i;
        z = k2 + 1;
    }
    else if ((i + hw) > (signal.Count - 1))
    {
        k1 = i - signal.Count + i + 1;
        k2 = signal.Count - 1;
        z = k2 - k1 + 1;
    }
    else
    {
        k1 = i - hw;
        k2 = i + hw;
    }
    for (j = k1; j <= k2; j++)
    {
        tmp = tmp + signal[j];
    }
}
```

```
output.Add(tmp / z);
list.Add(arg[i], output[i]); }
```

Для разработки программного приложения SCA (Smoothing Curve Application) была использована среда разработки программных приложений MS Visual Studio 2015 и был использован язык программирования C#. Язык имеет статическую типизацию, поддерживает полиморфизм, перегрузку операторов (в том числе операторов явного и неявного приведения типа), делегаты, атрибуты, события, свойства, обобщённые типы и методы, итераторы, анонимные функции с поддержкой замыканий, LINQ, исключения, комментарии в формате XML [7].

При запуске программного приложения SCA главное окно содержит меню программы и рабочую область для построения графиков (рисунок 1).

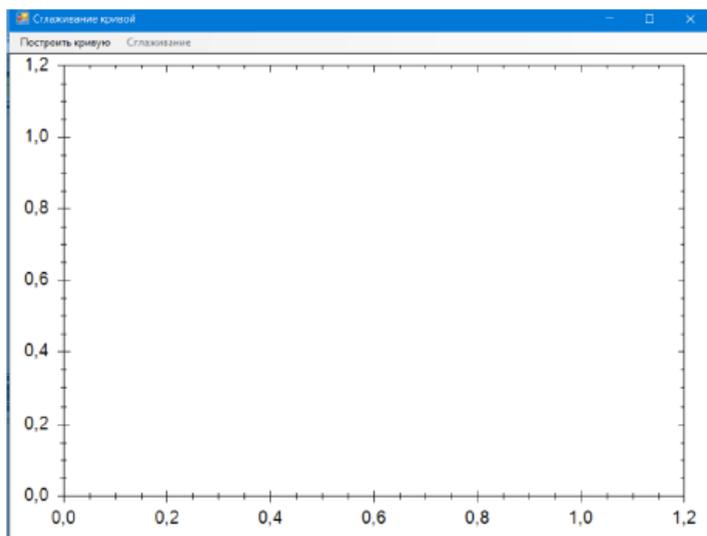


Рисунок 1 – Интерфейс приложения SCA

Ниже приведены результаты компьютерного моделирования в созданном комплексе. Меню позволяет построить кривую на основе данных, полученных из файла либо с устройства, в данном случае были получены данные с GPS навигатора 2056 точек в интервале до 350 миллисекунд (рисунок 2).

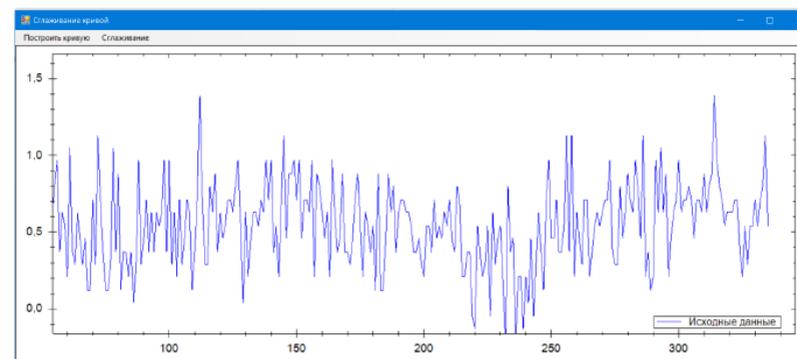


Рисунок 2 – Построение кривой на основе экспериментальных данных

После того, как график построен, открывается доступ к пункту меню «Сглаживание», которое позволяет применять 4 вида сглаживания, описанных выше. После указания необходимых параметров на графике строится кривая, полученная соответствующим алгоритмом сглаживания. Например, рисунок 3 демонстрирует применение фильтра Калмана.

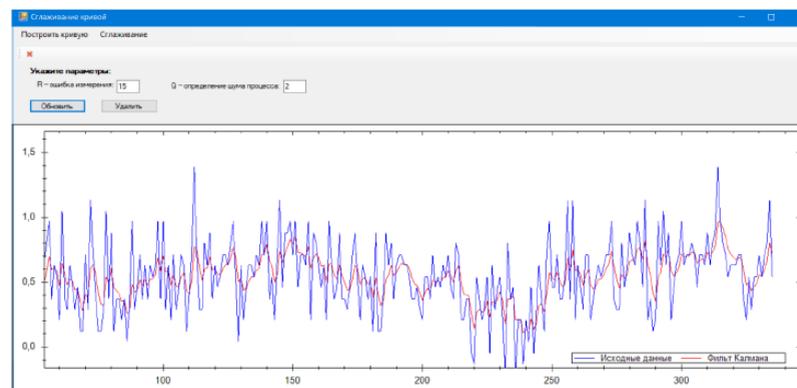


Рисунок 3 – Добавление сглаживающей кривой

Программа SCA позволяет одновременно применять несколько видов сглаживания для одной кривой, что в свою очередь, приводит к возможности выбора наиболее оптимального решения поставленной задачи. На рисунке 4 приведены примеры применения каждого из описываемых алгоритмов сглаживания к одним и тем же исходным данным.

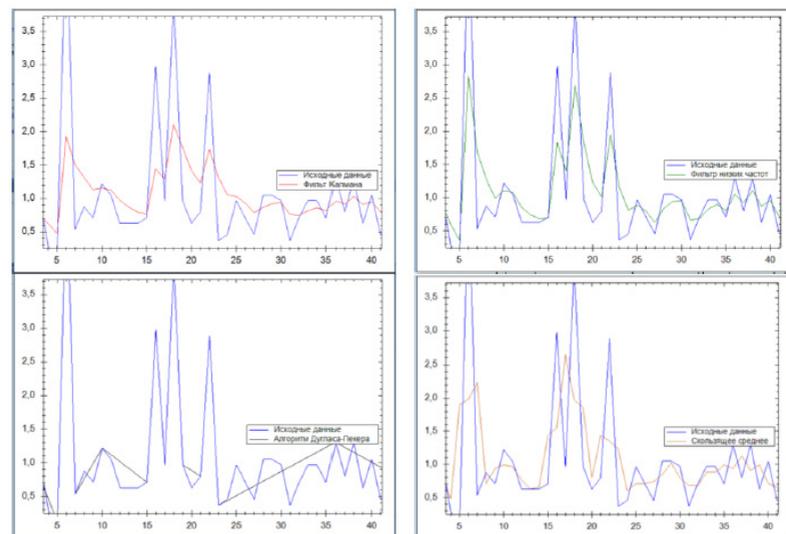


Рисунок 4 – Применение алгоритмов сглаживания

Для более детального рассмотрения кривой программа имеет функцию масштабирования. При необходимости изменения параметров сглаживания имеется возможность обновления сглаживающих кривых или их удаление.

ВЫВОДЫ

Результатом данной работы является разработка программного приложения SCA, которое позволяет применить некоторые алгоритмы сглаживания кривых, полученных при проведении экспериментов. Для разработки программного приложения использовались среда разработки программных приложений MS Visual Studio 2015 и язык программирования C#.

Данный программный комплекс использует основные существующие виды сглаживания данных, имеет интуитивно понятный интерфейс и может быть хорошим инструментом для проведения научных исследований в области математической обработки результатов.

Таким образом усреднения данных GPS-навигации беспилотных систем по алгоритму Калмана позволило эффективно управлять курсом летального объекта, несмотря на определённые ресурсные и программные вычислительные сложности. Имевшие место порывы ветра и сбивавшие курс БПЛА были обнаружены системой, проанализированы и переданы в систему управления для коррекции курса. Тогда как имевшие место кратковременные разбросы данных абсолютной высоты по данным GPS,

связанные с погрешностью измерений (до 4 метров с длительность до 100 миллисекунд), были отфильтрованы и сглажены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Govindarajulu US, Malloy EJ, Ganguli B, Spiegelman D, Eisen EA.** The comparison of alternative smoothing methods for fitting non-linear exposure-response relationships with Cox models in a simulation study // *Int J Biostat.* – 2009 – 5(1).

2 **Астафьев, С. Б., Щедрин, Б. М., Янусова, Л. Г.** Сглаживание кривой интенсивности рассеяния для улучшения сходимости метода сближения расчетных и экспериментальных кривых // *Журнал «Поверхность. рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования»* – 2004. – № 10. – С. 39–45.

3 **Бочаров, В. Л.** Применение метода интегральных кривых и сглаживания для прогноза естественного режима уровня грунтовых вод // *Материалы региональной научно-практической конференции «Современные Проблемы И Опыт Гидрогеологических, Инженерно-Геологических И Эколого-Геологических Исследований На Территории Центрально-Черноземного Региона»:* Издательско-полиграфический центр «Научная книга», Воронеж, – 2018.

4 **Greg Welch, Gary Bishop.** An Introduction to the Kalman Filter. TR 95-041// Department of Computer Science, University of North Carolina at Chapel Hill. – 2004.

5 **Shin-Ting Wu; Adler C. G. da Silva; Mercedes R. G. Márquez.** The Douglas-Peucker algorithm: sufficiency conditions for non-self-intersections // *Journal of the Brazilian Computer Society* – 2004 – 9(3).

6 **Mazhar B.Tayel, Fatma M. Hasanien.** Denoising Method for Power Line Communication // *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)* – 2017 – 12 (2), – P. 124–131.

7 **Джеффри Рихтер** «CLR via C#. Программирование на платформе .NET Framework 4.5 на языке C#». Питер – СПб. : 2012.

8 **Мальков, Д. Н., Лихтин, В. В.** Сглаживание результатов измерений// *Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке.* – 2011 – Том 3 – С. 199–206.

9 **Батищев, В. И.** Принципы построения стабильных регуляризованных фильтров Калмана // *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер.: Физ.-мат. науки.* 2000. № 9.

10 **Бладыко, Ю. В.** Сглаживающие фильтры // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2010 – № 2.

11 **Urs Ramer**, «An iterative procedure for the polygonal approximation of plane curves»// Computer Graphics and Image Processing. – 1972 – 1(3) – С. 244–256.

12 **Сарычев, В. В.** Оценка эффективности сглаживания сигнала по регулярным и нерегулярным отсчетам // Известия ЮФУ. Технические науки. 2009. – № 1.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

S. K. Atanov¹, Zh. A. Mukanova²

Кедергіге ұшыраған деректерді өңдеу алгоритмін бағдарламалық іске асыру

^{1,2}Ақпараттық технологиялар факультеті,
Л. Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., Z00T8E0, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

S. K. Atanov¹, Zh. A. Mukanova²

Software implementation of the algorithm for processing of noised data

^{1,2}Faculty of Information Technology,
L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, Z00T8E0, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Эксперименттік зерттеулерді орындау кезінде шамалардың сандық мәндері тіркеледі, ол көбінесе белгілі – бір қателіктермен өлшенеді. Осыған байланысты зерттеушілердің өлшеу қателігін еленбейтін кіші шамаға дейін төмендетуге деген талпынысы түсінікті. Егер де деректер қандай да бір қателікпен анықталған жағдайда, эксперименталды деректерді өңдеу барысында аппроксимацияны, яғни қолдану қажет. Бұл тапсырманы орындау үшін эксперименттік мәліметтерді өңдеу кезінде, егер қандай-да бір қателіктер жазылған болса, жуықтауды қолдану қажет, яғни жалпы жағдайда эксперименталды нүктелер арқылы өтпейтін, бірақ тәуелділігін тексеретін және есептеулер барысында пайда болатын қателіктерді жоюға қисық деректерін деңгейлестіру. Қазіргі уақытта деректерді деңгейлестіруге арналған көптеген

бағдарламалар пакеттері бар (MatLab, Matematica, Statistica және т.б.). Бұл мақалада тез өзгеретін деректерді мөлілік зерттеуге арналған ең тиімді алгоритмдер жиынтығының бағдарламалық қамтамасыздандыруы туралы айтылады.

During the execution of experimental studies, the numerical values of quantities are often recorded, which are often measured with some error. In this regard, the natural desire of researchers to reduce the measurement error to negligible values is understandable. To accomplish this task when processing experimental data, if the data were recorded with some error, it is necessary to use the approximation, i.e. smoothing the data of the curve, which does not pass in the general case through the experimental points, but tracks the dependence, eliminating possible errors caused by the measurement error. Currently, there are a large number of software packages for smoothing data (MatLab, Matematica, Statistica, etc.). This article describes the software implementation of the set of the most effective algorithms for test research of rapidly changing data.

А. Ж. Базарханов¹, А. Ж. Касанова²

¹магистр, Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

²х.ғ.к., PhD докторы, аға оқытушы, Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы
e-mail: ¹aset.bazar@bk.ru; ²asiyakass@mail.ru

ШИКИ МҰНАЙДЫ АЙЫРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ЖЫЛУ ИНТЕГРАЛДЫҚ СХЕМАСЫН ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ (ӘДЕБИ ШОЛУ)

Мақалада шикі мұнайдың дистилляциялық процесін оңтайландыру сұрағы қарастырылады. Оңтайландыру модельдерінің әр түрлі салыстырмалы мінездемелері келтірілген: қатал модельдер, жартылай қатал немесе жеңілдетілген модельдер, статистикалық модельдер. Мұнайдың дистилляциялық процесінің энергиялық тиімділігін есептеу барысында оңтайлы нәтижеге жету қатал модельдерді пайдаланудың Aspen Hysys, Aspen Plus, Pro II программаларымен жүзеге асатыны көрсетілген.

Кілтті сөздер: оңтайландыру, дистилляция, Aspen Hysys, оңтайландыру модельдері, мұнай.

КІРІСПЕ

Шикі мұнайды айыру – энергияны шығындайтын үдеріс. Мұнай өндейтін зауыттарда атмосферадан және вакуумдық дисстиляциялау қондырғыларынан энергияны пайдалану, энергияны пайдаланудың жалпы мөлшерінің 35–45 % құрайды [1].

Бірлесу үдерісінде термодинамикалық тәсілдеменің ерте даму кезінен оңтайландыруға негізделген тәсілдеменің дамуында үлкен үдеріс болды. Бұл оңтайландырулар жаңа үдерістерді әзірлеуге негізделген, жұмыс барысында күрделі іс-әрекеттер жасауға келетін үдерістердің конфигурацияларын өзгерту және үдерістерді жақсарту үшін әдіснамалар қолданылған (яғни жергілікті дизайн). Шикі мұнайды айырудың жылу біріктірілген үдерісін оңтайландыруда жақсы нәтижелер алу үшін дистилляция үдерісінде жылу алмасу желісі бір мезетте оңтайландырылуы керек. Жылу дистилляциясы

мен рекуперациясы үдерістерінің бір мезетте қарастырылуы осы желінің ішінде өзара іс-әрекетті дизайнның көп нұсқаларын бағалауға болатын түрде қолдануға мүмкіндік береді. Шикі мұнай, дистилляциялық жүйе әдеттегідей поездың алдын ала жылытылуынан, қондырғының алдын ала жуылуынан, атмосфералық дистилляциялық қондыру (бүйір салқындатқыш пен алынғышы бар дистилляциялық колонна сияқты конфигурацияланған) және вакуумдық айырудың өлшем бірлігінен тұрады. Бұл мұнайды айдаудың жылу біріктірілген жүйесі олардың компоненттері арасындағы мықты өзара әрекетті күрделі конфигурация болып табылады. Осы тұрғыда, айыру үдерісі мен жылу алмастырғыш желінің өнімділігінің ұсынылуы мен оңтайлануы жай мәселе емес.

Жобалаушыға модельдеуге, көрімдеуге және дистилляция жүйесі туралы интуиция алуға мүмкіндік беретін модельдер қажет. Алайда, модельдер ешқашан шындықтың толық көрсетілімі бола алмайды, себебі, онда үнемі модельдің теңдеулерге қосыла алмайтын факторлары болады (яғни ауыспалы құбылыстар). Модельде бастапқы кезде қарастырылған мақсатты толықтай толтыратын әсер етуші факторлар болу керек. Егер модель мақсаты нақты айқындалған болса модель сипаттамалары ұқсас болады (мысалы, еркіндік дәрежесі, модельді қамтамасыз ету керек екендігі туралы ақпарат, теңдеулер түрлері, модельді генерациялау үдерісі).

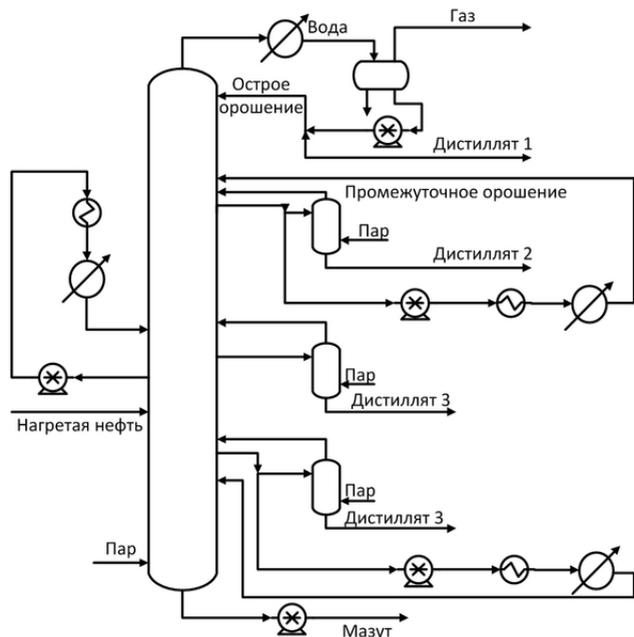
Модельдерді алу үшін бөлу және дистилляциялау үдерістерінің энергетикалық сипаттамаларын көрсететін амалдар құрастырылған [2]. Бұл амалдарды үш негізгі санатқа топтастыруға болады: қатал модельдер, жартылай қатал немесе жеңілдетілген модельдер, статистикалық модельдер. Модельдің белгілі бір қолданысқа сай келетінін таңдау модельді қамтамасыз етуге қажетті ақпараттарға, өндірудің қиындығына, модельді тексеруге байланысты (мысалы, жобалау, жаһандану, технологиялық үдерістерді басқару).

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Күрделі модельдер әдетте үдерістерді модельдеудің дистилляциясына жарамды болып саналады. Анықталған модельдер температураны, ағындар шығынын, құрамын, дистилляциялық колонна үдерісінің әр кезеңіне қысым мен жылу алмасуды есептеу үшін қолданылатын айдаудың нақты модельдері болып табылады. Модельдер әр кезеңге материал мен энергия, баланстар мен тепе-тең қатынастарды қамтиды [3].

Күрделі модельдер нақты кезеңдік ақпараттарды қамтамасыз етеді. Бұл ерекшелік күрделі модельдерді дистилляциялық колоннаны жобалауды маңызды құрал ретінде көрсетеді. Күрделі модельдер көмегімен модельдеу осы уақытта дистилляциялық колонна жұмысын бақылау үшін қолданылады, мысалы, іс-әрекет кезінде потенциалдық мәселелерді анықтау.

Кейбір зерттеушілер бұл модельдерді шикі мұнайды айдауды қондыруды жобалау мен оңтайландыру үшін қолданды, жергілікті және жаһанданған дизайн үшін біріктірілген процедура ұсынды. Олардың жұмысында шикі мұнайды кешенді айдау пайдаланылады. Бағаналар кезектесіп жай бағаналарға бөлінеді. Біреуі атмосфералық дистилляциялық колонналардың ажырауын дәлелдейді. Қарапайым бағаналар ретпен орналасады, содан соң олардың көмегімен күрделі модельдер бейнеленеді. Жобалау процедурасында энергияның қолданылуын азайтатын жүйенің модификациясын анықтау үшін Пинч талдауы қолданылады [4]. Мысалы, буды тазартуды қайта қайнатуға немесе жылы байланысқа енгізуге алмастыру. Барлық модификацияларды орындаған соң қарапайым бағаналардың кезектестігі колоннаның күрделі конфигурациясын алу үшін бірігеді. Қарапайым колонналардың эквивалентті кезектестігін көрсететін атмосфералық дистилляциялық колонна 1.1 суретте көрсетілген.



Сурет 1.1 – Қарапайым колонналардың эквивалентті кезектестігін көрсететін атмосфералық дистилляциялық колонна

Шикі мұнайды айдау үшін орнатылған энергетикалық шығынды төмендету үшін күрделі модельдерді қолданды. Багаевич пен әріптестері

атмосфералық және вакуумдық дистилляциялық жүйенің жергілікті жобалаудың стратегиясын ұсынды. Багаевич пен әріптестерінің процедурасының бірінші бөлімінде әдіс көмегімен алынған колоннаның алғашқы құрылымы басқарушылық қағидалар және энергетикалық мақсаттар негізінде модификацияланған. Процедура атмосфералық және вакуумдық жобалау үшін пайдаланылады. Бұл ЖАЖ (жылу алмастырғыш аппарат желісі) атмосфералық және вакуумдық дистилляциялық колонналарға арналған. Жобалауға келу жүйелі болып табылады, энергияны рекуперациялау жүйесін бөлуден қарым қатынасқа қолданылмайды. Одан басқа, Багаевич пен әріптестері ұсынған процедурада басқарушылық қағидаларды қолдану дистилляцияның оңтайлы құрылымына кепілдік береді [10].

Электр энергиясының шығыны ғана қосылған бола тұра, кірісті жоғарылату үшін операциялық оңтайландыруды орындау үшін күрделі модельдер қолданылды. Энергия шығынын есептеу пештің конденсаторы мен міндеттерін қарастыру жолымен жасалынды. Катушкаға жетуге арналған қалдық энергия жанармайды жағу арқылы қамтамасыз етіледі. CO₂ шығарылуының пайдасы мен қысқартылуын оңтайландыратын әдіс құрастырылды. Пинч-талдау энергетикалық қажеттілікті есептеуге пайдаланылды. Амалдар дистилляциялық құрылым жұмысының қолма-қол оңтайландырылуымен шектеледі [11].

Жобалауға немесе оңтайландыру үшін қатал модельдерде қолданылатын амалдар эксплуатациялық стрипперлерге бағытталған. Дистилляцияның қатал модельдері қолданатын методологияның көптеген құрылымдарының қарапайым модельдерге қосылуы шектелген (мысалы, үлкен құрамды қисық) [4].

Жалпы алғанда статистикалық модельдер қатынасты бәрінен жақсы көрсететін ілгерілемелі қызметтерді табу үшін айнымалылар арасында қатынасты қарапайым әдіспен сұрыптауларды пайдалана отыра көрсетеді. Статистикалық модельдер қатаң және жеңілдетілген модельдер сияқты күрделі модельдер үшін анықталған балама ретінде қолданылады. Модельдің статистикалық мәліметтерін қолдану әдетте есептеу уақыты маңызды болғанда, үдеріске әсер ететін құбылыстар мен құрамдар толық анықталмаған жағдайда немесе қолдану көлемі кең анықталмаған модельдерді талап етпеген жағдайда жақсырақ болады [5].

Статистикалық модельдеуді кең диапазонда пайдалану үшін көптеген жұмыстар жарық көрді. Жалпы құрылымы үш кезеңді элементтен тұрады: сұрыптау, регрессия және валидация. Сынамаларды сұрыптау үдерістен модельді құрастыруға дейінгі репрезентативті бақылаулар жинағын таңдауды көрсетеді. Сынамаларды сұрыптау кезінде бірнеше кезең қамтылады: анықтауға арналған анағұрлым әсер ете алатын ауыспалы үдерістер,

сұрыптау әдістерін таңдау, сұрыптау санын көрсету, мәліметтерді жинау және өңдеу.

Мәліметтерді жинау және өңдеу сынамаларды сұрыптау кезеңінде маңызды болып табылады. Зауыттарды пайдалану кезінде үлгілерді өңдеу барысында өлшемдердің қателігін болдырмауын және үдерістің өзгерісіп есепке алуды қамтамасыз ету керек. Мәліметтерді өңдеу, әсіресе мәліметтердің көп жинағымен жұмыс жасау кезінде көп уақыт алуы мүмкін. Қатал модельдердің мәліметтерін жинау қиын болуы мүмкін, себебі онда модельдің қатаң теңдеулерін шешуді талап етеді. Бұл жағдайда өлшеу қателігі немесе уақыттың өзгеруі болмағандықтан мәліметтерді өңдеу қарапайым болып табылады.

Регрессия – бұл статистикалық модельдеудің екінші кезеңі. Бұл кезеңде оңтайландыру алгоритмі модельдер арасындағы болжам мен мәліметтердің қателерін кішірейтетін регрессия қызметінің параметрлерін анықтайды. Регрессияны, оның қызметі мен амалдарын таңдау қажет (мысалы, сызықтық, полиномдық, экспоненциалды).

Статистикалық модельдеудің үшінші кезеңі бекіту моделі. Бұл кезеңде модель регрессияда қолданылатын мәліметтер сәйкестікті тексеру үшін, олардың жобаларын бағалау үшін тексеріледі.

Статистикалық модельдердің ең қарапайым қолданылуы қарапайым регрессия болып табылады. Үдерістің қатал еліктегіш моделін құрастырудан басталатын амалды қарастырамыз. Үдерістің негізгі операциялық параметрлері әртүрлі тәуелді ауыспалы қарапайым эмпирикалық теңдеулерге қатынасты болуы мүмкін. Мысалы, жылу біріктірілген қарапайым дистилляциялық колонна зертелу керек деп болжайық [6].

Дистилляциялық колоннаны оңтайландыру үшін еркіндік кезеңдері айдау заттарын және айрықшалау айналасындағы сорғышты қамтыды (яғни, ағыс пен температура шығыны). ЖАЖ қайта жабдықтау үшін еркіндік дәрежелері жылу алмастырғыш, ағындарды және олардың жылуалмастырғыш құрылғылар мен сплиттерлерде орналасуын бөлу фракциялары қызметін қамтиды.

Дистилляциялық жүйе бірнеше дистилляциялық құрылымдардан және оларға байланысты ЖАЖ тұрды. Метамоделдер (яғни, қызметтің екінші тәртібі) бірліктерді айдауды ұсыну үшін пайдаланылды.

Конденсатор міндетін ғана есепке ала отыра суық коммуналдық қызметтерге (яғни, салқындатқыш су) талаптар есептелінеді. Статистикалық модельдер тұжырымдамасы қарапайым болғандықтан өте маңызды. Сонымен қатар модельдерді теңестіру мәселелерін шешу үшін бастапқы болжамдарды талап етпейді.

Біріншіден, модельдер сапасы регрессия кезінде қолданылатын мәліметтер сапасына байланысты. Екіншіден, регрессия үшін қолданылатын мәліметтер диапазонының шектен тыс экстраполяциясы дәрменсіз: бұл статистикалық модельдер физикалық қағидаларда емес, бақылауларда негізделгенінің нәтижесі. Үшіншіден, ректификациялық колоннаның жалпы саналатын ауысымдарын есепке алатын статистикалық модельдерді қалыптастыру қиын болуы мүмкін (мысалы, баспалдақтар саны, тамақтану жағдайы, жағдай айналасындағы сорғыш) [12].

Модельдерді тексеру үшін бірнеше амалдарды қолдануға болады, оның ішінде: модельдердің болжамдарын шынайы өлшеуіштермен салыстыру, модельдер болжамын басқа модельдер болжамымен салыстыру, немесе эксперттердің инженерлік тұжырымдарымен салыстыру. Модельді тексеру амалының бірінші түрі келесі екі түрмен салыстырғанда қолайлы, себебі шынайы сандық шамалар алынуы мүмкін. Дегенмен, жергілікті және зауыт бойынша мәліметтер қолжетімсіз жерлерде құрылымның жаһандануы пайдалану келесі екі амалды тексеру бірден бір нұсқа болып табылады. Әдеттегідей, жергілікті және жаңартылған дизайн үшін кішірейтілген модельдерден тексеру модельдердің келтірілген болжамдарын салыстыру жолымен тексеріледі [7].

Модельді қалыптастыруға қажет күш едәуір дәрежеде модель түріне байланысты. Қатал модельдер үшін бағдарламалық қамтамасыз етудің коммерциялық модельденуі (мысалы, Aspen Plus, Aspen HYSYS және Pro/II) модель бойынша жоғары құрылу үшін пайдаланылуы мүмкін, бұл көп жағдай үшін қарапайым болады. Жеңілдетілген модельдер коммерциялық тұрғыда шамалы дәрежеде қол жетімді (мысалы, CDU-int, PII құрастырылған, қатал модельдермен салыстырғанда құрастыру үшін шамалы күш салуды талап етеді. ФАД (Фенске-Андервуд-Джиллиланд) теңдеулері негізінде жеңілдетілген модельдер үшін негізгі мәселенің бірі – бұл кілтті компоненттер мен оларды қалпына келтіру спецификациясы, бұл спецификацияларды техникалық сипаттамалар өнімдерімен байланыстыру (мысалы, қайнау температурасының диапазоны, шығын). Статистикалық модель әр модельдің тапсырыс бойынша жасалуын талап етеді. Уақыт модельдің қалай құрылатынын талап етеді, сонымен қатар регрессия үшін мәліметтерді жинауды инвестициялау үшін уақыт қажет. Мүлтіксіз және жеңілдетілген модельдерге қарама-қарсы есептеуді орналастыру талапты қадам. Күштің көп бөлігі модельді қалыптастыруға жұмсалады [8].

ҚОРЫТЫНДЫ

Қатал модельдер қиын және көп уақыт алады. Қатал модельдер эксплуатациялық оңтайландыру үшін коммерциялық тұрғыда пайдаланылды,

бірақ бастапқы жағдаймен салыстырғанда маңызды өзгерістерге тұрақсыз, бұл жағдай жоғары есептеу талаптарына әкеп соғады. Сызықтық емес теңдеулер жүйесі әдетте оңтайландыру үшін күрделі міндеттерді қамтиды. Жеңілдетілген модельдер катал модельдерге қарағанда едәуір сенімді және шамалы уақытты талап етеді. Статистикалық модельдер әлдеқайда сенімдірек және бағдарламалық қамтамасыз етуді жүзеге асыруы қарапайым. Олар бастапқы екі түрге қарағанда тез үйлеседі және өте сенімді, себебі олар бастапқы болжамдарды талап етпейді [9].

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Szklo, A.** Fuel specification, energy consumption and CO₂ emission in oil refineries / A. Szklo, R. Schaeffer // Energy. – 2007. – № 32(7). – P. 1075–92.

2 **Smith, R.** The use of reduced models in the optimization of energy integrated processes / R. Smith, L. M. Ochoa-Estopier, M. Jobson // Chem Eng Trans. – 2013. – № 35. – P. 139–44.

3 **Seader, J. D.** Equilibrium-based methods for multicomponent absorption, stripping, distillation and extraction / J. D. Seader, E. J. Henley // John Wiley & Sons, Inc. – 2006. – № 10. – P. 364–400.

4 **Liebmann, K.** Integrated design of a conventional crude oil distillation tower using pinch analysis / K. Liebmann, V. R. Dhole, M. Jobson // Chem Eng Res Des. – 1998. – № 76. – P. 335–47.

5 **Gadalla, M.** Estimation and reduction of CO₂ emissions from crude oil distillation units / M. Gadalla, Z. Olujic, M. Jobson, R. Smith // Energy. – 2006. – № 31(13). – P. 2398–408.

6 **Chen, L.** Heat-integrated crude oil distillation design. PhD Thesis / L. Chen // University of Manchester. – 2008.

7 **Mizoguchi, A.** Operations optimization and control design for a petroleum distillation process / A. Mizoguchi, T. E. Marlin, A. N. Hrymak // Can J Chem Eng. – 1995. – № 73(6). – P. 896–907.

8 **Gadalla, M.** Estimation and reduction of CO₂ emissions from crude oil distillation units / M. Gadalla, Z. Olujic, M. Jobson, R. Smith // Energy. – 2006. – № 31(13). – P. 2398–408.

9 **Hartmann, J.** Cm. Determine the optimum crude intake level da case story / J. Cm. Hartmann // Hydrocarb Process. – 2001. – № 80(6). – P. 77–84.

10 **Basak, K.** On-line optimization of a crude distillation unit with constraints on product properties / K. Basak, K. S. Abhilash, S. Ganguly, D. N. Saraf // Ind Eng Chem Res. – 2002. – № 41(6). – P. 1557–68.

11 **Al-Mayyahi, M. A.** Investigating the tradeoff between operating revenue and CO₂ emissions from crude oil distillation using a blend of two crudes /

M. A. Al-Mayyahi, A. F. Hoadley, N. E. Smith, G. Rangaiah // Fuel. – 2011. – № 90(12). – P. 3577–85.

12 **Kumar, V.** A crude distillation unit model suitable for online applications / V. Kumar, A. Sharma, I. R. Chowdhury, S. Ganguly, D. N. Saraf // Fuel Process Technol. – 2001. – № 73(1). – P. 1–21.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

А. Ж. Базарханов¹, А. Ж. Касанова²

Проектирование и оптимизация тепловых интегральных схем системы перегонки сырой нефти (литературный обзор)

^{1,2}Факультет химических технологий и естествознания,

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

А. Zh. Bazarkhanov¹, A. Zh. Kassanova²

Design and optimisation of heatintegrated crude oil distillation systems (review)

^{1,2}Faculty of Chemical Technology and Natural Sciences,

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

Material received on 26.03.20.

В статье рассмотрены вопросы оптимизации процесса дистилляции сырой нефти. Приведен сравнительный анализ разных моделей оптимизации процесса: строгие модели, упрощенная модель, статистическая модель. Показано, что оптимальные результаты при расчете энергоэффективности процесса дистилляции сырой нефти могут быть достигнуты с использованием строгих моделей и програм Aspen Hysys, Aspen Plus, Pro II.

The article deals with the optimization of the process of crude oil distillation. The comparative analysis of different models of process optimization is given: strict models, simplified model, statistical model. It is shown that optimal results in calculating the energy efficiency of the process of crude oil distillation can be achieved using strict models and programs Aspen Hysys, Aspen Plus, Pro II.

А. А. Бакибаев¹, З. Ж. Джантимирова², М. А. Елубай³

¹д.х.н., профессор, Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, 634050, Российская Федерация;

²магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, 140008, Республика Казахстан;

³к.х.н., ассоц. профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹bakibaev@mail.ru; ²zulyadzhan24@mail.ru; ³madik_chimik@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ БИТУМА РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИМИ ОТХОДАМИ

В статье отражены проблемы, в связи с которыми с ежегодным увеличением количества автотранспорта, объемов перевозок пассажиров и грузов нагрузка на покрытие из асфальтобетона постоянно возрастает. Это приводит к более быстрому разрушению дороги. Встает задача надежности и качества в покрытиях автомобильных дорог. Повысить качество асфальтобетона, его прочностные свойства можно путем улучшения качества битума введением добавок, улучшающих его эксплуатационные свойства. Применение модифицированных битумов, в число которых входят резиновые отходы, более перспективно: позволит существенно снизить изнашиваемость и растрескивание дорожного покрытия, возникающие вследствие негативного воздействия погодных условий и значительных механических нагрузок. Использование в качестве модификатора битума резиновых отходов, получаемой из старых автопокрышек, позволяет решить экологическую проблему засорения окружающей среды отходами резинотехнических изделий.

Ключевые слова: резинотехнические отходы, модификация битума, экологическая проблема.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основным направлением исследования в области повышения качества и долговечности дорожных покрытий является модификация битумов путем введения различных добавок с целью улучшения основных свойств асфальта: однородности, прочности, морозо-, трещино- и влагостойкости, устойчивости к высоким температурам.

В связи с ежегодным увеличением количества автотранспорта, объемов перевозок пассажиров и грузов нагрузка на покрытие из асфальтобетона постоянно возрастает. Это приводит к более быстрому разрушению дороги. Встает задача надежности и качества в покрытиях автомобильных дорог. Повысить качество асфальтобетона, его прочностные свойства можно путем улучшения качества битума введением добавок, улучшающих его эксплуатационные свойства.

Применение модифицированных битумов, так называемых полимербитумных вяжущих, в число которых входит резиновые отходы более перспективно: позволит существенно снизить изнашиваемость и растрескивание дорожного покрытия, возникающие вследствие негативного воздействия погодных условий и значительных механических нагрузок.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Отходы потребления это изношенные изделия и отработанные материалы, восстановление которых экономически нецелесообразно. В отличие от отходов, относящихся к первой группе, эти отходы характеризуются тем, что в их составе находятся материалы, подвергавшиеся эксплуатации. Несмотря на это, они не утратили своей ценности. Наиболее массовые резиновые отходы потребления это изношенные покрышки, не подлежащие восстановительному ремонту.

Резина, как конструкционный материал, ко времени выхода изделия из эксплуатации претерпевает незначительные структурные изменения. Этому способствуют присутствующие в резине защитные вещества, остатки которых всегда сохраняются в ней к моменту выхода изделия из строя. Защитные вещества, тормозят развитие процесса окисления, лежащего в основе старения резин. Таким образом, изношенные резиновые изделия являются ценным вторичным сырьем, содержащим каучуковое вещество, хорошо сохранившееся в количественном и качественном отношении

В то же время именно эти свойства, в ряде случаев усугубляющиеся сложной конструкцией изделий (например, шин), являются основой значительных трудностей, связанных с утилизацией отработанных резиноподобных материалов.

Изделия из резины, благодаря уникальным ее свойствам (прежде всего способности к большим обратимым деформациям) применяются во всех отраслях промышленности. Их изготавливают путем вулканизации резиновых смесей, основой которых является каучук.

Состав резиновых отходов зависит от ассортимента продукции, который включает резинотехнические изделия, обувь и шины. В зависимости от назначения резиновые изделия изготавливаются на основе различных

каучуков, пластификаторов, наполнителей и других ингредиентов, а потому смешивание различных резиновых отходов не всегда целесообразно. Отходы резины образуются как в сфере производства резиновых изделий, так и в сфере их потребления, т.е. при эксплуатации.

Резинотехнические изделия могут содержать в своем составе в качестве арматуры текстильные материалы и металл. Промышленные отходы образуются на всех стадиях изготовления резиновых изделий. С точки зрения утилизации отходов принципиально важно, образовались ли они до вулканизации или после нее.

Однако основная масса амортизированных автопокрышек образуется в крупных промышленных центрах и, являясь, может быть эффективно переработана с получением товарной продукции, пользующейся устойчивым спросом. Эффективность измельчения резины зависит от температуры и скорости приложения нагрузки.

Все резиносодержащие отходы можно классифицировать так, как изображено на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Классификация резиносодержащих отходов

Резиновые отходы, образовавшиеся до стадии вулканизации, по свойствам мало отличаются от исходных резиновых смесей и могут возвращаться в производство без значительной обработки. Эти отходы являются ценным сырьем и перерабатываются непосредственно на тех предприятиях, где образуются. Они могут быть использованы в производстве шлангов для полива, резиновых ковриков, кровельных материалов, рукавиц, поддонов для пола салонов легковых автомобилей и других неотчетственных изделий технического назначения.

Невулканизованные и частично вулканизованные резиновые отходы используют для изготовления резиновой кровли (волнистых и плоских листов).

Более сложно обстоит дело с переработкой вулканизованных резин, поскольку в отличие от других материалов они обладают высокой эластичностью, т.е. способностью к обратимым и высоким деформациям, что затрудняет их измельчение, являющееся первой стадией переработки практически любых твердых отходов. Несмотря на это вулканизованные резиновые отходы также являются ценным вторичным сырьем, но требуют перед утилизацией тщательной обработки и подготовки.

Битум (термопластичный материал) твердый или вязкопластичный, смолоподобный продукт (темно-коричневого или даже черного цвета), состоящий из сложных смесей углеводородов и неметаллических их производных (соединение углеродов с серой, азотом, кислородом и других химических элементов). Битум от латыни bitumen, что означает смола, горная смола. Полный состав всех соединений составляющих битум не известен. Битумы полностью или частично растворимы в бензоле, бензине, этиловом спирте, сероуглероде, хлороформе, а так же других органических растворителях. Битумы делятся на природные и искусственные, но источник получения и образования является нефть.

Битум при нагревании обратимо разжижается и становится жидкой смесью, в этом состоянии им смачивают другие материалы, при охлаждении он отвердевает, крепко склеивая смоченные им другие материалы. Битум водостоек и непроницаем водой, при пропитке им других материалов, материалы становятся гидрофобными, т.е. водостойкими. Поэтому битумы и используют в строительстве, для получения гидроизоляционных строительных, клеящих строительных и кровельных материалов. Битум имеет аморфное строение, в отличие от кристаллических тел, не имеет определенных температур плавления. Битум это гидрофобный материал, имеющий высокую плотность с почти нулевой пористостью, из-за чего битум не проницаем водой и морозостоек. Битум стоек многим кислотам, солям, щелочам и к воде, совсем не стоек к органическим растворителям (бензин, керосин, ацетон, скипидар, бензол, этиловый спирт).

ВЫВОДЫ

Модификация битума резины повышает консистенцию битума, повышает температуру размягчения и снижает растяжимость. Это приводит к улучшению теплостойкости битума и, соответственно, асфальтобетона.

Таким образом, модификация битумов путём введения различных добавок с целью улучшения основных свойств асфальта: однородности, прочности, морозо-, трещино-, и влагостойкости, устойчивости к высоким температурам является основным направлением исследования в области повышения качества и долговечности дорожных покрытий.

Резиновые отходы, используемые в качестве модификатора битума, решают экологическую проблему засорения окружающей среды отходами резинотехнических изделий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Беляев, П. С.** Решение проблемы утилизации отходов резинотехнических изделий путем модификации дорожных вяжущих / П. С. Беляев, О. Г. Маликов, С. А. Меркулов, В. А. Фролов // Вестник воронежского государственного университета инженерных технологий – 2014. – № 2. – С. 129–131.

2 **Беляев, П. С.** Решение проблемы утилизации полимерных отходов путем их использования в процессе модификации дорожного вяжущего / П. С. Беляев, О. Г. Маликов, С. А. Меркулов, Д. Л. Полушкин, В. А. Фролов // Строительные материалы – 2013. – № 10. – С. 38–41.

3 **Юнусова, Г. Б.** Анализ цикла обращения отходов автомобильных шин / Г. Б. Юнусова // Вестник ИГУ. – 2013. – № 35. – С. 48–53.

4 **Лунёва, Г. И.** Старые шины – и опасный, и полезный вид отходов // Рециклинг отходов. – 2008. – № 1 (13) – С. 2–10.

5 **Свиридов, В. Л.** Опыт использования дробленой резины в составе асфальтобетонных смесей / В. Л. Свиридов, Е. Ю. Махров, Е. В. Дементьева // Ползуновский Вестник. – 2011. – № 1. – С. 183–191.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

А. А. Бакибаев¹, З. Ж. Джантимирова², М. А. Елубай³

Техникалық резеңке қалдықтарымен битумдарды модификациялауды зерттеу

¹Томск мемлекеттік ұлттық зерттеу университеті,
Томск қ., 634050, Ресей Федерациясы;

^{2,3}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

А. А. Bakibaev¹, Z. Zh. Jantimirova², M. A. Yelubay³

Investigation of rubber waste bitumen modification

¹National Research Tomsk State University,
Tomsk, 634050, Russian Federation;

^{2,3}S. Toraighyrov Pavlodar state University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Мақалада автокөлік санының, жолаушылар мен жүктерді тасымалдау көлемінің жыл сайын ұлғаюына байланысты асфальтбетоннан төсемге түсетін жүктеме үнемі артып келе жатқан проблемалар көрсетілген. Бұл жолдың тез бұзылуына әкеледі. Автокөлік жолдарының жабындарында сенімділік пен сапа міндеті тұр. Асфальтбетонның сапасын, оның берік қасиеттерін оның пайдалану қасиеттерін жақсартатын қоспаларды енгізумен битум сапасын жақсарту арқылы арттыруға болады. Қатарына резеңке қалдықтар негүрлым перспективалы кіретін модифицирленген битумдарды қолдану: ауа райы жағдайлары мен Елеулі механикалық жүктемелердің теріс әсерінің салдарынан туындайтын жол жабынының тозуын және жарылуын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді. Ескі автокүрлерден алынатын резеңке қалдықтар битум модификаторы ретінде пайдалану резеңке-техникалық бұйымдар қалдықтарымен қоршаған ортаны ластаудың экологиялық проблемасын шешуге мүмкіндік береді.

The article reflects the problems in connection with the annual increase in the number of vehicles, passenger and cargo traffic, the load on the surface of asphalt concrete is constantly increasing. This leads to faster destruction of the road. There is a task of reliability and quality in road surfaces. To improve the quality of asphalt concrete, its strength properties can be achieved by improving the quality of bitumen by the introduction of additives that improve its operational properties. The use of modified bitumen, including rubber waste, is more promising: it will significantly reduce the wear and cracking of the road surface resulting from the negative impact of weather conditions and significant mechanical stresses. The use of rubber waste obtained from old tires as a bitumen modifier allows us to solve the environmental problem of environmental pollution by waste rubber products.

Г. И. Бокижанов¹, А. Г. Бокижанова², С. Н. Девуилова³

¹ст. преподаватель, Факультет энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

²магистр, начальник управления, Департамент эксплуатации инфраструктуры, АО «Национальные информационные технологии», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³ст. преподаватель, Факультет энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан

e-mail: ¹gaziz1952@bk.ru; ²alina0610@mail.ru; ³dvugilova93@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С ПОМОЩЬЮ МГД ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Статья посвящена проблеме увеличения КПД электростанций с помощью МГД генераторов, который у современных станций не превышает 40 %. Описывается принцип действия МГД генератора с электрическим проводником в виде плазмы, основанный на явлении электромагнитной индукции. Приводятся основные параметры экспериментальных и промышленных МГД установок. Предлагается получать синусоидальный ток путем воздействия на регулировочные электроды вдоль МГД канала по определенному алгоритму, что позволит исключить проблемы с инвертированием постоянного тока. В заключение делается вывод о том, что прямое преобразование тепловой энергии в электрическую энергию МГД генератора переменного тока и остатка тепловой энергии в механическую и электрическую энергию в паросиловом энергоблоке позволит поднять КПД МГД электростанции выше 50 %.

Ключевые слова: магнетогидродинамический (МГД) генератор, плазма, электромагнитная индукция, МГД канал, регулировочные электроды, МГД электростанция.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема энергетических ресурсов, которая становится все более актуальной для человечества, диктует два направления развития современной

энергетики. Первое направление – увеличение добычи и использования всех видов топлива, включая органическое, ядерное и гидроресурсы. Развитие в этом направлении рано или поздно исчерпает себя из-за ограниченности запасов топлива на планете. Другое направление заключается в разработке и внедрении альтернативных источников энергии, а также более рациональном использовании топливных ресурсов. Учитывая, что доля альтернативных источников, например, «зеленой» энергетики (ветроэнергетика, гелиоэнергетика, биоэнергетика и т.д.) в производстве электроэнергии в промышленных масштабах невелика, более актуальным на сегодня представляется интенсивный путь развития энергетики, заключающийся в совершенствовании оборудования и более рациональном использовании топлива. В этом направлении развития можно обнаружить значительные резервы.

Производство электроэнергии в промышленных масштабах производится на электростанциях путем сжигания органического топлива, подачей полученной тепловой энергии водяного пара (с температурой 540–565 °С или около 820 К), на лопасти паровой турбины и затем преобразования механической энергии вращения ротора турбогенератора, имеющего общий вал с турбиной, в электрическую энергию, благодаря явлению электромагнитной индукции. При этом максимальный коэффициент использования топлива современных электростанций составляет 37–38 % из-за ограничений по циклу Карно, накладываемых вторым законом термодинамики. Увеличить долю использования топлива можно за счет отбора части тепла и его использования перед подачей оставшейся части тепловой энергии в паросиловую установку. Наиболее приемлемым решением в этом отношении представляются энергетические установки с магнетогидродинамическим (МГД) генератором, в котором происходит прямое преобразование тепловой энергии в электрическую. Принцип действия последнего базируется на явлении электромагнитной индукции, заключающегося в том, что при пересечении электрическим проводником силовых линий магнитного поля, между его концами возникает разность потенциалов (электродвижущая сила – ЭДС).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Идея значительного повышения эффективности использования топлива для производства электроэнергии не могла не привлечь внимание научного мира во всех индустриально развитых странах, и после теоретических исследований первые экспериментальные установки с МГД генератором были созданы в начале 60-ых годов прошлого столетия. Вначале эксперименты по созданию генераторов проводились с электролитами. Но результаты показали, что разогнать потоки электролитов до сверхзвуковых

скоростей очень трудно, а без этого коэффициент полезного действия генераторов очень низок. Поэтому дальнейшие исследования проводились с высокоскоростными ионизированными потоками газа, или плазмой. При создании плазмы для первых МГД установок хорошим подспорьем послужил накопленный к тому времени в ракетной технике опыт получения высокотемпературных продуктов сгорания, которые при незначительной добавке соединений, содержащих щелочные элементы, например, углекислого калия (поташа), становятся электропроводными, т.е. превращаются в низкотемпературную плазму. Именно эта плазма, имеющая в начале процесса температуру около 3000 К, и является рабочим телом МГД генератора для преобразования тепловой энергии в электрическую. С этой целью электропроводную плазму с большой скоростью (около 1000 м/с) пропускают через канал, помещенный в сильное магнитное поле. Электродвижущая сила, индуктируемая в канале при взаимодействии электропроводника с магнитным полем, согласно закону электромагнитной индукции, пропорциональна скорости проводника (плазмы), величине магнитной индукции и длине проводника, соответствующей в данном случае ширине струи плазмы, является постоянной.

Таким образом, собственно генератор должен представлять собой МГД канал как правило прямоугольного сечения, выполненный из жаростойкого непроводящего материала. На противоположных сторонах канала по всей его длине располагаются электроды, выполненные из жаропрочного проводящего материала. В зависимости от способа соединения электродов МГД генераторы делятся на фарадеевские, холловские, диагональные [1]. К электродам могут быть присоединены регулируемые по величине сопротивления, как это показано на рис. 1 для фарадеевского МГД генератора.

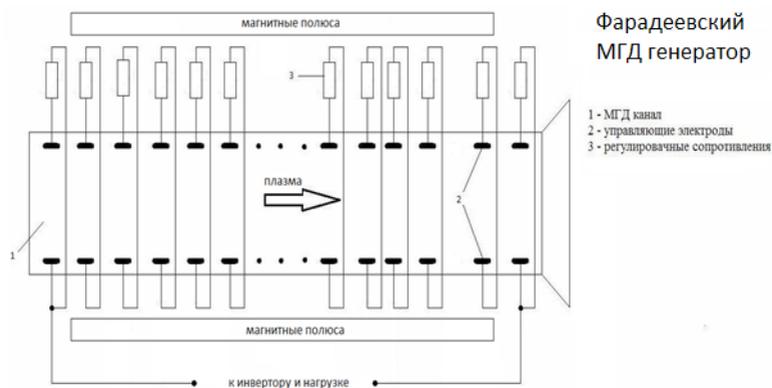


Рисунок 1 – Схема фарадеевского МГД генератора

Плазма внутри канала может быть эффективно использована для преобразования тепловой энергии в электрическую лишь до тех пор, пока ее температура достаточно велика, чтобы газ оставался электропроводным. Электропроводность же плазмы очень сильно зависит от температуры (примерно пропорциональна температуре в тринадцатой степени). Теоретически и экспериментально установлено, что минимальная температура плазмы, при которой работа МГД генератора еще достаточно эффективна, составляет 2300–2400 К.

Утратившее в МГД канале часть тепловой энергии, преобразованной в электрический ток, рабочее тело, потерявшее свою электропроводность и температуру (с 3000 К до 2300 К на выходе из канала), попадает в диффузор, тормозящий поток плазмы, и в дальнейшем подается в обычную паросиловую установку для получения электроэнергии традиционным способом. Таким образом, на МГД электростанции происходит двойное использование тепловой энергии, что позволяет, как показывают расчеты, увеличить КПД станции до 55–60 %.

Как известно, практически идея МГД способа преобразования энергии начала воплощаться в 60-ых годах прошлого столетия, когда по результатам предварительных изысканий начались интенсивные работы по созданию экспериментальных МГД генераторов, главным образом в СССР и США. Так в 1959 г. в США был запущен МГД генератор Марк-I, в канал которого подавался инертный газ аргон, разогретый с помощью плазмотрона до 3000 К, а для повышения электропроводности плазмы в качестве присадки использовался щелочной металл. Если мощность первого МГД генератора чуть превышала десяток кВт, то в дальнейшем американские ученые увеличили ее на порядок, доведя в 1965 г. мощность установки Марк-V, работавшей на продуктах сгорания твердого топлива (уголь) до 32 МВт. Следует отметить, что американские МГД генераторы работали на автономную электрическую нагрузку, тогда как первые крупные советские МГД генераторы, введенные в строй в г. Москве, начали работать непосредственно на электрическую систему Мосэнерго [2].

В 1964 году советскими конструкторами и инженерами была построена модельная экспериментальная установка У-02, включающая составные элементы будущей МГД электростанции. На ней производилось исследование всех основных узлов как генератора, так и станции. В частности успешное испытание прошел уникальный воздухоподогреватель установки У-02, обеспечивающий очень высокую температуру воздуха (1700–2000 °С). Длительная непрерывная работа установки У-02 осуществлялась не один раз, а ее рекордная продолжительность достигала 12 суток (более 300 часов). Проведенные на У-02 исследования позволили приступить к сооружению

более мощных опытно-промышленных станций, и в 1971 году была запущена опытно-промышленная установка У-25. Эксплуатация опытно-промышленной установки в течение ряда лет показала работоспособность всех ее функциональных элементов, а совершенствование и доводка оборудования позволила вывести их характеристики на плановый уровень и выйти в 1975 г. на проектную мощность. В 1974 г. была достигнута непрерывная работа установки У-25 в течение 100 часов при уровне мощности порядка 3 МВт, а в 1977 г. длительность непрерывной работы возросла до 250 часов, причем в конце работы поставляемая в систему Мосэнерго электрическая мощность составила более 10 МВт.

Накопленный опыт и имеющиеся достижения в области МГД преобразования энергии позволили в 80-ых годах прошлого века приступить к следующему этапу решения проблемы – поставить вопрос о создании головного промышленного МГД блока. Так к середине 80-ых годов в США планировался ввод в действие опытно-промышленной МГД электростанции мощностью 125 МВт, а к концу десятилетия в СССР было завершено технико-экономическое обоснование первого в мире промышленного энергоблока с МГД генератором 500 МВт со следующими характеристиками.

Принципиальная тепловая и электрическая схема блока близка к таковым для установки У-25. Получение необходимой для эффективного МГД преобразования температуры плазмы порядка 3000 К достигается за счет подогрева окислителя в системе воздухоподогревателей до температуры 2000 К. Для поддержания расчетной температуры плазмы в схеме предусматривается также обогащение воздуха кислородом.

Необходимая электропроводность плазмы в МГД генераторе обеспечивается путем ввода ионизирующей присадки в виде порошка K_2CO_3 (поташ) в камеру сгорания. Рабочая скорость плазмы в МГД генераторе должна была составить 850 м/с. Процесс преобразования энергии происходит в МГД генераторе электрической мощностью порядка 300 МВт со сверхпроводящей магнитной системой, имеющей максимальную индукцию 6 тесла. Преобразование постоянного тока, полученного в МГД генераторе, в переменный осуществляется в инверторной подстанции. После МГД генератора продукты сгорания (плазма) тормозятся в диффузоре и с температурой 2325 К поступают в парогенератор производительностью 1000 т пара в час, давлением 255 атмосфер и с температурой 545°C.

В качестве основного топлива в рассматриваемом блоке будет использоваться природный газ. В перспективе на подобного рода установках предусматривается возможный переход на твердое топливо (уголь). По некоторым данным, экономия топлива на таком блоке составит 21 %, экономия приведенных затрат – около 15 %. Очень важно, что применение

МГД установок резко снизит вредные выбросы в окружающую среду, а потребности в охлаждаемой воде снизятся в полтора раза.

Однако начатое на Рязанской ГРЭС строительство МГД электростанции прекращено с распадом СССР. Нет сообщений в открытой печати о запуске американской МГД электростанции или других стран. Возможно, прекращение строительства связано не только с нехваткой финансирования и дороговизной проектов. Одним из слабых мест последних является то, что МГД генератор (фарадеевский, холловский, диагональный) будет вырабатывать электрическую энергию постоянного тока и для его преобразования в трехфазный переменный ток потребуются мощнейшие инверторные установки, элементы которых (тиристоры) должны работать с мощностью, сопоставимой с мощностью МГД канала (сотни МВт). Управление сверхмощными инверторами требует наличия на станции значительной реактивной мощности. Этих трудностей можно избежать, если исключить инвертирование постоянного тока и получить от МГД канала непосредственно переменный ток.

Анализ предлагавшихся конструкций МГД генераторов переменного тока [3] показал, что способы непосредственного получения переменного тока, основанные на пульсациях плазмы или присадки в канале, на изменении в нем магнитного поля, на вращении отдельных частей МГД генератора, на изменении внутреннего электрического сопротивления канала, уступают по своей эффективности и экономичности преобразованию постоянного тока МГД генератора в переменный с помощью внешних инверторных схем из-за трудности и дороговизны технического осуществления проектов, большого потребления энергии, необходимости в дополнительном оборудовании, неудовлетворительного качества получаемой электроэнергии.

При получении постоянного тока величина сопротивлений регулировочных электродов (рис.1) зависит от величины электрической нагрузки (мощности) МГД генератора. Предлагаемая идея МГД генератора переменного тока заключается в том, что переменный ток с оконечных электродов МГД канала можно получить, если производить соответствующее воздействие на группу регулировочных электродов вдоль канала. В частности, можно добиться такого регулирования, что напряжение между оконечными электродами будет изменяться по синусоидальному закону.

ВЫВОДЫ

Таким образом, определение алгоритма воздействия на регулировочные электроды для получения синусоидального тока в МГД канале сняло бы вопрос инвертирования постоянного тока в переменный.

Наличие МГД генератора переменного тока придало бы новый импульс построению МГД электростанции промышленного масштаба.

Соответственно страна, реализовавшая идею повышения КПД электростанции с МГД генератором переменного тока выше 50 % на практике, произвела бы сенсацию в мировой энергетике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Роза, Р. Д.** Магнитогиродинамическое преобразование энергии. – М. : Мир, 1970. – 288 с.

2 Магнитогиродинамическое преобразование энергии : Физико-технические аспекты. / Под редакцией В. А. Кириллина и А. Е. Шейндлина. – М. : Наука, 1983. – 368 с.

3 **Богданов, И. Е.** МГД генераторы переменного тока и МГД генераторы с использованием тепла ядерных и плазменных реакторов. – М. : ИНФОРМЭЛЕКТРО, 1968. – 72 с.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Г. И. Бокижанов¹, А. Г. Бокижанова², С. Н. Двужилова³

Айнымалы ток МГД генератор арқылы электр стансының пайдалы әрекет коэффициентті көтеру

^{1,3}Энергетика, автоматизация және телекоммуникациялар факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы;
²«Ұлттық информациялық технологиялар» АҚ,
Инфрақұрылымды пайдалану департаменті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

G. I. Bokizhanov¹, A. G. Bokizhanova², S. N. Dvugilova³

Rising coefficient of performance power plants by using AC MGD generator

^{1,3}Faculty of Power Engineering, Automation and Telecommunications,
Karaganda state technical university,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan;
²«National Information Technologies» corporation,
Department of Infrastructure Exploitation,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Мақала пайдалы әсер коэффициенті 40 %-тен аспайтын қазіргі станцияларда МГД генераторлары арқылы электр станциялардың тиімділігін арттыру мәселесіне арналған. Электромагниттік индукция құбылысына негізделген плазма түрінде электр өткізгіші бар МГД генераторының жұмыс істеу принципі сипатталған. Тәжірибелік және өнеркәсіптік МГД қондырғыларының негізгі параметрлері келтірілген. Белгілі бір алгоритм бойынша МГД арнасы бойымен реттелетін электродтарға әсер ету арқылы синусоидалық ток алу ұсынылады, бұл тұрақты токтың инверттеу проблемасын жояды. Қорытындылай келе, жылу энергиясын электр энергиясына тікелей МГД айнымалы ток қондырғысы арқылы, ал жылу энергиясының қалған бөлігін бұ мен электр қондырғысындағы механикалық және электр энергиясына айналдыру МГД электр станциясының тиімділігін 50 % жоғарылатады деген қорытынды жасалды.

The article is devoted to the problem of increasing the efficiency of power plants using MHD generators, which at modern stations does not exceed 40 %. The operation principle of an MHD generator with an electric conductor in the form of a plasma, based on the phenomenon of electromagnetic induction, is described. The main parameters of experimental and industrial MHD installations are represented. It is proposed to obtain a sinusoidal current by acting on the adjusting electrodes along the MHD channel according to a certain algorithm, which will eliminate the problem of inverting direct current. In conclusion, the direct conversion of thermal energy into electrical energy by an MHD alternator and the remainder of thermal energy into mechanical and electrical energy in a steam power unit will increase the efficiency of an MHD power plant by more than 50 %.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ВВЕДЕНИЕ

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

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

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

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

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

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

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

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

Рассмотрим главные параметры, необходимые для аналитических расчетов.

Таблица 1 – Параметры, необходимые для аналитических расчетов

№	Наименование характеристик и параметров	Условные обозначения	Ед.измерения	Детерминированная или случайная величина
1	2	3	4	5
Породный массив				
1	Плотность пород	γ	т/м ³	случайная
2	Коэффициент Пуассона	μ	-	"-
3	Модуль упругости	E	МПа	"-
4	Крепость пород по М.М. Протодяконову	f	-	"-
5	Коэффициент концентрации напряжений в зоне максимума опорного давления	k	-	"-
6	Протяженность зоны опорного давления от обнаженной поверхности массива до максимума	L	м	"-
7	Нормальные напряжения на груди забоя	σ_z	МПа	"-
8	Прочность пород в массиве на сжатие	$\sigma_{сж}$	МПа	"-
9	Прочность пород в массиве на растяжение	τ_p	МПа	"-
10	Угол падения залежи к горизонту	α	град.	"-
11	Коэффициент горизонтальных тектонических напряжений	$K_T = \frac{\sigma_H}{\gamma H}$	-	"-
12	Коэффициент вертикальных тектонических напряжений	$K_T = \frac{\tau_x}{\gamma H}$	-	"-
13	Коэффициент сейсмических напряжений	$K_c = \frac{\sigma_c}{\gamma H}$	-	"-
14	Упругие нормальные напряжения	$\sigma_{сж}$	МПа	"-
15	Упругие касательные напряжения	$\tau_{сж}$	МПа	"-
16	Упругие нормальные тектонические напряжения	σ_T	МПа	"-

17	Упругие касательные тектонические напряжения	τ_T	МПа	"-
18	Упругие нормальные сейсмические напряжения	σ_c	МПа	"-
19	Упругие касательные сейсмические напряжения	τ_c	МПа	"-
Технологическая система				
20	Тип системы разработки	X_1	качественная характеристика	детерминир.
21	Способ отбойки горной массы от массива	X_2	"-	"-
22	Размеры целиков: – ширина – длина	l_1 l_2	м м	"-
23	Размеры панелей – ширина – длина	L_1 L_2	м м	"-
24	Глубина скважин, перпендикулярных к груди забоя	L_0	м	"-
25	Способ предварительной подготовки породного массива к выемке	X_3	качественная	"-
26	Способ взрывания скважин	X_4	"-	"-
27	Паспорт бурения шпуров, их заряжания (тип ВВ)	X_5	"-	"-
28	Глубина разработки залежи по кровле	H	м	"-

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

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

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

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

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

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

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

где κ_n – коэффициент запаса прочности;

γ_3 – удельный вес закладочного массива, тс/м²;

L – пролет камеры, м;

h_n – высота слоя закладки, м.

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

$$P = \frac{\gamma_3 b - C}{\lambda \operatorname{tg} \varphi} \left[1 - \exp \left(-\lambda \frac{H}{b} \operatorname{tg} \varphi \right) \right], \text{ тс/м}^2 \quad (2)$$

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

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

– прочность закладочного массива на сжатие (по образцам) – $\sigma_{сж, j}$;

– прочность закладочного массива на разрыв (по образцам) – $\sigma_{р, j}$, где

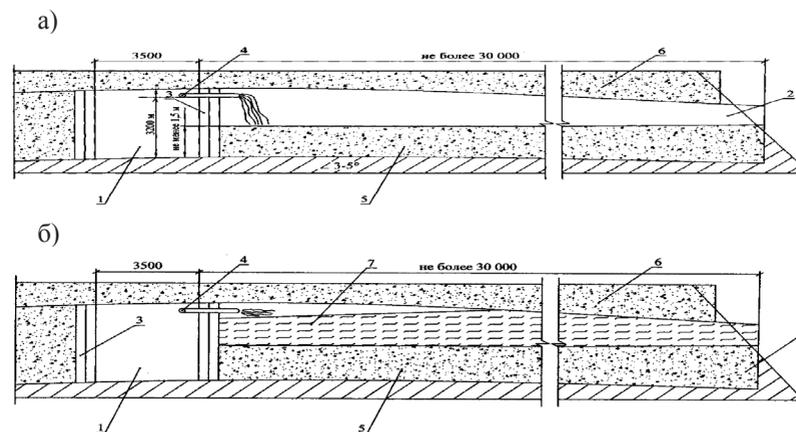
j – интервалы времени, которые лучше представлять в виде таблиц.

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

Практически на всех горнодобывающих предприятиях для обеспечения устойчивости искусственной кровли в очистных заходках и нарезных слоевых выработках применяют различные виды инвентарной крепи: стойки

с подхватами, рамы, арочную крепь или армировку искусственного массива (особенно на сопряжениях).

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



- 1 – разрезной штрек; 2 – заходка; 3 – перемычка;
- 4 – закладочный трубопровод;
- 5 – нижний несущий слой закладочного массива;
- 6 – искусственная кровля; 7 – твердеющая смесь.

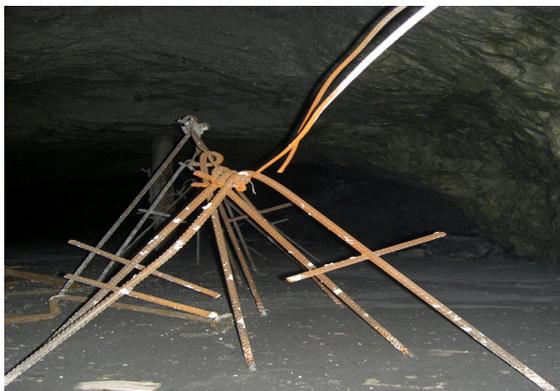
а) создание несущего слоя закладки; б) создание слоя дозаливки

Рисунок 1 – Схема подачи твердеющей смеси

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



а) вид армировки на почве слоя перед закладкой



б) вид армировки после укладки несущего слоя.

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

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

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

ВЫВОДЫ

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

2 **Музгина, В. С.** Оптимизация составов многокомпонентных смесей для комбинированной закладки в малоотходных технологиях добычи – переработки руды: автореф. доктор технических наук: 25.00.22. – Алматы : Комплекс, 2003.

3 **Ананин, А. И., Диденко, А. В., Болатова, А. Б.** Обеспечение устойчивости искусственной кровли при нисходящей слоевой системе разработки // Труды международной научно-методической конференции «Инновационные технологии в образовании и науке» – Т. 2. – Усть-Каменогорск, 2006. – С. 10–13.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

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

Астына түсу қабатты жүйемен пайдалы қазбалар кен орындарын өңдеу кезінде жерасты құрылысы конструкциясының сенімділік параметрлері

¹Техникалық факультет,

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

²Тау-кен технологиялық институты,

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

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

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

⁵Тау-кен факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100029, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

*A. B. Bolatova*¹, *G. Zh. Khamitova*², *K. K. Abishev*³, *A. Zh. Kasenov*⁴,
*B. Husan*⁵

Parameters of the underground structures reliability during the mining of mineral deposits with a descending layer system

¹Technical Faculty,
S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

²Institute of Mining and Technology,
Zhezkazgan Baikonurov University,
Zhezkazgan, 100600, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}Faculty of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁵Mining Faculty,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100029, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

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

The article deals with the problem of determining the parameters necessary for analytical calculations of the reliability of the structure in the construction during the development of solid minerals by the downstream

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

Ф. Н. Булатбаев¹, А. Д. Мехтиев², Ю. Ф. Булатбаева³

¹к.т.н., декан, Факультет энергетике, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

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

³PhD, и.о. доцента, Факультет энергетике, автоматике и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН И СНИЖЕНИЕ ИХ МЕТАЛЛОЁМКОСТИ

В представленной статье авторы ставят перед собой задачу совершенствования стальных конструкций шахтных подъемных машин (ШПМ) и снижения их металлоёмкости, а также повышения их прочности без использования дорогостоящих высокопрочных сплавов.

Проведен анализ причин и характера возникновения трещин, а также причин и факторов, влияющих на механизм усталостного разрушения в сталях, инженерных материалах и конструкциях.

Моделирование напряженно-деформированного состояния элементов ШПМ проводится в программе ANSYS. Путем моделирования удается найти оптимальный вариант усиленной конструкции, с более высокими параметрами прочности и надежности, а также разработать практические рекомендации по восстановлению прочности путем проведения ремонтно-восстановительных работ.

Рассмотрен традиционный метод усиления конструкции ШПМ. Описан и предложен собственный метод, который уже был использован инженерами компании АО «АрселорМиттал Темиртау» при проектировании металлических конструкций механической части ШПМ для снижения их металлоёмкости.

Ключевые слова: шахтная подъемная машина, напряженно-деформированное состояние, усиление, конструкция, прочность, усталостное разрушение.

ВВЕДЕНИЕ

В горно-металлургической промышленности Республики Казахстан для транспортировки металлургического кокса из шахты компании АО «АрселорМиттал Темиртау» на поверхность используются шахтные канатные подъемные машины (ШПМ). Добыча подземным способом менее рентабельна, чем открытым, однако является доминирующей в связи с тем, что основные запасы металлургического кокса находятся на больших глубинах. Нами проводятся комплексные исследования по усталостному разрушению ШПМ.

Наблюдается тенденция повышения механических нагрузок на стальные конструктивные элементы ШПМ. Необходимость повышения скорости движения подъемах сосудов в шахтном стволе для увеличения производительности транспортной системы существенно повышает механические нагрузки. Если учесть, что основная часть ШПМ компании АО «АрселорМиттал Темиртау» находится в эксплуатации более 30 лет, то проблема усталостного разрушения конструкций довольно острая. По этой причине достижение высоких показателей работы подъемных установок возможно путем совершенствования конструкции их механической части. От технического состояния стальных конструкций в значительной мере зависят надежность и безопасность работы подъемной установки в целом. Значительную опасность создают усталостные трещины, которые могут привести к внезапному разрушению стальной конструкции тормозного устройства и возникновению аварийной ситуации.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

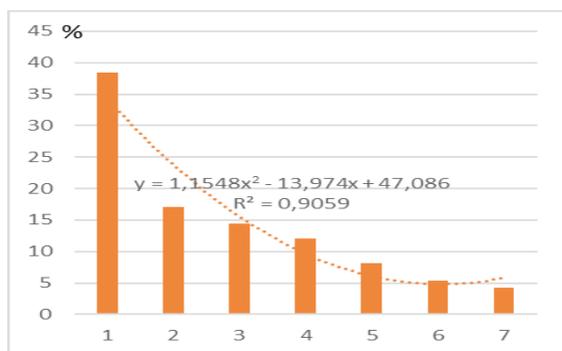
Проведенные нами обследования состояния стальных конструкций тормозных устройств на всех действующих ШПМ показали, что дефекты элементов механической части тормозной системы в процентном отношении распределены следующим образом:

– 38,5 % составляют повреждения шарнирных соединений;

– 57,3 % усталостные трещины в местах крепления втулок тормозных балок в теле вертикальных и горизонтальных тяг (рисунок 1).

Указанные неисправности влекут за собой неточную работу тормозной системы, невозможность ее наладки, опасность внезапной поломки элементов тормоза вследствие развития усталостных трещин. Ликвидация вышеперечисленных неисправностей требует проведения дорогостоящих

трудоемких ремонтов связанных с разборкой основных узлов механизма тормоза, что вызывает длительный простой ШПМ.



- 1 – разрушение шарнирных соединений тормозных балок;
- 2 – трещины в области проушин крепления втулок тормозных балок;
- 3 – трещины в вертикальных и горизонтальных тормозных тягах;
- 4 – повреждение тормозного обода;
- 5 – трещины в шпильках подвески грузов; 6 – трещины в тягах приводных вертикальных траверс и шпилек поршней; 7 – прочие.

Рисунок 1 – Процентное распределение выявленных дефектов элементов тормозной системы по их виду

Учитывая обстоятельство, что срок эксплуатации большинства подъемных установок составляет 30 лет и более, затраты на поддержание работоспособности установок резко возрастают. Повышение надежности работы тормозного устройства (ТУ) шахтной подъемной машины требует, в том числе научного поиска рационального варианта для усиления конструкции, при котором она способна длительное время противостоять усталостному разрушению и сохранять работоспособность ШПМ на протяжении длительного срока эксплуатации.

Своей задачей мы ставим совершенствование стальных конструкции ШПМ и снижение их металлоёмкости, а также повышение их прочности без использования дорогостоящих высокопрочных сплавов. Поиск оптимальной конструкции способной при меньшей толщине стенки противостоять усталостному разрушению, начат с восстановления уже существующих стальных конструкций ШПМ находящихся в длительной эксплуатации.

Проблемы усталостного разрушения конструкций из различных сплавов сталей и чугуна рассмотрены в источниках [1...3]. Нами проанализирован мировой опыт причин и характера возникновения трещин и

экспериментальное подтверждение S-N-характеристик для различных сталей и ход SN-кривых, особенно в режиме с высоким циклом усталости [4...7]. Выполнен анализ причин и факторов, влияющих на механизм усталостного разрушения в сталях, инженерных материалах и конструкциях [8...12]. Рассмотрены методы проведения испытаний на усталостные разрушения и некоторые аспекты структурного анализа для прогнозирования ущерба от усталостных стальных конструкций с учетом неопределенной кривой S/N [13...17]. Учитывая накопленный мировой опыт методов оценки и контроля усталостного разрушения и борьбы с этим явлением, мы разработали свои направления решения проблемы усталостного разрушения, основанные на методах ультразвуковой дефектоскопии и магнитной памяти металла, что позволит определить зоны усталостного разрушения [18].

Нами используется программа ANSYS, которая позволяет моделировать напряженно-деформированное состояние элементов ШПМ и заменить громоздкие натурные испытания экспериментальных образцов. Путем моделирования удастся найти оптимальный вариант усиленной конструкции, с более высокими параметрами прочности и надежности, а также разработать практические рекомендации по восстановлению прочности путем проведения ремонтно-восстановительных работ. Используя компьютерную визуализацию напряженно-деформированного состояния стальной конструкции и практических результатов дефектоскопии, создается адекватная модель конструктивного элемента тормозной системы в программе ANSYS. Это позволяет повысить точность проведения компьютерного моделирования определить слабые места конструкции и определить места возникновения аварийно-опасных зон усталостного разрушения. Результаты компьютерного моделирования позволяют разработать рекомендации по усилению конструкции. Достигается оптимальная форма элемента усиления конструкции, который ликвидирует зону концентрации напряжений и очаги усталостных трещин, а также препятствует их дальнейшему развитию. Использование метода магнитной памяти металла при поиске усталостных трещин позволяет на ранних этапах определить места их дислокации и установить элемент усиления, препятствующий усталостному разрушению. Параметры элемента усиления конструкции определяются при помощи исследования компьютерных моделей в программе ANSYS. Компьютерная модель конструкции балки приведена на рисунке 2. С помощью компьютерного моделирования мы устанавливаем оптимальные параметры элементов усиления и их дислокации на теле конструкции. Важным моментом нашей работы является то, что все созданные нами компьютерные модели имеют корреляцию по значениям механических напряжений с реальными конструкциями элементов тормозного устройства и основаны на результатах

практических измерений. Без этого фактора невозможно избежать ошибок в расчетах параметров элементов усиления и их расположения на конструкции. В своих исследованиях мы добились реального совпадения зон концентрации напряжения реальных конструкций ШПМ и созданных нами компьютерных моделей, которые можно считать адекватными. Практический опыт использования программы ANSYS показал множество факторов влияющих на точность результатов экспериментов, например, ошибка в выборе конечного элемента и его размера может внести погрешность в расчетах до 300 %.

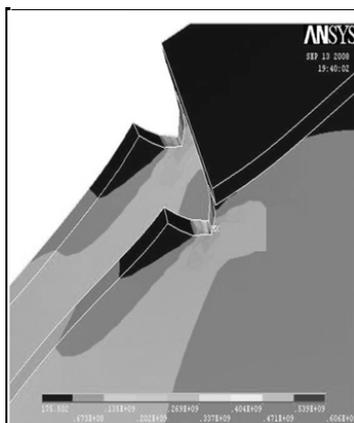


Рисунок 2 – Компьютерная модель конструкции балки

По результатам исследований разработаны практические рекомендации для ремонта и усиления конструкции тормозных балок ШПМ марки 2Ц–4х2,3; 2Ц–5х2,3; 2Ц–5х2,4 и 2Ц–6х2,4 компании АО «АрселорМиттал Темиртау».

До внедрения нашего метода усиления конструкции, выполнялись следующие действия: после выявления усталостных разрушений и повреждений в элементах тормозной балки производилась ее замена, которая сопряжена со значительными экономическими и трудовыми затратами, так как требует разборки коренных частей подъемной машины, что в свою очередь вызывает длительный простой подъемной машины. Ремонт, как правило, сводится к разделке и завариванию трещины электродуговой сваркой. Однако такой способ не обеспечивает надежной работы конструкции, поскольку в процессе эксплуатации возможно продолжение развития образовавшихся трещин. Наш метод позволяет в короткий срок выполнить ремонт и восстановление стальной конструкции без разборки механической части тормоза. На месте выявленной зоны усталостного разрушения устанавливается элемент усиления, который восстанавливает показатели прочности конструкции и обеспечивает ей

необходимую надежность. Используя элемент усиления, мы ликвидируем аварийно-опасную зону усталостного разрушения. Накладными элементами усиления могут быть дисковая накладка, ребро, кольцевая накладка или их комбинированные варианты. Накладные элементы крепятся на боковых гранях балки при помощи сварного или клеевого соединения. Преимуществом клеевых соединений является отсутствие напряжений и деформаций, а также образование закалочных структур металла в околосшовной зоне шва из-за термических влияний протекающих в процессе сварки. Последние отличаются большей эффективностью, связанной с локализацией «аварийно – опасных зон» и противодействием росту усталостных трещин. Технология изготовления и монтажа накладных элементов отличается простотой и не требует применения сложного сварочного и монтажного оборудования. Наш метод был использован инженерами компании АО «АрселорМиттал Темиртау» при проектировании металлических конструкций механической части ШПМ для снижения их металлоемкости. Практический пример установки элемента усиления на ШПМ показан на рисунке 3 [18].



Рисунок 3 – Практическое использование элементов усиления конструкции при ремонте конструкции ШПМ компании АО «АрселорМиттал Темиртау»

ВЫВОДЫ

Использование элементов усиления позволяет решить проблему усталостного разрушения, снизить металлоемкость конструкции и повысить сопротивление стальных конструкций балок тормозного механизма ШПМ усталостному разрушению.

Элементы усиления способны снизить значения максимальных механических напряжений в зоне образования усталостных трещин. Использование элементов усиления позволит восстановить прочность стальной конструкции после проведенного ремонта.

Как показали дальнейшие практические наблюдения после установки элемента усиления полностью исключается возможность роста усталостных трещин и разрушения стальной конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Stanzl-Tschegg, S., Meyer, H.** Variable Amplitude Loading in the Very High Cycle Regime // Proceedings, International Conference on Fatigue in the Very High Cycle Regime. – Austria, Vienna, 2001. – P. 371–378.

2 **Novy, F., Cincala, M., Kopas, P., Bokuvka, O.** Mechanisms of high-strength structural materials fatigue failure in ultra-wide life region // Materials Science and Engineering. – 2007. – № 462(1). – P. 189–192.

3 **K. Shiozawa, L. Lu, S. Ishihara.** S–N curve characteristics and subsurface crack initiation behaviour in ultra-long life fatigue of a high carbon–chromium bearing steel // Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures. – 2002. – № 24(12). – P. 781–790.

4 **Sakai, T., Takeda, M., Shiozawa, K., Ochi, Y., Nakajima, M., Nakamura, T., Oguma, N.** Experimental Evidence of Duplex S–N Characteristics in Wide Life Region for High Strength Steels // Proceedings, International Fatigue Congress, Higher Education Press/EMAS. – Beijing, China, 1999. – P. 573–578.

5 **Sapietová, A., Dekýš, V.** Dynamic analysis of rotating machines in MSC. ADAMS // Procedia Engineering. – 2016. – P. 143–149.

6 **Vaško, M., Sága, M.** Application of fuzzy structural analysis for damage prediction considering uncertain S/N curve // Applied Mechanics and Materials. – 2013. – P. 21–29.

7 **Sonsino, C. M.** Course of SN-curves Especially in the High-Cycle Fatigue Regime with Regard to Component Design and Safety // International Journal of Fatigue. – 2007. – P. 2246–2258.

8 **Murakami, Y., Nomoto, T., Wada, T.** Factors Influencing the Mechanism of Superlong Fatigue Failure in Steels // Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures. – 1999. – P. 581–590.

9 **Bathias, C., Drouillac, I., Francois, P. L.** How and Why the Fatigue S-N Curve Does Not Approach a Horizontal Asymptote // International Journal of Fatigue. – 2001. – №1. – P. 143–151.

10 **Sága, M., Kopas, P., Vaško, M.** Some computational aspects of vehicle shell frames optimization subjected to fatigue life // Communications. – 2010. – №4. – P. 73–79.

11 **Kanazawa, K., Nishijima, S.** Fatigue Fracture of Low Alloy Steel at Ultra-High Cycle Regime under Elevated Temperature Conditions // Journal of the Society of Materials Science. – 1997. – P. 1396–1401.

12 **Fatemi, A., Yang, L.** Cumulative fatigue damage and life prediction theories: a survey of the state of art for homogenous materials // Int. Journal Fatigue. – 1998. – P. 9–34.

13 **Belan, J.** High frequency fatigue test of IN 718 alloy – microstructure and fractography evaluation // Metalurgija. – 2015. – P. 59–62.

14 **Ulewicz, R., Szataniak, P., Novy, F.** Fatigue properties of wear resistant martensitic steel // 23rd International Conference on Metallurgy and Materials. – Tangerang, 2014. – P. 784–789.

15 **Belan, J.** High frequency fatigue test of IN 718 alloy – microstructure and fractography evaluation // Metalurgija. – 2015. – P. 59–62.

16 **Marines, I., Dominguez, G., Baudry, G., Vittori, J. F., Rathery, S., Doucet, J. P., Bathais, C.** Ultrasonic Fatigue Tests on Bearing Steel AISI-SAE 52100 at Frequency of 20 and 30 kHz // International Journal of Fatigue. – 2003. – P. 1037–1046.

17 **Vaško, A., Trško, L., Konečná, R.** Fatigue behaviour of synthetic nodular cast irons // Metalurgija. – 2015. – P. 19–22.

18 **Mekhtiyev, A. D., Bulatbayev, F. N., Yurchenko, A. V., Yugai, V. V.** Using of science technologies for mining machinery constructions strength improvement // IOP conf. Publishing Materials Science and Engineering. – 2015. DOI: 10/1088/1757-899X/81/1/012114.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Ф. Н. Булатбаев¹, А. Д. Мехтиев², Ю. Ф. Булатбаева³

Шахталық көтергіш машиналардың болат құрылымдарын жетілдіру және олардың металл сыйымдылығын төмендету

^{1,2,3}Энергетика, автоматика және теле байланыс факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

F. N. Bulatbayev¹, A. D. Mehtiev², Y. F. Bulatbayeva³

Improvement of steel structure of shaft hoisting machines and reducing their metal capacity

^{1,2,3}Faculty of Power Engineering, Automation and Telecommunications,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Ұсынылған мақалада авторлар шахталық көтергіш машиналардың (ШКМ) болат құрылымдарын жетілдіру және олардың металл сыйымдылығын төмендету, сондай-ақ қымбат тұратын беріктігі жоғары қорытпаларды пайдаланбай олардың беріктігін арттыру міндетін алға қояды.

Болат металдарындағы жарықтардың пайда болу себептері мен сипатына, сондай-ақ инженерлік материалдар мен құрылымдарының шаршау механизміне әсер ететін себептер мен факторларға талдау жүргізілді

ШКМ элементтерінің қатты кернеулі – деформацияланған күйін модельдеу ANSYS бағдарламасында жүргізіледі. Модельдеу арқылы беріктілік пен сенімділіктің жоғары параметрлері бар күшейтілген құрылымының оңтайлы нұсқасын табу, сондай-ақ жөндеу-қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу жолымен беріктілікті қалпына келтіру бойынша практикалық ұсыныстарды әзірлеу мүмкін болады.

ШКМ құрылымын күшейтудің дәстүрлі әдісі қарастырылған. АО «АрселорМиттал Теміртау» компаниясының инженерлері ШКМ механикалық бөлігінің металл құрылымдарын олардың металл сыйымдылығын төмендету әдістерін сипаттап жобаға ұсынылған.

In the presented article, the authors set themselves the task of improving the steel structure of mine hoisting machines and reducing their metal consumption, as well as increasing their strength without the use of expensive high-strength alloys.

The analysis of the causes and nature of the occurrence of cracks, as well as the causes and factors affecting the mechanism of fatigue failure in steels, engineering materials and structures.

Modeling of the stress-strain state of the elements of mine hoisting machines is carried out in the ANSYS program. By modeling, it is possible to find the best option for the reinforced structure, with higher strength and reliability parameters, as well as develop practical recommendations for restoring strength by carrying out repair and restoration work.

The traditional method of strengthening the design of mine hoisting machines is considered. A proprietary method is described and proposed, which was already used by the engineers of JSC «ArcelorMittal Temirtau» when designing the metal structures of the mechanical part of mine hoisting machines to reduce their metal consumption.

ГРНТИ 44.29.37

**В. Ф. Говорун¹, О. В. Говорун², Б. К. Шапкенов³,
В. П. Марковский⁴, Ю. Б. Ичева⁵, С. Б. Рамазанов⁶**

¹д.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;

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

⁵к.т.н., доцент, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. И. Сатпаева, Республика Казахстан;

⁶магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ¹vladimir.govorun@gmail.com; ³argin_intel@mail.ru; ⁴wadim54@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Выполнено моделирование линии с продольно и поперечно включенными КУ. Проанализированы режимы передачи активной мощности от нуля до максимальной величины, эквивалентные режиму натуральной мощности, при поперечном управлении КУ.

Для исследования и оценки эффективности нового поколения регуляторов FACTS необходимо модернизировать значительную часть инструментов расчета и анализа перетоков мощности, используемых при планировании режимов и в процессе функционирования ЭЭС. Поэтому совершенствование и развитие методов и инструментов расчета режимов с учетом взаимодействия различных устройств FACTS также является актуальной задачей.

Целью статьи является совершенствование математического и алгоритмического обеспечения, расширяющего функциональные возможности устройств FAST для обеспечения надежности и устойчивости функционирования электроэнергетических систем.

Ключевые слова: режимы передачи активной мощности, регуляторы FACTS, поперечное управление КУ, электроэнергетическая система, устойчивость функционирования.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальной задачей развития электроэнергетики является повышение энергетической эффективности энергосистем Казахстана. Прежде всего, необходимо оптимизировать процесс передачи и распределения электрической энергии.

Многообразие возможных параметров и режимов, даже в отдельно взятой энергосистеме, создают значительные препятствия на пути разработки оптимальных средств обеспечения устойчивости. Поэтому комплекс задач, связанных с обоснованием развития электрических систем и управления их режимами распадается на несколько направлений для исследований:

- использование интеллектуальных энергосистем (Smart Grid);
- развитие систем управления, включая компьютерные технологии;
- применение нетрадиционных устройств управления режимами, таких как FACTS, накопители энергии, регистраторы аварийных ситуаций, системы системного мониторинга, и т.п.

Применение в электрических сетях «гибких передающих систем переменного тока» на основе устройств FAST позволит повысить эффективность и обеспечить гибкое управление режимами энергосистем, так как FAST одновременно могут воздействовать на напряжение, сопротивление и угол сдвига фаз. Гибкие системы электропередачи должны позволить при любых возмущениях в системе с помощью устройств FAST перевести систему в новое стабильное состояние.

Для исследования и оценки эффективности нового поколения регуляторов FACTS необходимо модернизировать значительную часть инструментов расчета и анализа перетоков мощности, используемых при планировании режимов и в процессе функционирования ЭЭС. Поэтому совершенствование и развитие методов и инструментов расчета режимов с учетом взаимодействия различных устройств FACTS также является актуальной задачей.

Целью статьи является совершенствование математического и алгоритмического обеспечения, расширяющего функциональные возможности устройств FAST для обеспечения надежности и устойчивости функционирования электроэнергетических систем.

Технически работоспособными по уровням напряжения и устойчивости, без компенсирующих устройств (КУ), являются только короткие линии длиной до 400 км или, с небольшим отклонением, кратные полуволновой, причем пропускная способность таких линий ограничена величиной немного больше натуральной мощности. Такие ограничения в большинстве случаев не могут удовлетворить требованиям эксплуатации, так как с одной стороны экономичнее установить КУ, чем строить параллельные линии для пропуска

требуемого количества мощности к потребителю, с другой расстояние между источником и потребителем мощности ряда линий значительно превышает 400 км.

Обеспечить заданные уровни напряжения, пропускной способности и устойчивости электропередач, отличающихся от естественных, можно за счет изменения их параметров с помощью установки продольных и поперечных КУ.

При продольной компенсации происходит искусственное изменение индуктивности линии, а при поперечной – ее емкостной проводимости.

Продольная и поперечная компенсация может быть как индуктивная с помощью реакторов, так и емкостная с помощью батарей конденсаторов.

Рассмотрим влияние сконцентрированных в узле линии продольно и поперечно включенных КУ на уровень напряжения, ток и взаимный угол.

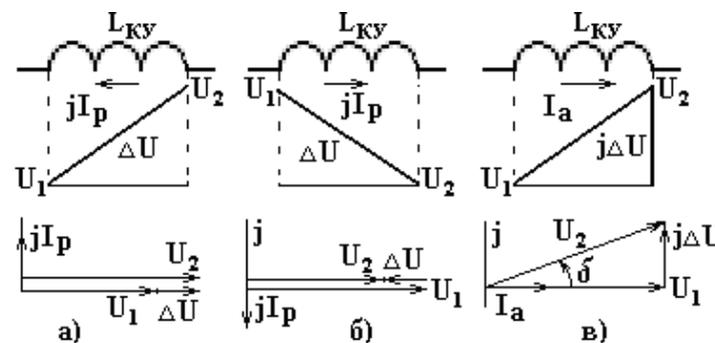


Рисунок 1 – Диаграммы изменения напряжения и угла при протекании по продольно включенному реактору только: емкостного – а); индуктивного – б); активного – в) тока

Из приведенного рисунка видно, что в узле с продольно включенным реактором будет происходить скачкообразное изменение напряжения, зависящее от направления реактивного тока. При направлении реактивного тока в сторону источника, скачек напряжения приведет к повышению напряжения на второй стороне реактора \$U_2\$, а при протекании реактивного тока в противоположную сторону к снижению напряжения \$U_2\$. При протекании по реактору чисто активного тока уровень напряжения изменится очень мало, а взаимный угол

$$\delta = \arctg \frac{\Delta U}{U_1} = \arctg \frac{I_a \omega_0 L_{КУ}}{U_1}$$

будет положительный.

Величину скачка напряжения можно определить по формуле:

при протекании реактивного тока продольная составляющая напряжения

$$\Delta U = \mp I_p \omega_0 L_{KY};$$

при протекании активного тока поперечная составляющая напряжения

$$j\Delta U = jI_a \omega_0 L_{KY}.$$

Так как емкость имеет отрицательное реактивное сопротивление $-j \frac{1}{\omega_0 C_{KY}}$, то продольное включение конденсаторов приведет, при протекании по емкости токов, к противоположным результатам по сравнению с продольно включенным реактором.

Поперечно включенные КУ $j\omega_0 C_{KY}$ (емкость, индуктивность) вызовет в основном скачек реактивного тока с разными знаками в месте его установки на величину, равную току отбираемого (выдаваемого) КУ

$$I_{KY} = jU_{KY} \omega_0 C_{KY}.$$

Для оценки влияния на пропускную способность и устойчивость линии рассмотрим элементарный участок линии с включенными по концам КУ.

На рисунке 2 приведена схема замещения элементарного участка линии с продольно включенным по концам КУ. Отметим, что при продольном включении реактора L_{KY} положительно, а при продольном включении емкости L_{KY} отрицательно.

Волновое сопротивление и волновую длину линии, имеющую распределенную продольную компенсацию можно представить в виде:

$$Z_{B-KY} = \sqrt{\frac{L_0 + L_{KY}}{C_0}} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \cdot \sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}} = Z_B \sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}};$$

$$\lambda_{0-KY} = \omega_0 l_0 \sqrt{C_0(L_0 + L_{KY})} = \omega_0 l_0 \sqrt{C_0 L_0} \cdot \sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}};$$

где: L_0, C_0 – индуктивность и емкость единицы длины исходной линии;

L_{KY} – индуктивность (емкость) продольной КУ;

Z_B, λ_0 – волновое сопротивление и волновая длина линии без КУ;

Z_{B-KY}, λ_{0-KY} – волновое сопротивление и волновая длина линии с КУ.

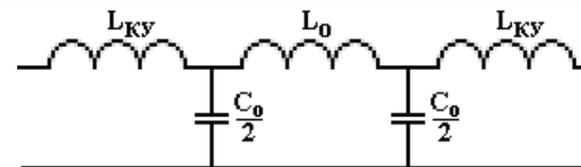


Рисунок 2 – Схема замещения элементарного участка линии с продольно включенным КУ

Из формул видно, что продольно включенная индуктивность ($+L_{KY}$) увеличивает естественную индуктивность линии. При этом увеличиваются волновое сопротивление и волновая длина линии. Величина активной мощности, эквивалентная по режиму напряжения вдоль линии, натуральной мощности

$$P_{0-KY} = \frac{U^2}{Z_{B-KY}} = \frac{U^2}{Z_B \sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}}} = \frac{P_0}{\sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}}}$$

снижается.

При продольном включении емкости ($-L_{KY}$) естественная индуктивность линии уменьшается, что приводит к снижению волнового сопротивления и волновой длины линии. Величина активной мощности, эквивалентная натуральной мощности увеличивается.

Таким образом, продольная индуктивная компенсация уменьшает пропускную способность и ухудшает условия устойчивости линии, а продольная емкостная компенсация улучшает условия устойчивости линии и одновременно увеличивает её пропускную способность.

На рисунке 3 – приведена схема замещения элементарного участка линии с поперечно включенным КУ. При поперечном включении реактора C_{KY} отрицательно, а при поперечном включении емкости C_{KY} положительно.

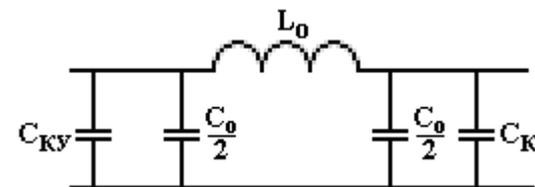


Рисунок 3 – Схема замещения элементарного участка линии с поперечно включенным КУ

Волновое сопротивление и волновую длину линии, имеющую распределенную поперечную компенсацию представим в виде:

$$Z_{B-кУ} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0 + C_{кУ}}} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{C_{кУ}}{C_0}}} = Z_B / \sqrt{1 + \frac{C_{кУ}}{C_0}};$$

$$\lambda_{0-кУ} = \omega_0 l_0 \sqrt{L_0(C_0 + C_{кУ})} = \omega_0 l_0 \sqrt{C_0 L_0} \cdot \sqrt{1 + \frac{C_{кУ}}{C_0}} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{C_{кУ}}{C_0}};$$

$$P_{0-кУ} = \frac{U^2}{Z_{B-кУ}} = P_0 \sqrt{1 + \frac{C_{кУ}}{C_0}}$$

Из формул видно, что поперечно включенная индуктивность (-C_{кУ}) компенсирует емкостную проводимость линии тем самым уменьшает волновую длину и пропускную способность линии. При этом увеличиваются волновое сопротивление и уменьшается волновая длина линии. Поперечная емкостная компенсация (+C_{кУ}) увеличивает волновую длину линии и величину активной мощности, эквивалентной натуральной мощности.

Таким образом, поперечная индуктивная компенсация улучшает условия устойчивости и снижает пропускную способность линии, а поперечная емкостная компенсация ухудшает условия устойчивости линии и увеличивает её пропускную способность.

Используя совместно продольную и поперечную компенсацию линии можно задать необходимые свойства. Так одновременное применение продольной емкостной и поперечной индуктивной компенсации приводит к уменьшению волновой длины линии, т.е. её эквивалентному укорочению. Пропускная способность линии при этом может, как увеличиваться, так и уменьшаться, в зависимости от преобладающего вида компенсации. Совместное применение продольной емкостной и поперечной емкостной компенсации повышает пропускную способность линии с одновременным увеличением её эквивалентной волновой длины. Если преобладает поперечная компенсация или её уменьшение, если преобладает продольная. Применение продольной индуктивной компенсации совместно с поперечной емкостной увеличивает эквивалентную длину линий. При этом пропускная способность может возрасти (преобладание эффекта поперечной компенсации) или уменьшится (преобладание, эффекта продольной компенсации). Совместное применение продольной индуктивной и

поперечной индуктивной компенсации снижает пропускную способность линии и одновременно уменьшает её волновую длину (преобладание эффекта поперечной компенсаций) или увеличивает её (преобладает эффект продольной компенсации),

Регулируемая поперечная компенсация линий.

Для обеспечения по всей длине линии напряжения, близкого к номинальному, при изменении передаваемой активной мощности, необходимо через определенные расстояния вдоль линии подключить поперечно регулируемые КУ. При изменении мощности, которых, в зависимости от передаваемой активной мощности (стабилизации напряжения в точках регулирования КУ), в линии будет существовать режим эквивалентный режиму натуральной мощности (рисунок -4).

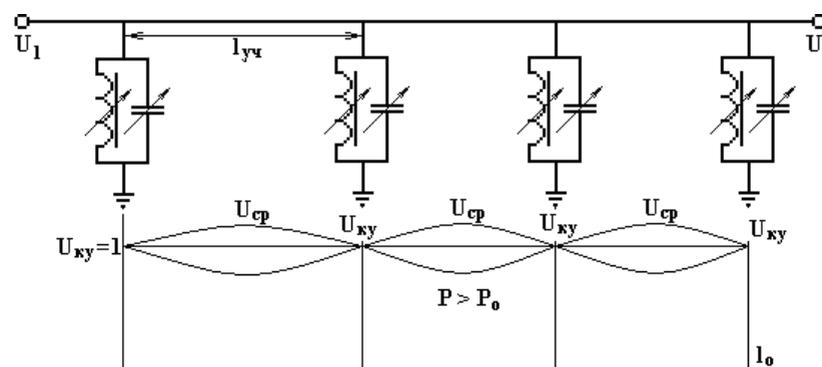


Рисунок 4 – Структурная схема поперечно регулируемых КУ

Используя формулу $P_{0-кУ} = P_0 \sqrt{1 + \frac{C_{кУ}}{C_0}}$, после ее преобразований получим величину КУ при перетоке по линии активной мощности

$$C_{кУ} = C_0 \left(\frac{P_{0-кУ}^2}{P_0^2} - 1 \right),$$

где P_{0-кУ} – величина передаваемой по линии с КУ активной мощности (эквивалентная натуральной); P₀ – величина натуральной мощности без КУ.

В режиме холостого хода (P_{0-кУ} = 0) и величина КУ отрицательна $C_{кУ} = -C_0$, т.е. поперечная компенсация должна быть индуктивной и полностью

компенсировать емкостную проводимость линии. В таком режиме мощность реактора должна быть равна реактивной мощности генерируемой линией

$$Q_{кв} = \omega_0 I_0 C_0 U^2 = \omega_0 I_0 U^2 \sqrt{L_0 C_0} \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} = \lambda_0 P_0.$$

По мере увеличения передаваемой по линии активной мощности, величина отбираемой с линии реактивной мощности должна уменьшаться по закону

$$Q_{кв} = \omega_0 I_0 C_0 U^2 \left(\frac{P_{0-кв}^2}{P_0^2} - 1 \right) = \lambda_0 P_0 \left(\frac{P_{0-кв}^2}{P_0^2} - 1 \right).$$

При передаче мощности $P_{0-кв} = P_0$ величина отбираемой с линии реактивной мощности должна становиться равной нулю, т.е. реактор необходимо отключить. Следует отметить, что при таком регулировании КУ во всех режимах будет существовать режим эквивалентный режиму натуральной мощности, т.е. величина напряжения вдоль линии будет находиться в допустимых пределах отклонения от номинального. В точках установки КУ $U_{кв} = U_{НОМ}$, а в середине участков линии между реакторами $U_{ср} = U_{НОМ} / \cos(\lambda_{уч} / 2)$ несколько выше номинального в режимах передачи мощности меньше натуральной и. ниже номинального в режимах передачи мощности больше натуральной

Вместе с изменением мощности КУ и передаваемой по линии активной мощности в тоже время будет претерпевать изменения и волновая длина линии

$$\lambda_{0-кв} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{C_{кв}}{C_0}} = \lambda_0 \frac{P_{0-кв}}{P_0}.$$

В режиме холостого хода эквивалентная волновая длина $\lambda_{0-кв} = 0$ и с увеличением передаваемой активной мощности будет линейно увеличиваться. В режиме передачи мощности равной натуральной $\lambda_{0-кв} = \delta_0$. Этим условием накладывается ограничение на длины линий, которые могут работать устойчиво.

Способов выдачи в линию и отбора с линии реактивной мощности, а также регулирования мощности КУ существует много. В большинстве случаев регулирование КУ осуществляется либо ступенчато последовательным отключением поперечных реакторов, собранных группами на низкой стороне трансформаторов, установленных в местах отбора мощности, либо

применением реакторов специальных конструкций, позволяющих за счет искусственного изменения магнитной проницаемости их цепей варьировать потребляемую мощность.

Очевидно, что пропускная способность линии с поперечной индуктивной компенсацией находится на уровне натуральной. Для дальнейшего увеличения передаваемой активной мощности необходимо применять поперечно регулируемые емкости.

Действительно при $P_{0-кв} > P_0$ мощность $Q_{кв}$ становится положительной

$$Q_{кв} = \lambda_0 P_0 \left(\frac{P_{0-кв}^2}{P_0^2} - 1 \right),$$

т.е. поперечная компенсация должна быть емкостной и полностью компенсировать потери реактивной мощности в индуктивностях линии. Волновая длина линии в режиме передачи мощности больше натуральной на каждом участке линии $\delta_0 > \lambda_{0-кв}$ и при передаче $P_{0-кв} = P_{\max}$ взаимный угол между напряжениями по концам линии $\delta_0 = 90^\circ$.

В середине участков линии между поперечно, включенными емкостями $U_{ср} = U_{НОМ} / \cos(\lambda_{уч} / 2)$ ниже номинального.

Поперечная емкостная компенсация может быть выполнена с помощью синхронных компенсаторов или других источников (устройств), вырабатывающих реактивную мощность.

Следует отметить, что соотношения, полученные для равномерно распределенной компенсации, практически не отличаются от результатов, даваемых точным расчетом для компенсации, выполняемой по сосредоточенным схемам.

Для решения задач управления и защиты в современных электроэнергетических системах широко используются микроэлектроника, компьютерная техника, высокоскоростные каналы связи, быстродействующие тиристорно-управляемые устройства, накопители энергии, регистраторы аварийных ситуаций, системы системного мониторинга, и т.п., а на их основе – технологии управляемых гибких электропередач переменного тока или FACTS. В настоящее время промышленностью освоен выпуск запираемых тиристоров на напряжения 4–10 кВ и токи 1–5 кА. Это позволило создать новые образцы устройств, которые могут применяться для решения поставленной задачи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Воробьев, Г. В.** Дальние электропередачи. Учебное пособие. 1, 2 часть. Караганда. 1977 г., 112 с.

2 **Говорун, В. Ф., Говорун, О. В., Говорун, Д. В., Падруль, Н. М., Аяганов А. Н., Жарасов, С. С.** Работа электропередачи при двухсторонней стабилизации напряжения. // Вестник ПГУ, № 2, Энергетическая серия Павлодар. – 2014 г.

3 **Говорун, В. Ф., Говорун, О. В., Падруль, Н. М., Акаев, А. М., Аяганов, А. Н., Жарасов, С.С.** Эффективность применения устройств FACTS в электропередаче Экибастуз – Кокчетав – Кустанай. // Вестник ПГУ, № 1, Энергетическая серия Павлодар. – 2014 г.

4 **Говорун, В. Ф., Говорун, О. В., Падруль, Н. М., Искара, Г. М., Мусаев, Ж. Б.** // Режимы работы четвертьволновой линии. Вестник ПГУ, № 1, Энергетическая серия Павлодар. – 2017 г.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

В. Ф. Говорун¹, О. В. Говорун², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, Ю. Б. Ичева⁵, С. Б. Рамазанов⁶

Электр қуатын өтіру тиімділігін қамтамасыз ету

^{1,2,3,4,6}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁵Қ. И. Сәтбаев атындағы
Екібастұз инженерлік-техникалық институты,
Екібастұз қ., 141200, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

V. F. Govorun¹, O. V. Govorun², B. K. Shapkenov³, V. P. Markovskiy⁴, Y. B. Icheva⁵, S. B. Ramazanov⁶

Enhancing of electric power transmission efficiency

^{1,2,3,4,6}S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁵Ekibastuz Engineering and Technical Institute
named after academician K. I. Satpayev,
Ekibastuz, 141200, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Сызық бойлық және бүйірлік жалғанган компенсациялық құрылғылармен модельделеді. Белсенді қуатты нөлден максималды мәнге, табиғи қуат режиміне тең, компенсаторлық құрылғыларды жан-жақты басқарумен беру режимдеріне талдау жасалды.

FACTS реттегіштерінің жаңа буынының тиімділігін зерттеу және бағалау үшін жоспарлау режимдерінде және ЭСЖ жұмыс

процесінде қолданылатын қуат ағынын есептеу және талдау құралдарының едәуір бөлігін модернизациялау қажет. Сондықтан әр түрлі FACTS құрылғыларының өзара әрекеттесуін ескере отырып режимдерді есептеу әдістері мен құралдарын жетілдіру және дамыту да өзекті мәселе болып табылады.

Мақаланың мақсаты – электр жүйелерінің жұмысының сенімділігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін FAST құрылғыларының функционалдығын кеңейтетін математикалық және алгоритмдік қамтамасыз етуді жақсарту.

A line is simulated with longitudinally and laterally connected compensation devices. The modes of transmission of active power from zero to the maximum value, equivalent to the regime of natural power, with lateral control of compensation devices are analyzed.

To study and evaluate the effectiveness of the new generation of FACTS regulators, it is necessary to modernize a significant part of the tools for calculating and analyzing power flows used in planning modes and in the process of functioning of EPS. Therefore, the improvement and development of methods and tools for calculating modes, taking into account the interaction of various FACTS devices, is also an urgent task.

The aim of the article is to improve the mathematical and algorithmic support that extends the functionality of FAST devices to ensure the reliability and stability of the functioning of electric power systems

**В. Ф. Говорун¹, О. В. Говорун², Б. К. Шапкенов³,
В. П. Марковский⁴, Ю. Б. Ичева⁵**

¹д.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;

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

⁵к.т.н., доцент, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. И. Сатпаева, г. Экибастуз, 141200, Республика Казахстан
e-mail: ¹vladimir.govorun@gmail.com; ³argin_intel@mail.ru; ⁴wadim54@mail.ru

ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ТРАНСФОРМАТОРЕ ТЕСЛА

Рассмотрено математическое моделирование трансформатора Тесла. Проанализированы уровни напряжения и реактивной мощности при изменении (частоты колебаний) длины линии.

Ключевые слова: трансформатор Тесла.

Целью статьи является совершенствование математического и алгоритмического обеспечения, расширяющего функциональные возможности устройств. Во время работы катушка Теслы создает красивые эффекты, связанные с образованием различных видов газовых разрядов. Многие люди собирают трансформаторы Теслы ради того, чтобы посмотреть на эти впечатляющие, красивые явления или проводить экспериментальные попытки получить неисчерпаемую свободную радиантную энергию из эфира. Трансформатор Тесла, или катушка Теслы, это устройство, изобретенное Николой Теслой и носящее его имя, создающее высокий уровень напряжения при высоких частотах.

Трансформатор Тесла состоит из двух катушек, первичной и вторичной, при малой индуктивной связи. Первичная катушка построена из нескольких витков провода большого диаметра, а вторичная бифилярная из большого количества витков двойного провода меньшего диаметра. Бифилярная катушка намотана так, что ток в обмотке течёт в противоположных

направлениях. Поэтому магнитное поле, созданное одним проводом, равно и направлено противоположно, созданное вторым проводом, приводя к почти полной взаимной нейтрализации магнитных полей. Это означает, что коэффициент самоиндукции катушки очень мал. За счет такой намотки, бифилярная катушка, имея большую собственную емкость и малую индуктивность, образует колебательный контур, где роль конденсатора, главным образом, выполняют емкость тороида и собственная межвитковая емкость самой катушки.

В отличие от трансформаторов, здесь нет никакого ферромагнитного контура, вследствие чего взаимная индукция между двумя катушками маленькая.

В первичной катушке создаются электрические колебания высокой частоты, разряжая конденсор, первоначально заряженный до напряжения нескольких киловольт. Регулирование частоты осуществлялось посредством изменения искрового промежутка. Искровой промежуток настраивался так, чтобы возникал пробой разрядника, при достижении достаточного напряжения между обкладками конденсора.

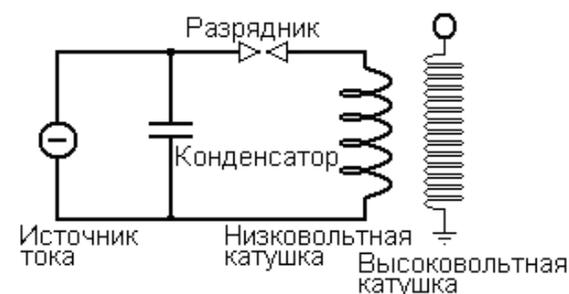


Рисунок 1 – Схема простейшего трансформатора Теслы

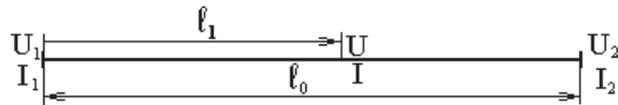
Когда искровой промежуток находится в проводящем состоянии, конденсор и первичная катушка связаны последовательно, таким образом, собирается RLC цепь, в которой возникают электрические колебания определенной частоты. Во вторичной катушке, которая также имеет другую RLC цепь, также производятся электрические колебания из-за индукции напряжения. Изменяя частоту колебаний (регулируя искровой промежуток), можно вибрировать волновую длину резонатора. При определенной частоте электрических колебаний в RLC контуре возникает резонанс. При этом выходное напряжение трансформатора Тесла может достигать сотни миллионов вольт. Это напряжение в резонансной частоте способно к созданию внушительных электрических разрядов в воздухе,

которые могут иметь длину многих метров, также как и других явлений, т.е. трансформатор Тесла это не что иное, как просто четвертьволновая длинная линия, свернутая в спираль. Как и в «вытянутой» длинной линии, в таком резонаторе на резонансной частоте будет существовать стоячая волна токов-напряжений, с узлом напряжения на одном конце линии, и узлом тока – на противоположном конце линии; существенное отличие от «вытянутой» длинной линии – только в усиленной индуктивной и емкостной связи между соседними участками такой линии в силу их геометрической близости в спиральной конфигурации, что немного меняет резонансную частоту и скорость распространения волны вдоль линии.

Рассмотрим математическую модель такой линии.

Линии, при анализе которых нельзя пренебречь поперечными токами, обусловленными емкостью между проводами и землей и активной проводимостью называют цепями с распределенными параметрами. Чтобы учесть изменение тока и напряжения вдоль линии, можно считать, что каждый элементарный участок линии обладает продольным активным сопротивлением и индуктивностью, а между проводами и землей поперечной активной проводимостью и ёмкостью. Следует отметить, что изменяя частоту электрических колебаний, мы меняем волновую длину линии.

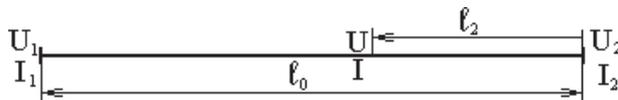
Уравнения с гиперболическими функциями, по которым можно определить напряжение, ток и мощность в любой точке линии, при отсчете длины l_1 (частоты) от начала:



$$\dot{U} = \dot{U}_1 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1) - \dot{I}_1 Z_B \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1);$$

$$\dot{I} = \dot{I}_1 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1) - \dot{U}_1 \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1) / Z_B.$$

Если известны комплексные значения \dot{U}_2 и \dot{I}_2 в конце линии, то \dot{U} и \dot{I} в любой точке линии на расстоянии l_2 (частоты) от её конца можно записать:



$$\dot{U} = \dot{U}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2) + \dot{I}_2 Z_B \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2);$$

$$\dot{I} = \dot{I}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2) + \dot{U}_2 \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2) / Z_B$$

Уравнения, связывающие параметры начала линии \dot{U}_1 и \dot{I}_1 с параметрами конца линии \dot{U}_2 и \dot{I}_2 :

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0) + \dot{I}_2 Z_B \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0);$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0) + \dot{U}_2 \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0) / Z_B.$$

где l_0 – полная длина линии,

$$\dot{\gamma}_0 = \sqrt{\dot{Z}_0 \cdot \dot{Y}_0} = (g_0 + j\omega_0 C_0) \dot{Z}_B = \beta_0 + j\alpha_0 - \text{коэффициент}$$

распространения волны, $\dot{Z}_B = \sqrt{\frac{\dot{Z}_0}{\dot{Y}_0}} = \sqrt{\frac{r_0 + j\omega_0 L_0}{g_0 + j\omega_0 C_0}}$ – волновое сопротивление линии,

β_0 – коэффициент затухания, α_0 – коэффициент фазы, $\omega_0 = 2\pi f_0$ – круговая частота; f_0 – частота переменного тока, L_0, C_0, r_0, g_0 – погонные параметры линии.

В качестве базисных величин примем $\dot{S}_B = \dot{P}_0$ и $U_B = U_{ном}$,

где $\dot{P}_0 = U_{ном}^2 / \dot{Z}_B$ – натуральная мощность.

Тогда базисное сопротивление $\dot{Z}_B = \dot{Z}_B$ равно волновому сопротивлению, а базисный ток $\dot{I}_B = \dot{P}_0$.

В относительных единицах уравнения линии, при отсчете координаты l_1 ($\dot{\gamma}_1$) от начала примут вид:

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 \operatorname{ch} \dot{\gamma}_1 - \dot{I}_1 \cdot \operatorname{sh} \dot{\gamma}_1;$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 \operatorname{ch} \dot{\gamma}_1 - \dot{U}_1 \cdot \operatorname{sh} \dot{\gamma}_1.$$

При отсчете координаты l_2 ($\dot{\gamma}_2$) от конца:

$$\dot{U}_i = \dot{U}_2 \operatorname{ch} \dot{\gamma}_2 + \dot{I}_2 \cdot \operatorname{sh} \dot{\gamma}_2;$$

$$\dot{I}_i = \dot{I}_2 \operatorname{ch} \dot{\gamma}_2 + \dot{U}_2 \cdot \operatorname{sh} \dot{\gamma}_2.$$

При не учете потерь ($\beta_0 = 0$) уравнения линии в относительных единицах примут вид:

– при отсчете координаты l_1 (λ_1) от начала линии:

$$\dot{U}_i = \dot{U}_2 \cos \lambda_1 - j \dot{I}_2 \cdot \sin \lambda_1;$$

$$\dot{I}_i = \dot{I}_2 \cos \lambda_1 - j \dot{U}_2 \cdot \sin \lambda_1,$$

где $\lambda_1 = \alpha_0 \cdot l_1$ – текущее значение волновой длины между рассматриваемой точкой и началом линии.

– при отсчете координаты $l_2 (\lambda_2)$ от конца линии:

$$\dot{U}_i = \dot{U}_2 \cos \lambda_2 + j \dot{I}_2 \cdot \sin \lambda_2 ;$$

$$\dot{I}_i = \dot{I}_2 \cos \lambda_2 + j \dot{U}_2 \cdot \sin \lambda_2 ,$$

где $\lambda_2 = \alpha_0 \cdot l_2$ – текущее значение волновой длины между рассматриваемой точкой и разомкнутым концом линии.

Режим холостого хода при стабилизации напряжения источника ($0 < l_0 \leq 1500$ км), т.е. ($0 < \lambda_0 \leq \pi/2$).

В режиме холостого хода, ток в конце линии $I_{\text{наг}} = I_2 = 0$.

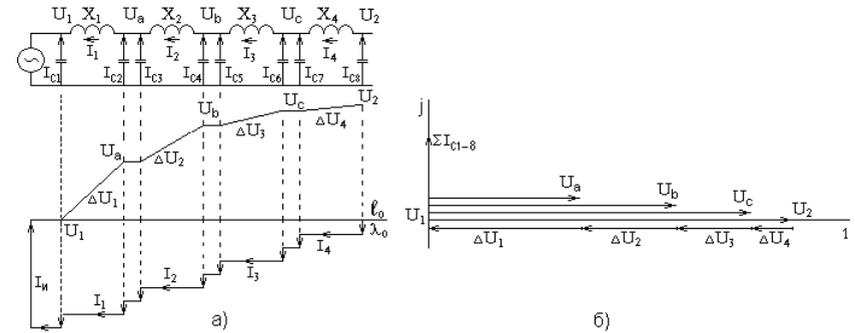
При не учете активных сопротивлений и проводимостей, отсчитывая от конца линии λ_2 и изменяя ее от 0 до $\lambda_0 = \alpha_0 \cdot l_0$ можно определить распределение тока, напряжения и реактивной мощности по формулам:

$$U(l) = U_2 \cos \lambda_2 ; I(l) = j U_2 \sin \lambda_2 ;$$

$$Q(l) = U(l) \cdot I(l) = j U_2^2 \cos \lambda_2 \cdot \sin \lambda_2 = j \frac{1}{2} U_2^2 \sin 2\lambda_2 .$$

В рассматриваемом режиме напряжение во всех точках линии имеет одинаковую фазу. Действительно, для мгновенного значения напряжения при холостом ходе получим $u(l, t) = U_2 \cos \lambda \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)$. Согласно этому соотношению, напряжение во всей линии совпадает по фазе (рисунок 2, б), а ток, протекающий по линии, опережает напряжение на 90° , т.е. имеет чисто емкостной характер и направлен в сторону источника питания.

Разбив условно всю линию на элементарные участки, можно изобразить ее эквивалентную электрическую схему в виде последовательно соединенной цепочки ячеек, состоящих из индуктивностей X_i и включенных между проводами емкостей C_i (рисунок 2, а). Эта эквивалентная схема позволяет выяснить целый ряд важных свойств и особенностей работы линий.



а) изменение тока и напряжения вдоль линии;

б) векторная диаграмма напряжений вдоль линии.

Рисунок 2 – Режим холостого хода линии при $\lambda_0 = 90^\circ$

При построении зависимостей, $U(\lambda)$ и $I(\lambda)$ на рисунке 2 принято допущение – токи и реактивные мощности, генерируемые всеми емкостями линии одинаковые. В действительности $I_{C_i} = U_i \cdot \omega_0 \cdot C_i = U_i \cdot b_i$, $Q_i = U_i^2 \cdot b_i$, зависят от приложенного к емкости напряжения.

На рисунке 2, 3 изображено распределение действующих токов и напряжений для случая, когда $\alpha_0 \cdot l_0 = \pi/2$, т.е. длина линии равна четверти длины волны.

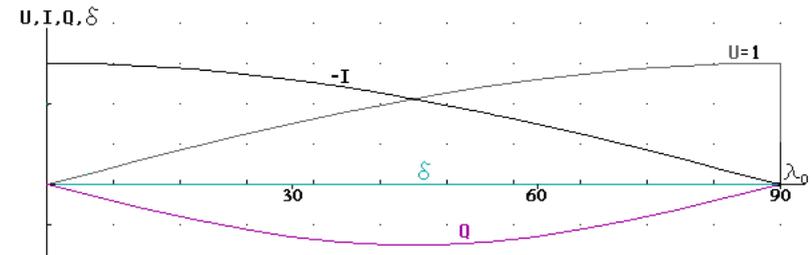


Рисунок 3 – Изменение в режиме х.х. тока, напряжения, реактивной мощности и угла вдоль линии

Как видно из рисунков 2, 3 в режиме холостого хода, при стабилизации напряжения в конце линии, напряжение в начале линии $U_1 = 0$, а реактивный ток, стекающий в источник равен $I_1 = \sum_1^n I_{C_n} = I_E$. При этом потери напряжения в элементарных индуктивных сопротивлениях от протекания по ним емкостных токов будут иметь только продольную составляющую.

Напряжение в конце линии

$U_2 = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \Delta U_4 = \sum \Delta U_i = U_{НОМ}$, т.е. по линии протекает такой емкостной ток, который создает суммарные продольные потери напряжения ΔU_Σ в индуктивностях линии равные $U_{НОМ}$. Здесь $\Delta U_i = I_i \cdot X_i$ (рисунок 2а). При этом реактивная мощность, генерируемая емкостями линии, полностью израсходуется на покрытие потерь мощности в индуктивностях линии, т.е. $\sum_{i=1}^n \Delta Q_X = \sum_{i=1}^n I_{Cn}^2 \cdot X_i$.

При учете активных сопротивлений и проводимостей напряжение в начале линии имеет небольшую конечную величину (рисунок 3).

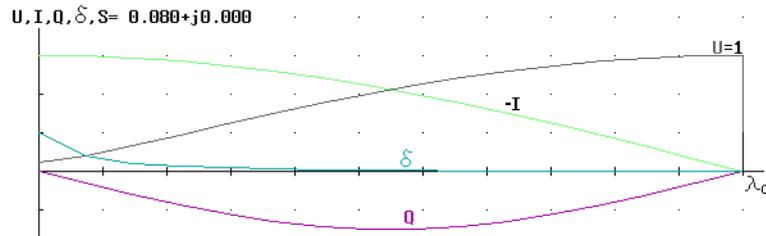


Рисунок 4 – Изменение в режиме х.х.тока, напряжения, реактивной мощности и угла вдоль линии – $\lambda_0 = \pi/2$

Следует отметить, что потери напряжения в линии, при учете активных сопротивлений и проводимостей, состоят из продольной и поперечной составляющих.

При $\alpha_0 l_0$ из формулы $\dot{U}_2 = \dot{U}_1 ch \gamma_1 - \dot{I}_1 \cdot sh \gamma_1$ при $U_2=1$ и $Q_1=0$, $\dot{U}_1 = (1 + P_1 \cdot jsh(\beta_0 l_0)) / ch(\beta_0 l_0) = sec h(\beta_0 l_0) + jP_1 \cdot th(\beta_0 l_0)$.

Так как $Sec h(\beta_0 l_0) \approx 0$ и $th(\beta_0 l_0) \approx 1$, то $\dot{U}_1 = jP_1$.

Таким образом, напряжение в точке, расположенной на расстоянии 1500 км ($\alpha_0 l_0 = 90^\circ$), отсчитанного от конца линии, в относительных единицах равно величине активной мощности, поступающей в линию, идущую на покрытие потерь, а угол между напряжениями в начале и конце такой длинны линии $\delta_n = 90^\circ$.

По мере уменьшения длины линии на величину Δl , при условии, что напряжение в конце линии равно $U_{НОМ}$, напряжение в начале линии U_1 будет увеличиваться на величину, равную $U_{\Delta l} = I_{\Delta l} \cdot X_{\Delta l} = U_2 \cdot \cos(\alpha_0 \cdot \Delta l)$, где $X_{\Delta l}$ – реактивное сопротивление участка линии длиной $\Delta l = 1500 - l_0$; $I_{\Delta l}$ – емкостной ток, генерируемый этим участком линии; l_0 – длина линии.

На рисунке 3, 4 величины U_1, I_1, Q_1 и распределение $U(\lambda), I(\lambda), Q(\lambda)$ вдоль линии можно определить, переместив начало координат влево на Δl .

При подержании напряжения в начале линии U_1 , отличного от расчетного, напряжение в конце линии определится $U_2 = U_1 / \cos \lambda_0$ и не будет равно $U_{НОМ}$. При этом ток в начале линии $I_1 = jU_2 \sin \lambda_0$.

Очевидно, что при $r_0 = g_0 = 0, \lambda_0 = \pi/2$ и $U_1 \neq 0$ напряжение в конце линии и ток в начале линии будут стремиться в бесконечность. Произойдет пробой изоляции и электропередача перейдет в устойчивый режим короткого замыкания. В коротких линиях при $U_1 \neq 0$ напряжение в конце будет больше чем в начале линии на величину ΔU_Σ . Причиной повышения напряжения в конце линии является протекание емкостного тока в сторону источника питания.

При стабилизации напряжения U_1 в начале линии, при не учете активных сопротивлений и проводимостей, расчет распределение тока, напряжения и реактивной мощности вдоль линии выполняется при отсчете от конца линии λ_2 и изменении ее от 0 до $\lambda_0 = \alpha_0 \cdot l_0$ по формулам:

$$U(l) = U_1 \frac{\cos \lambda_2}{\cos \lambda_0}; I(l) = jU_1 \frac{\sin \lambda_2}{\cos \lambda_0}; Q(l) = U(l) \cdot I(l) = -j \frac{U_1^2}{2 \cdot \cos^2 \lambda_0} \sin 2\lambda_2.$$

На рисунке 4 приведено распределение тока, напряжения и реактивной мощности вдоль линии: $\lambda_0 = \pi/3$.

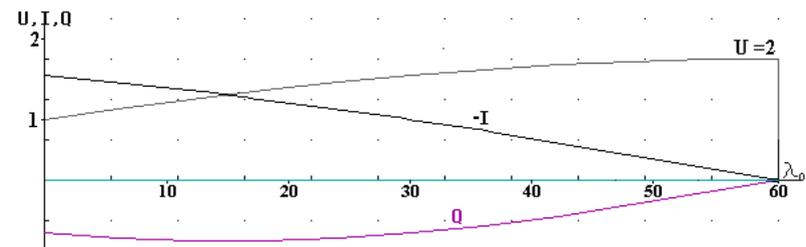


Рисунок 5 – Изменение в режиме х.х.тока, напряжения, реактивной мощности вдоль линии: $\lambda_0 = \pi/3$

При длинах линии близких к 1500 км напряжение в конце и ток в начале линии будут иметь очень большие величины, т.к. из-за повышения напряжения вдоль линии генерируются огромные емкостные токи и мощности. Часть реактивной мощности тратится в индуктивностях линии

$\Delta Q_X = \sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot X_i$, остальная течет в сторону источника питания. Следует

отметить, что повышение напряжения вдоль линии вызовет ионизацию воздуха вокруг проводов, а это в свою очередь приведет к увеличению емкостной проводимости между проводами, проводами и землей. Такое повышение погонной емкости увеличит α_0 и соответственно уменьшит длину линии при которой произойдет резонанс напряжения.

Избыток реактивной мощности необходимо компенсировать эквивалентной шунтирующей индуктивностью. Если это не выполнить, то избыточная реактивная мощность растечется по примыкающим электрическим сетям (продольным индуктивностям) и вызовет повышение напряжения во всей энергосистеме, а также размагничивание генераторов, трансформаторов и т.п.

В режиме холостого хода напряжение в конце линии будет в $K_U = U_2 / U_1 = 1 / \cos \lambda_0 = \sec \lambda_0$ раз больше напряжения в начале линии.

Рассмотрим режим холостого хода длинной линии на основании теории падающих и отраженных электромагнитных волн.

Пусть в момент включения линии напряжение на шинах генератора имеет нулевое значение. По мере увеличения амплитуды напряжения на шинах генератора амплитуда напряжения вдоль линии также будет возрастать по мере удаления от генератора.

Через четверть периода $t = T/4 = 0,005\text{с}$ (где $T = 0,02\text{с}$ – период напряжения генератора при частоте сети 50 Гц) волна напряжения распространится на расстояние, равное четверти длины волны $\lambda_0 = a_0 \cdot l_0 = 90^\circ$. При этом напряжение в конце линии будет равно нулю, а напряжение на зажимах генератора будет равно максимальной величине. Еще через четверть периода напряжение на зажимах генератора будет равно нулю, а в конце линии максимальным по величине.

Возрастающее между проводами линии генераторное напряжение порождает ток заряда погонной емкости линии (ток смещения). Этот ток смещения, связанный с напряжением поперёк линии, опережает напряжение на 90° . Следует подчеркнуть, что ток заряда погонной емкости не течет от источника по линии, так как в продольных индуктивностях возникла бы э.д.с самоиндукции, которая привела бы к снижению напряжения на следующем участке линии.

По мере увеличения заряда ток в погонной емкости убывает и доходит до нуля в момент достижения максимума напряжения. При этом напряжение поперёк линии, строго следуя за напряжением генератора, направлено навстречу напряжению генератора. При заряде погонной емкости возникает магнитное поле в перпендикулярной плоскости линии, которое перемещается от начала к концу линии и по законам электромагнитной индукции порождает вихревое электрическое поле снова в плоскости

линии опережающее вихрь тока. Тем самым порождается распространение напряжения вдоль линии и тока проводимости в проводах линии (Рисунок 6). После прохождения максимума напряжения начинается разряд погонной емкости вдоль линии. Причем, разрядная волна емкостного тока движется от начала линии к концу. В результате этого движения тока, в сторону источника, возникает продольный магнитный поток $\Delta\Phi = \omega_0 L_0 \cdot I \cdot \Delta l = X_i \cdot I_i \cdot \Delta l$, который также перемещается от начала к концу линии. Изменение этого потока создаст в участке провода э.д.с. самоиндукции $\Delta U = -\Delta\Phi / \Delta t = -(\omega_0 L_0 \cdot I) \Delta l / \Delta t$ со знаком плюс по отношению напряжения линии, так как ток направлен в сторону генератора. При этом магнитный поток в начале линии компенсируется магнитным потоком генератора.

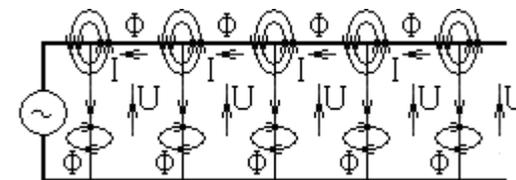


Рисунок 6 – Распространение электромагнитной волны вдоль линии

Итак, под действием переменного напряжения генератора дважды за период происходят заряд погонной емкости (первая и третья четверти периода) и дважды ее разряд (вторая и четвертая четверти периода). Но так как чередующиеся один за другим заряды и разряды погонной емкости сопровождаются каждый раз прохождением зарядного и разрядного токов, то мы можем заключить, что в линии возникают вихревые магнитные поля в поперечной и продольной плоскости линии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Говорун, В. Ф., Говорун, О. В., Говорун, Д. В., Падруль, Н. М., Аяганов, А. Н., Жарасов, С. С. Работа электропередачи при двухсторонней стабилизации напряжения. // Вестник ПГУ, № 2, Энергетическая серия Павлодар. – 2014 г.
- 2 Говорун, В. Ф., Говорун, О. В., Падруль, Н. М., Акаев, А. М., Аяганов, А. Н., Жарасов, С.С. Эффективность применения устройств FACTS в электропередаче Экибастуз – Кокчетав – Кустанай. // Вестник ПГУ, № 1, Энергетическая серия Павлодар. – 2014 г.

3 **Говорун, В. Ф., Говорун, О. В., Падруль, Н. М., Искара, Г. М., Мусаев, Ж. Б.** Режимы работы четвертьволновой линии. // Вестник ПГУ, № 1, Энергетическая серия Павлодар. – 2017 г.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

В. Ф. Говорун¹, О. В. Говорун², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, Ю. Б. Ичева⁵

Тесла трансформаторында өтетін процестер

^{1,2,3,4}С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;
⁵Қ. И. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты, Екібастұз қ., 141200, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

V. F. Govorun¹, O. V. Govorun², B. K. Shapkenov³, V. P. Markovsky⁴, Y. B. Icheva⁵

Processes in Tesla transformer

^{1,2,3,4}S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;
⁵Ekibastuz Engineering and Technical Institute named after academician K. I. Satpayev, Ekibastuz, 141200, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Тесла трансформаторын математикалық модельдеу қарастырылады. Желінің ұзындығының өзгеруімен (тербеліс жиілігі) кернеу мен реактивті қуат деңгейлері талданады.

The mathematical modeling of the Tesla transformer is considered. The levels of voltage and reactive power with a change (oscillation frequency) of the line length are analyzed.

ГРНТИ 621.311.1

В. Ф. Говорун¹, О. В. Говорун², В. П. Марковский³, Б. К. Шапкенов⁴, Л. А. Потяга⁵

¹д.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;
⁴к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;
⁵м.т.н., Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. И. Сатпаева, г. Екибастуз, Республика Казахстан
e-mail: ¹vladimir.govorun@gmail.com; ³wadim54@mail.ru; ⁴argin_intel@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОБЪЕКТЫ СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Обсуждаются спорные положения в нормативных документах строительства и эксплуатации электроэнергетических устройств, связанные с проблемой электромагнитных полей урбанизированных территорий. Анализируется методика измерения электромагнитных полей на селитебной территории. Проведена оценка воздействия электромагнитных полей на здоровье населения.

Причиной написания этой статьи стали, изложенные в ПУЭ РК (основной свод нормативных правил для проектирующих и эксплуатирующих предприятий электроэнергетики), ни чем не обоснованные, спорные положения.

Ключевые слова: электрическая энергия, электромагнитное излучение, селитебная территория, электромагнитное загрязнение, низкочастотное электромагнитное поле.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное использование электрической энергии в современном информационном обществе привело к тому, что за последние десятилетия возник и сформировался еще один значимый антропогенный негативный фактор – электромагнитное загрязнение окружающей среды.

Факты свидетельствуют, что обычный уровень низкочастотного электромагнитного поля (ЭМП) крупного промышленного города соответствует ситуации природной «магнитной бури» (аномально высокой геомагнитной активности) [1].

Электромагнитное загрязнение в ряде городов уже превышает природные уровни в тысячу и более раз [2].

В то же время анализ данных отечественной и зарубежной литературы показал, что низкочастотные ЭМП оказывают влияние на уровень и динамику заболеваемости взрослого и детского населения, проживающего вблизи воздушных линий электропередачи. А также, что, несмотря на значительный объем публикаций в настоящее время недостаточно проработана проблема мониторинга ЭМП ЛЭП различного класса напряжения, и способы повышения защищенности окружающей среды и человека от негативного электромагнитного загрязнения городской среды.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В связи с тем, что в Республике Казахстан идет постоянная переработка и корректировка ПУЭ, ПТЭ, ПТБ и ряда других нормативных документов, появляется ряд нестыковок, изложенных в различных нормативных документах.

В данной ситуации проектировщики в угоду Заказчика могут произвольно толковать положения, изложенные в нормативных документах, некорректно излагать факты, игнорировать природоохранное законодательство и международные конвенции.

В частности в ПУЭ РК в 2.5.115 написано «Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ, при наибольшем их отклонении, до ближайших выступающих частей жилых домов, производственных зданий и сооружений должны быть не менее: 2 м для ВЛ напряжением до 20 кВ, 4 м для ВЛ 35–110 кВ и 6 м для ВЛ 220 кВ ...».

Не смотря на то, что ПУЭ по правовой иерархии значительно ниже по отношению к законам «О земле», «Об экологической экспертизе», «Об охране окружающей среды», «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан», по этим правилам на селитебной территории проектные организации стали проектировать, а строительные предприятия прокладывать ВЛ 35–220 кВ, основываясь так же и на том, что на эти уровни напряжения, в санитарно-эпидемиологических правилах и нормах (СанПин) отсутствуют требования по допустимым уровням электромагнитного излучения промышленной частоты 50 Гц. Причем в СанПин основное внимание при проектировании и эксплуатации воздушных линий сверхвысокого напряжения (ВЛСВН) 330–1150 кВ уделяется только

значению напряженности электрического поля вдоль трассы, а на значение напряженности магнитного поля нет, так как по трассе ВЛ СВН это поле меньше нормируемого значения 80 А/м и следовательно оно не оказывает никакого влияния на здоровье человека [3].

Второе несоответствие, изложенное в ПУЭ, которое не учитывает того, что внутри зданий и сооружений имеются заземленные токопроводящие материалы. Из таблицы 2.5.19. ПУЭ. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до:

- поверхности земли 7 м для ВЛ 35–110 кВ и 8 м для ВЛ 220–330 кВ;
- зданий и сооружений на населенной местности 3 м для ВЛ напряжением до 35 кВ, 4 м для ВЛ 110 кВ, 5 м для ВЛ 220 кВ и 6 м для ВЛ 330 кВ.

Парадокс – расстояние от фазы до земли больше, чем от фазы до здания и сооружения.

Третье несоответствие, изложенное в ПУЭ и приказе Министра энергетики Республики Казахстан от 28 сентября 2017 года № 330 «Об утверждении Правил установления охранных зон объектов электрических сетей и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» (не введен в действие)

Охранные зоны электрических сетей в РК устанавливаются:

- 1) не менее 10 м – для воздушной линии электропередачи 1–20 кВ;
- 2) не менее 15 м – для воздушной линии электропередачи 35 кВ;
- 3) не менее 20 м – для воздушной линии электропередачи 110 кВ;
- 4) не менее 25 м – для воздушной линии электропередачи 220 кВ;
- 5) не менее 30 м – для воздушной линии электропередачи 330–500 кВ;
- 6) не менее 55 м – для воздушной линии электропередачи 1150 кВ.

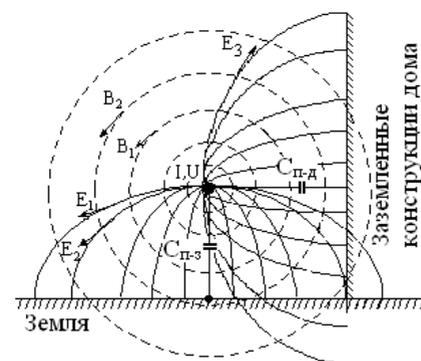


Рисунок 1 – Силовые линии электромагнитного поля, где C_{п-з} – емкость между проводом и землей и C_{п-д} – емкость между проводом и домом

Источником излучения энергии электромагнитного поля частотой 50 Гц в окружающее пространство являются провода ЛЭП и подстанции. Напряженность полей под линией зависит от класса напряжения (электрическое поле), величины протекающего тока (магнитное поле), от конструктивных особенностей ВЛ и ее параметров, т.е. сечения провода, высоты подвески провода, расстояния между проводами, состояния окружающей среды (температура, влажность, загрязненность), рельефа под линией.

Следует отметить, что при передаче по ЛЭП малой мощности (до натуральной) преобладает электрическая составляющая поля, а в режимах передачи мощности больше натуральной преобладает магнитная составляющая поля.

Если под проводом на высоте 1,8 м напряженность электрического поля измеряется относительно земли, то в квартире такое измерение теряет смысл.

Если провод находится на переменном напряжении U и по нему протекает ток I , то электромагнитное поле можно представить (рисунок 1) в виде силовых линий, начинающихся в проводе и заканчивающихся на поверхности земли. Очевидно, что влияние электромагнитных полей на дом будет значительно больше чем на землю.

Между силовой характеристикой электрического поля – напряжённостью и его энергетической характеристикой – потенциалом существует связь, описываемая выражением $E dl = -d\Phi$ или в декартовой системе координат

$$E_x dx + E_y dy + E_z dz = -d\Phi,$$

где E_x, E_y, E_z – проекции вектора напряженности на оси системы координат;

$d\Phi$ – изменение потенциала электрического поля на длине перемещения dl

В тоже время напряженность электрического поля при однородном поле представляет собой отношение электрического напряжения, действующего между двумя точками поля, к расстоянию l между этими точками

$$E = U / l.$$

При расчетах напряженности электрического поля, как правило, берется только вертикальная составляющая поля, в которой учитываются заряды всех проводов линии и их отражений от поверхности земли, поскольку потенциал человека относительно земли, а также ток, протекающий по человеку, определяется в основном этой составляющей (рисунок 2).

В этом случае на изолированном от земли человеке наводится потенциал, зависящий от соотношения емкости тела человека на землю и на провода ВЛ. Чем меньше емкость на землю (зависит от толщины и материала подошва обуви), тем больше наведенный потенциал относительно земли.

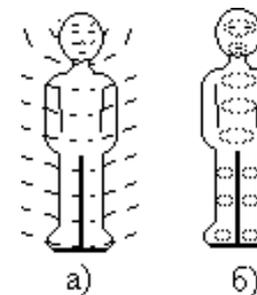


Рисунок 2 – Силовые линии, действующие на человека под ВЛ:

а) – потенциального поля; б) – магнитного поля

При прикосновении к заземленным проводникам, накопленный заряд в объемной емкости человека стекая, вызывает протекание тока, и, следовательно, возникновение магнитного поля. Как правило, этот ток не является опасным, так как его протекание очень кратковременно. Влияние магнитно поля B тоже время из-за разности потенциалов в разных точках тела человека, по органам будет протекать переменный ток, который вызовет пульсирующее магнитное поле.

Следует отметить, что нормы СанПин не ориентируют напряженность электрического поля относительно земли, а ограничивают величину модуля вектора этого поля, что не понятно с позиции физики происходящих процессов.

Также не понятно, какая составляющая напряженности электрического поля воздействует на человека находящегося в квартире (в вертикальном или горизонтальном положении, на первом – девятом этаже), параллельно которой проходит провод ВЛ.

Для случая воздушных линий электропередачи (ВЛ) при расчетах на основании учета технических характеристик проектируемых ВЛ (номинальное напряжение, ток, мощность, пропускная способность, высота подвеса и габарит проводов, тип опор, длина пролетов на трассе ВЛ и др.) строят общие (усредненные) вертикальные или горизонтальные профили напряженности E и H вдоль трассы ВЛ. При этом используют ряд усовершенствованных программ, учитывающих для отдельных участков трассы ВЛ рельеф местности и некоторые характеристики грунта, что позволяет повысить точность расчета.

Рассмотрим эти противоречия с точки электромагнитного загрязнения и экологической безопасности, как при проектировании, так и эксплуатации высоковольтных ВЛ на селитебной территории.

Под селитебной понимается территория, предназначенная для размещения жилищного фонда, общественных зданий и сооружений, а также отдельных коммунальных и промышленных объектов, не требующих устройства санитарно-защитных зон. На селитебной территории располагаются улицы, площади, парки и другие места общего пользования.

Переменное электромагнитное поле (ЭМП) является одним из видов материи. Оно обладает энергией, массой и количеством движения и может превращаться в другие виды материи.

Из физики известно, что электромагнитное поле в каждой точке характеризуется четырьмя векторными величинами: напряженностью электрического поля \vec{E} , В/м, электрической индукцией \vec{D} , Кл/м², напряженностью магнитного поля \vec{H} , А/м, магнитной индукцией \vec{B} , Тл (тесла). Составляющие электрического поля (\vec{E} , \vec{D}) и магнитного поля (\vec{H} , \vec{B}) находятся во взаимной зависимости.

Для поля в вакууме имеем $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}$; $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$, где $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$, Ф/м – электрическая постоянная; $\mu_0 = 1.26 \cdot 10^{-6}$, Г/м – магнитная постоянная.

Из закона полного тока следует, что всякое изменение электрического поля во времени $\partial E / \partial t$ вызывает появление магнитного поля, а из закона электромагнитной индукции следует, что всякое изменение магнитного поля во времени $\partial \Phi / \partial t$ приводит к появлению электрического поля. Следовательно, эти переменные поля, являются вихревыми полями. При этом они превращаются друг в друга. Так при промышленной частоте 50 Гц электрическое поле дважды за один период превращается в магнитное поле и наоборот, то есть пульсирует с частотой 100 Гц.

Также известно, что электромагнитное поле отражается от поверхности практически всех материалов, в том числе и от металла. Если оно меняется во времени не слишком быстро, то под его влиянием электроны на поверхности металла перемещаются так, что напряженность электрического поля внутри металла оказывается равной нулю. Малая часть энергии излучения переходит в джоулево тепло, которое выделяется токами, вызванными на поверхности металла полем излучения. Большая же часть энергии излучения покидает поверхность металла с отраженным излучением. В тоже время переменное ЭМП, проникая в вещество, взаимодействует с его частицами (электронами, ядрами, ионами, молекулами) и вызывает их колебания. Заряженные частицы при этом создают вторичное излучение. Совокупность таких микроскопических процессов приводит к поглощению поля в веществе – различному при разных частотах. Однако она достаточна для понимания качественной стороны процессов.

Исследования биологического действия ЭМП, выполненные в СССР в 60–90х годах прошлого века, ориентировались в основном на термическое действие электрической составляющей поля, которое вызывало протекание электрического тока по объекту исследования. Нормативы в СанПин основаны на величине максимального тока, протекающего по телу человека. Негативное воздействие от нетермических эффектов (в частности вихревой электрической составляющей, а это больше половины потока) которые обладают нелинейной природой и не измеряются существующими приборами, нормативами не учитываются.

В последнее время в большом количестве статей технической литературы дальнего и ближнего зарубежья имеются расчетные, экспериментальные и статистические исследования показывающие, что требования по допустимым уровням электромагнитного излучения промышленной частоты 50 Гц необходимо пересмотреть начиная с ВЛ 35 кВ и выше. Это вызвано тем, что магнитные поля с напряженностью существенно меньше нормируемой величины вызывают повышенный риск возникновения различных заболеваний человека, особенно онкологических.

Из квантовой физики известно, что живой организм, будучи неравновесной открытой средой, представляет собой набор молекулярных образований. Эти молекулярные образования имеют высокую структурную упорядоченность и ведут себя как единое целое в реакциях и поведении в пространстве и времени. Поэтому любое постороннее воздействие на какую-либо из молекулярных структур сразу сказывается на состоянии всей молекулярной системы, органа и организма в целом.

Очевидно, что электромагнитные поля воздействуют на любые жизненные процессы в клетках нашего организма. Причем электромагнитные поля, образованные антропогенными источниками, могут представлять собой своеобразную интервенцию в жизнь клетки и в ее «самочувствие». Как итог – возможное нарушение функций клеток, снижение их численности, ухудшение «взаимопонимания» между клетками, и, в конце концов, нарушение нормального функционирования организма как единого целого.

Человеческое тело обладает собственным магнитным полем, различным для разных органов. Важным моментом является поддержание относительного баланса между внешними и внутренними магнитными полями. Бесспорным является факт, что внешние магнитные поля в значительной мере определяют состояние наших внутренних магнитных полей.

У человека также есть своё электромагнитное поле, так как нейроны в нервной системе являются носителями электрического заряда, а в различных клетках нашего организма и в крови имеются ионы (заряженные частицы)

металлов. Следовательно, все эти компоненты являются чувствительными к внешним магнитным полям.

Одним из механизмов воздействия магнитного поля на организм человека, который признается большим количеством ученых, является уменьшение выработки гормона – мелатонина. Мелатонин, подавляющий развитие раковых клеток, вырабатывается в организме человека ночью.

Врачи и ученые эксперты в области физиологических процессов, происходящих под влиянием магнитного поля в человеческом организме, обращают повышенное внимание на влияние магнитного поля на кровеносно-сосудистую систему человека, эффективность переноса кислорода кровью, транспортировку питательных веществ, но наиболее чувствительной к магнитному полю является нервная система. На магнитные поля реагирует и многие другие системы организма: эндокринная, сердечнососудистая, дыхательная, костно-мышечная и пищеварительная системы, органы чувств и кровь.

Слабые магнитные поля – техногенного и естественного происхождения – оказывают влияние на циркадные ритмы и физиологические функции человека, что в итоге сказывается на общем состоянии. В природных условиях человек подвержен лишь естественным электромагнитным полям, на которые он настроился на протяжении всего процесса эволюции на планете Земля. Когда же в этот процесс взаимодействия вмешиваются искусственные источники магнитных, электрических и электромагнитных полей с частотой, отличающейся от собственной частоты органов, то происходит нарушение синхронизации. Однако, если здоровый организм кратковременно ещё может справляться, то есть адаптироваться, к воздействию магнитных полей, то чем сильнее он заболевает, тем существеннее становится воздействие. Организму, ослабленному продолжительной болезнью, даже незначительное, слабое воздействие может нанести существенный, а иногда и непоправимый урон.

Многочисленные исследования в области биологического действия электромагнитных полей позволили определить, что наиболее чувствительными системами организма человека являются: нервная, иммунная, эндокринная и половая. Биологический эффект ЭМП в условиях длительного многолетнего воздействия может привести к развитию отдаленных последствий, включая дегенеративные процессы центральной нервной системы, рак крови (лейкозы), опухоли мозга, гормональные заболевания и др.

Сегодня врачами-гигиенистами доказано влияние электромагнитного излучения на организм человека, и нужно оценить, где тот уровень, который вреден, и тот уровень, который можно допустить. Это нужно исследовать,

причем, очень серьезно. Такие исследования должны проводиться на протяжении длительного времени и ставиться корректно. А сегодня ни медицинская, ни биологическая наука не может до конца сказать, каков же этот уровень. Нужно учитывать и саму эволюцию предельно допустимых уровней излучения.

Биологический эффект электромагнитных полей в условиях длительного многолетнего воздействия накапливается, в результате возможно развитие серьезных последствий. Особо опасны электромагнитные поля могут быть для детей, беременных (эмбрион), людей с заболеваниями центральной нервной, гормональной, сердечнососудистой системы, аллергиков, людей с ослабленным иммунитетом.

Посмотрим, как действуют на организмы слабые и сверхслабые магнитные поля. Земля обладает электромагнитным полем. Линии напряженности электрического поля направлены сверху (от ионосферы) вниз (к Земле). Напряженность поля составляет порядка $E = 120-130$ В/м, а частота $f = 7,83$ Гц. Магнитное поле Земли является пульсирующим вследствие возбуждения гидромагнитных волн в магнитосфере Земли; частотный диапазон пульсаций простирается от миллигерц до одного килогерца.

Под влиянием магнитных полей происходит повышение проницаемости сосудов и эпителиальных тканей, благодаря чему можно ускорить рассасывание отеков и растворение лекарственных веществ. Данный эффект лёг в основу магнитотерапии и широко применяется в медицине при различных видах травм, ранений и их последствий. Снижение уровня внешнего магнитного поля ведёт к нарушению магнитного поля в кровеносной системе, в результате чего нарушается кровообращение, транспортировка кислорода и питательных веществ к органам и тканям, что может в итоге привести к развитию болезни.

Недавно проведены многочисленные опыты, показавшие, что в магнитном поле Земли ориентируются одноклеточные, черви, моллюски. Примечательно, что эти примитивные организмы тотчас же реагировали на изменение искусственного магнитного поля всего на 0,05 эрстед (ведь примерно таковы же колебания земного магнитного поля при магнитных бурях!). А вот на колебания в десятки раз большие те же животные реагировали медленно и как бы неохотно.

Магнитобиология – новая и бурно развивающаяся область естествознания. Она теперь главным образом накапливает факты, а где возможно, ищет теоретические объяснения. Для основной же темы важен твердо установленный факт – слабые магнитные поля заметно действуют на организмы [4].

ВЫВОДЫ

1 Необходимо разработать методику измерения электрических и магнитных полей внутри зданий и сооружений, которые имеют заземленные токопроводящие материалы.

2 Для защиты населения от ЭМП ЛЭП при строительстве и эксплуатации электроэнергетических устройств необходимо предусмотреть ряд обязательных мероприятий, а именно:

– проведение экологических изысканий для строительства путем исследования электромагнитного излучения, которые должны осуществляться в первую очередь при разработке градостроительной документации и проектировании жилищного строительства на освоенных территориях, в соответствии с СП 47.13330.2016 «Инженерно-экологические изыскания для строительства». При этом должны быть зафиксированы основные источники вредного воздействия, его интенсивность и выявлены зоны дискомфорта с превышением допустимого уровня вредного физического воздействия;

– установка и соблюдение санитарно-защитных зон (СЗЗ) в соответствии с СанПиН «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий сооружений и иных объектов»;

– использование инженерно-технических методов защиты от ЭМП ЛЭП (чаще всего экранирование) при строительстве и реконструкции объектов.

3 Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) на основании анализа результатов Международного проекта по электромагнитным полям пришла к выводу о недостаточности исследований по результатам негативных последствий долгосрочного низкоуровневого воздействия ЭМП крайне низкой частоты (0-100000 Гц) и сформулировала рекомендации, среди которых необходимость продолжения исследований по определению негативных последствий для здоровья человека и способов снижения уровней воздействия ЭМП при строительстве новых сооружений [5].

4 Одной из задач статьи является восстановление отношения к экологическому мониторингу электромагнитных полей как к работе над единым комплексом взаимосвязанных и взаимообусловленных проблем. Это позволит упорядочить картину достаточно сложного явления. Без этого невозможно квалифицированное решение основных задач в области экологического мониторинга – планирование и выполнение измерений, выбор необходимой измерительной аппаратуры, формулировка итоговых выводов и рекомендаций. Кроме того, единый подход к проблеме экологического мониторинга электромагнитных полей должно помочь разобраться и сформировать собственное критическое отношение к различного рода (часто спекулятивным) концепциям, уводящим в сторону от решения главной

проблемы – охраны здоровья работающих и предотвращения развития хронических профессиональных заболеваний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Электромагнитное загрязнение окружающей среды и здоровье населения России. / Под ред. Демина А.К. – М., 1997. – 91 с.

2 **П. Белкин А. Д., Леонов В. Е.** Влияние техногенных электромагнитных полей на окружающую среду. – Новосибирск : НГАВТ, 2000. – 95 с.

3 Санитарные правила и нормы «Защита населения от воздействия электрического поля, создаваемого высоковольтными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты», Республика Казахстан.

4 **Птицына, Н. Г., Дж. Виллорези, Дорман, Л. И., Юччи, Н., Тясто, М. И.** «Естественные и технологические низкочастотные магнитные поля как факторы, потенциально опасные для здоровья». «Успехи физических наук» 1998, N 7 (том 168, стр. 767–791).

5 Информационный бюллетень Всемирной организации здравоохранения № 322, июнь 2007. -<http://www.who.int/en/>.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

В. Ф. Говорун¹, О. В. Говорун², В. П. Марковский³, Б. К. Шапкенов⁴, Л. А. Потяга⁵

Тұрғын үй аумағының объектілеріне электромагниттік сәулеленудің әсер етуі

^{1,2,3,4}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁵Қ. И. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты, Екібастұз қ., 141200, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

V. F. Govorun¹, O. V. Govorun², V. P. Markovsky³, B. K. Shapkenov⁴,
L. A. Potyaga⁵

Influence of electromagnetic radiation on residential territory's objects

^{1,2,3,4}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁵Ekibastuz Engineering and Technical Institute
named after academician K. I. Satpayev,
Ekibastuz, 141200, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Қала аумағындағы электромагниттік өрістер проблемасына байланысты электрлік құрылғыларды салу және пайдалануға қатысты нормативтік құжаттардағы даулы ережелер талқыланады. Тұрғын үй аумағындағы электромагниттік өрістерді өлшеу әдістемесі талданады. Электромагниттік өрістердің денсаулыққа әсері бағаланды.

Бұл мақаланы жазудың себебі Қазақстан Республикасының ЭҚОЕ-да (электр энергетикасы кәсіпорындарын жобалау мен пайдаланудың негізгі ережелерінің жиынтығы) негізсіз, даулы ережелер болды.

The controversial provisions in the regulatory documents for the construction and operation of electric power devices related to the problem of electromagnetic fields in urban areas are discussed. The technique of measuring electromagnetic fields in a residential area is analyzed. The impact of electromagnetic fields on public health has been assessed.

The reason for writing this article was set forth in the PUE of the Republic of Kazakhstan (the main set of regulatory rules for designing and operating electric power enterprises), which were unreasonable, controversial provisions.

ГРНТИ 44.31.35

А. М. Достияров¹, Ж. Ф. Ожикенова²

¹д.т.н., профессор, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Ж. Даукеева, Институт теплоэнергетики и теплотехники, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;

²докторант, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Ж. Даукеева, Институт теплоэнергетики и теплотехники, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан
e-mail: ²ozhiknova92@mail.ru

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА КАМЕРЫ ДОЖИГАНИЯ В КОТЛЕ УТИЛИЗАТОРЕ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

В статье рассматриваются вопросы связанные с камерой сгорания газотурбинной установки и камерой дожигания котла утилизатора, являющихся одним из основных элементов парогазовой установки. Проводится анализ методики расчета камеры дожигания КУ, что дает возможность оценить токсичные выбросы камеры.

Ключевые слова: камера дожигания, котел утилизатор, газотурбинная установка, парогазовая установка.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время значительное внимание уделяется развитию схемы ПГУ с котлом утилизатором [1]. Для увеличения мощности в таких схемах применяют дожигание топлива в среде продуктов сгорания газотурбинной установки. Т.е. выходные газы ГТУ представляют собой горячий воздух, забаластированный продуктами сгорания топлива. Объемная концентрация окислителя O_2 в выхлопных газах можно посчитать и она составляет примерно $12 \div 17\%$ в работающих ПГУ. Дожигания топлива в среде выходных газов ГТУ связано с жесткими требованиями к горелочным устройствам камеры дожигания [2, 3]. Во первых полнота сгорания должна быть высокой при устойчивом горении при высоких скоростях набегающего потока выходных газов ГТУ. Во вторых необходимо создание равномерного температурного поля после горелок. В третьих нужно добиться высоких экологических показателей, т.е. достичь минимальных уровней оксида азота. Вышеуказанных требований можно добиться за счет установки в переходном газоходе КУ угловых дифузионно-стабилизаторных горелок, причем обеспечивая их эшелонирование [4, 5]. Важным является создание методики расчета камеры дожигания с вычислением суммарного коэффициента избытка воздуха $\alpha_{с.ку}$.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для простоты будем рассматривать ГТУ с одной камерой сгорания ГТУ и одним котлом утилизатором с микрофакельной камерой дожигания в переходном газоходе [6].

Для проведения расчета должно быть задано следующее:

- 1) суммарный расход газа ГТД $G_{r\Sigma}$;
- 2) температура газа на входе в камеру T_r ;
- 3) давление газа на входе в камеру p_r ;
- 4) температура газа на выходе из камеры T_{r1} ;
- 5) топливо и его характеристики Q_H^P, L_0, T_r ;
- 6) класс (назначение) двигателя.

Полное количество газов G_r , входящих в камеру дожигания КУ, содержит чистые продукты сгорания топлива камеры сгорания ГТУ $G_{ч.п}$ и оставшийся не вступившие в реакцию воздух $G_{о.в}$. Считаем $\eta \approx 1$ [7], тогда количество чистых продуктов сгорания:

$$G_{ч.п} = G_T(1 + L_0). \tag{1}$$

Количество оставшегося воздуха

$$G_{о.в} = G_\varepsilon - G_T L_0 = G_T(1 + \alpha_\Sigma L_0) - G_T(1 + L_0) = G_T L_0(\alpha_\Sigma - 1). \tag{2}$$

В камере дожигания КУ для повышения температуры газов от T_r до T_{r1} требуется пока неизвестное количество топлива G_{T1} . Для сжигания 1 кг топлива теоретически необходимо количество воздуха L_0 (в кг). Но в камеру дожигания КУ поступает не воздух, а газ с меньшим содержанием кислорода, так что для окисления 1 кг топлива его потребуется в количестве L_{01} . Величину L_{01} определим следующим образом. В потоке газа G_r на 1 кг оставшегося воздуха приходится чистых продуктов сгорания

$$\frac{G_{ч.п}}{G_{о.в}} = \frac{G_T(1 + L_0)}{G_T L_0(\alpha_\Sigma - 1)} = \frac{1 + L_0}{L_0(\alpha_\Sigma - 1)}.$$

Следовательно,

$$L_{01} = L_0 \left[1 + \frac{1 + L_0}{L_0(\alpha_\Sigma - 1)} \right] = \frac{1 + \alpha_\Sigma L_0}{\alpha_\Sigma - 1}. \tag{3}$$

Общий коэффициент избытка газа в камере дожигания КУ

$$\alpha_{\Sigma 1} = \frac{G_r}{G_{T1} L_{01}} = \frac{G_T(1 + \alpha_\Sigma L_0)}{G_{T1}(1 + \alpha_\Sigma L_0)}(\alpha_\Sigma - 1) = \frac{G_T}{G_{T1}}(\alpha_\Sigma - 1). \tag{4}$$

Так как в этом выражении неизвестны G_{T1} и $\alpha_{\Sigma 1}$, следует составить уравнение теплового баланса, с помощью которого можно определить $\alpha_{\Sigma 1}$. Уравнение теплового баланса камеры дожигания КУ, отнесенное к 1 кг сжигаемого топлива, при использовании шкалы Цельсия,

$$I_T^* \Big|_0^{T_r^*} + \alpha_{\Sigma 1} L_{01} I_T^* \Big|_0^{T_r^*} + Q = (1 + \alpha_{\Sigma 1} L_{01}) I_{T1}^* \Big|_0^{T_{r1}^*}. \tag{5}$$

Первая часть равенства выражает теплосодержание смеси газов на выходе из камеры при температуре T_{r1}^* . Первый член левой части – теплосодержание 1 кг топлива при его температуре на входе в камеру, второй – теплосодержание поступающего в камеру газа в количестве, приходящемся на 1 кг топлива. Величина Q – часть теплоты, выделившейся при сгорании 1 кг топлива, которая пошла на нагревание рабочего тела. Она определяется так же, как и основной камеры сгорания:

$$Q = Q_{\varepsilon 0}^P - Q_{H_2O} - Q_{окр} - Q_{нед}, \tag{6}$$

где Q_{H_2O} – теплота парообразования в продуктах сгорания; $Q_{окр}$ – теплота, отданная камерой в окружающую среду; $Q_{нед}$ – теплота, потерянная вследствие химического, механического недожога топлива и диссоциации.

Здесь теплота $Q_{\varepsilon 0}^P$ должна быть высшей теплотой сгорания 1 кг топлива при 0°C в смеси, аналогичной по составу смеси, имеющейся в камере промежуточного подогрева газов. Но, как и раньше, допустимо определение этой величины при горении в чистом воздухе. Тогда

$$Q_{\varepsilon 0}^P = Q_{H_2O}^P + Q_{H_2O} + [(1 + \alpha_{\Sigma 1} L_{01})] I_{T1}^* \Big|_0^{T_0^*} - \alpha_{\Sigma 1} L_{01} I_T^* \Big|_0^{T_0^*} - I_T^* \Big|_0^{T_0^*}. \tag{7}$$

В дальнейшем индекс стандартный T_0^* , при которой определяется теплота сгорания топлива, для упрощения будет опущен. Обозначим

$$Q_{H_2O}^P - Q_{окр} - Q_{нед} = Q_H^P - Q_{окр} - Q_{нед} = \eta_{T1} Q_H^P,$$

где η_{T1} – коэффициент полноты сгорания топлива в камере сгорания промежуточного подогрева газов.

Теперь, подставляя выражение (7) в (5), получим уравнение теплового баланса

$$I_T^* \Big|_0^{T_r^*} + \alpha_{\Sigma 1} L_{01} I_T^* \Big|_0^{T_r^*} + \eta_{T1} Q_H^P + (1 + \alpha_{\Sigma 1} L_{01}) I_{T1}^* \Big|_0^{T_0^*} - \alpha_{\Sigma 1} L_{01} I_T^* \Big|_0^{T_0^*} - I_T^* \Big|_0^{T_0^*} = (1 + \alpha_{\Sigma 1} L_{01}) I_{T1}^* \Big|_0^{T_{r1}^*}.$$

Суммируя соответствующие члены уравнения, получим

$$\eta_{Г1} Q_n^p = (1 + \alpha_{\Sigma 1} L_{01}) I_{Г1}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| - \alpha_{\Sigma 1} L_{01} I_{Г}^* \left| \frac{T_{Г}^*}{T_0^*} \right| - I_{Г}^* \left| \frac{T_{Г}^*}{T_0^*} \right|. \quad (8)$$

Из этого уравнения непосредственно, не прибегая к методу последовательных приближений, получить $\alpha_{\Sigma 1}$ нельзя, так как неизвестна теплоемкость смеси газов на выходе из камеры $C_{pГ1}$. Поэтому сначала определим отдельно количество чистых продуктов сгорания и воздуха в газе за камерой дожигания. Известно, что на входе в камеру в составе каждого $1 + \alpha_{\Sigma} L_0$ газа содержится $(\alpha_{\Sigma} - 1)L_0$ (воздуха (в кг). Значит в $\alpha_{\Sigma 1} L_{01}$ газа, приходящегося на 1 кг поступающего в камеру топлива, воздуха будет

$$L_0 (\alpha_{\Sigma} - 1) \alpha_{\Sigma} L_{01} / (1 + \alpha_{\Sigma} L_0). \quad (9)$$

В газе за камерой промежуточного подогрева на 1 кг сгоревшего в ней топлива останется воздуха

$$\left[\frac{(\alpha_{\Sigma} - 1) L_0 \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} - L_0 \right].$$

Аналогично этому чистых продуктов сгорания на входе в камеру промежуточного подогрева на каждые $1 + \alpha_{\Sigma} L_0$ газа приходится $1 + L_0$ кг. Тогда на $\alpha_{\Sigma 1} L_{01}$ газа этих продуктов будет

$$\frac{(1 + L_0) \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0}.$$

После сгорания топлива на каждый 1 кг его будет чистых продуктов сгорания

$$\left[\frac{(1 + L_0) \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} + (1 + L_0) \right]. \quad (10)$$

Очевидно, что сумма этих составляющих рабочего тела на выходе из камеры, подсчитанных по выражениям (9) и (10), должна дать общее количество газа, приходящего на 1 кг дополнительного сжигаемого в КСПП топлива. Это количество газа $1 + \alpha_{\Sigma 1} L_{01}$. Следовательно,

$$\frac{(\alpha_{\Sigma} - 1) L_0 \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} - L_0 + \frac{(1 + L_0) \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} + (1 + L_0) = 1 + \alpha_{\Sigma 1} L_{01}.$$

Теперь уравнение (8) можно представить в виде

$$\eta_{Г1} Q_n^p = \frac{(1 + L_0) \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} I_{ч.н}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| + (1 + L_0) I_{ч.н}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| + \frac{(\alpha_{\Sigma} - 1) L_0 \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} I_{с}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| - L_0 I_{с}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| - \alpha_{\Sigma 1} L_{01} I_{Г}^* \left| \frac{T_{Г}^*}{T_0^*} \right| - I_{Г}^* \left| \frac{T_{Г}^*}{T_0^*} \right|. \quad (11)$$

При составлении выражений (9) и (10) уже рассматривалось, в каком количестве воздух и чистые продукты сгорания содержатся в $\alpha_{\Sigma 1} L_{01}$ кг рабочего тела на входе в камеру промежуточного подогрева газов. Учитывая это, можно предпоследний член правой части уравнения (11) выразить суммой количества воздуха и чистых продуктов сгорания. Уравнение (11) примет вид

$$\eta_{Г1} Q_n^p = \frac{(1 + L_0) \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} I_{ч.н}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| + (1 + L_0) I_{ч.н}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| + \frac{(\alpha_{\Sigma} - 1) L_0 \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} I_{с}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| - L_0 I_{с}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| - \frac{(1 + L_0) \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} I_{ч.н}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| - \frac{(\alpha_{\Sigma} - 1) L_0 \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} I_{с}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| - I_{Г}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right|.$$

Суммируя, получим

$$\eta_{Г1} Q_n^p = \frac{(1 + L_0) \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} I_{ч.н}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| + (1 + L_0) I_{ч.н}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| + \frac{(\alpha_{\Sigma} - 1) L_0 \alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} I_{с}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| - L_0 I_{с}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| - I_{Г}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right|. \quad (12)$$

После преобразований

$$\eta_{Г1} Q_n^p + L_0 I_{с}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| + I_{Г}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| - (1 + L_0) I_{ч.н}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| = \frac{\alpha_{\Sigma 1} L_{01}}{1 + \alpha_{\Sigma} L_0} \left[(1 + L_0) I_{ч.н}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| + (\alpha_{\Sigma} - 1) L_0 I_{с}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| \right].$$

Откуда

$$\alpha_{\Sigma 1} = \frac{1 + \alpha_{\Sigma} L_0}{L_{01}} \left[\frac{\eta_{Г1} Q_n^p - (1 + L_0) I_{ч.н}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| + L_0 I_{с}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| + I_{Г}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right|}{(1 + L_0) I_{ч.н}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right| + (\alpha_{\Sigma} - 1) L_0 I_{с}^* \left| \frac{T_{Г1}^*}{T_0^*} \right|} \right]. \quad (13)$$

В развернутом виде, используя средние массовые теплоемкости, получим

$$\alpha_{\Sigma 1} = \frac{1 + \alpha_{\Sigma} L_0}{L_{01}} \left[\frac{\eta_{Г1} Q_n^p - (1 + L_0)(c_{p_{c,n}} T_{Г1}^* - c_{p_{c,n}} T_0^*) + L_0(c_{p_e} T_{Г1}^* - c_{p_e} T_0^*) + (c_{p_T} T_{Г1}^* - c_{p_T} T_0^*)}{(1 + L_0)(c_{p_{c,n}} T_{Г1}^* - c_{p_{c,n}} T_0^*) + (\alpha_{\Sigma} - 1)L_0(c_{p_e} T_{Г1}^* - c_{p_e} T_0^*)} \right]. \quad (14)$$

Значения $C_{p_{в}}$ и $C_{p_{ч.п}}$ уже определялись в общем виде выше. Найдем $\alpha_{\Sigma 1}$ и проведем расчет камеры дожигания КУ.

ВЫВОДЫ

На основании вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

1 Для обеспечения минимальных уровней оксида азота в ПГУ следует использовать в камере сгорания газотурбинной установки микрофакельные фронтные устройства, а в камере дожигания котла утилизатора применить эшелонирование горения за уголковыми стабилизаторами.

2 В камеру дожигания для устойчивой работы горелок необходимо регулируемая подача воздуха в зону горения.

3 Данная камера дожигания топлива в КУ имеет высокую интенсивность процесса смесеобразования при малой длине факела по этому, это позволяет создать равномерное поле по сечению КУ, что положительно влияет на работу КУ.

4 Представленная методика позволит предварительно провести расчет камеры дожигания и оценить выбросы токсичных NOx.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Цанев, С. В., Буров, В. Д., Ремезов, А. Н.** Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. – М. : Изд-во МЭИ, 2002. – 584 с.

2 **Зельдович, Я. Б., Баренблатт, Г. И., Либрович, А. Б., Махвиладзе, Г. И.** Математическая теория горения и взрыва. – М. : Изд-во Наука, 1980. – 478 с.

3 **Лефевр, А.** Процессы в камерах сгорания ГТД. – М. : Изд-во Мир, 1986. – 566 с.

4 **Христич, В. А., Любчик, Г. Н.,** Влияние свойств газового топлива на рабочий процесс струйно-стабилизаторных горелочных устройств // В кн: Теория и практика сжигания газа – 5-е изд. – Л. : Изд-во Недра. – 1967. – 341 с.

5 **Пчелкин, Ю. М.** Камеры сгорания газотурбинных двигателей. – М. : Машиностроение, 1984. – 280 с.

6 **Достияров, А. М., Ожикенова, Ж. Ф., Наурыз, Б. К.** Завка на изобретение № 40296. Горелочное устройство котла утилизатора парогазовой установки. 2019 г.

7 **Сторожук, Я. П.** Камеры сгорания стационарных газотурбинных и парогазовых установок. Расчет и проектирование. – Л. : Машиностроение, 1978. – 232 с.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

А. М. Достияров¹, Ж. Ф. Ожикенова²

Қалдық жылу қазанындағы қайта жағуды есептеу мәселесіне

^{1,2}Жылуэнергетика және жылу техника институты,

Г. Ж. Даукеев атындағы Алматы энергетика

және байланыс университеті,

Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

А. М. Dostiyarov¹, Zh. F. Ozhikenoova²

To the question of calculation of the burner chamber in a waste boiler

^{1,2}Institute of Heat and Power Engineering,

Almaty University of Energy and Communications

named after G. Zh. Daukeev,

Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Мақалада бугаз қондырғысының негізгі элементтері болып табылатын газтурбиналы қондырғының жану камерасы мен қалдық жылу қазанының қайта жағу камерасына қатысты сұрақтар қарастырылады. Және камераның зиянды қалдықтарын бағалауға мүмкіндік беретін, қалдық жылу қазанының қайта жағу камерасының есептеу методикасының анализі жүргізіледі.

The article discusses issues related to the combustion chamber of a gas turbine installation and the afterburner of a recovery boiler, which are one of the main elements of a combined cycle plant. An analysis is made of the calculation method of the KU afterburner chamber, which makes it possible to estimate the toxic emissions of the chamber.

**Д. С. Жамангарин¹, Н. К. Смайлов²,
С. Марксұлы³, Т. М. Элеев⁴**

¹докторант, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан;

²доктор PhD, Satbayev University, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан;

³магистрант, Satbayev University, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан;

⁴магистрант, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, 050040, Республика Казахстан

e-mail: ¹Dus_man89@mail.ru; ²Nur_aly.kz@mail.ru; ³Sungat50@gmail.com

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ СВЕТОФОРА ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТРАФИКА ЧЕРЕЗ ДАТЧИКИ

Управление светофорами является одной из серьезных технических опасностей городских улиц во всех странах мира. Это связано с быстрым увеличением количества транспортных средств. Чтобы сократить время и сложность, система должна сочетать в себе существующие технологии с искусственным интеллектом, чтобы мыслить самостоятельно. Этот недавно разработанный проект позволит светофору переключаться с красного на зеленый в зависимости от плотности движения. Эта статья посвящена разработке и внедрению сенсорной системы светофора с динамическим управлением, которая, в свою очередь, уменьшает среднее время ожидания поездки. Он состоит из ИК-датчиков, встроенных контроллеров Siemens LOGO 230RCE, компараторов и запоминающих устройств.

Ключевые слова: Переключение света; Плотность транспортного средства; Динамическое управление; встроенный контроллер; Совместное время прохождение.

Пробки на дорогах являются неослабевающей проблемой во многих современных городах по всему миру. Светофоры, которые используют современную технологию, используют ручную операционную систему для распределения времени, а также требуют высокого технического обслуживания во время работы. В дальнейшем точность системы также зависит от управления персоналом. Для пригородного пассажира или

путешественника перегруженность означает потерю времени, упущенные возможности и разочарование, а для работодателя перегруженность означает потерю производительности труда, возможности торговли, задержки доставки и увеличение затрат. Эти проблемы должны быть решены не только путем физического создания новых объектов и политики, но также путем создания систем управления транспортом информационных технологий. Усовершенствовав общественный транспорт, системы наведения маршрута, улучшения сигналов дорожного движения и управление инцидентами, можно значительно уменьшить заторы. Это вызывает серьезные последствия для амбулаторных служб. Система светофора с фиксированным временем – это старомодный способ, которым светофор переключается на зеленый цвет через определенный промежуток времени, обычно около 30 секунд, тогда как система динамического светофора может адаптировать свои настройки в соответствии с плотностью движения. Чтобы минимизировать поездку и повысить безопасность для амбулаторных служб, должна быть внедрена процветающая технология для системы дорожного движения. В этой статье представлено динамическое переключение светофора на основе плотности трафика. Это уменьшает среднее время ожидания транспортных средств на перекрестке. По сравнению с традиционной системой фиксированного цикла, эта система наиболее подходит для сложности текущего состояния движения. Интеллектуальная транспортная система (ITS) относится к интегрированному применению технологий связи, управления и обработки информации, к транспортной инфраструктуре и транспортным средствам. Он работает на основе сбора, интеграции и распространения информации на основе статических данных и данных в реальном времени, полученных с датчиков на дорогах. В течение которого время прохождения транспортного средства во время зеленого света будет динамически регулироваться датчиками и микроконтроллером в соответствии с плотностью тока транспортных средств. Динамический контроль играет жизненно важную роль в таких приложениях, как сенсорный блок, мониторинг работоспособности.

Система светофора не только регулирует время, но и устраняет пробку, как только перекресток застревает на транспортном средстве. Система состоит из различных подсистем, таких как инфракрасный датчик, энергосберегающий микроконтроллер с низким энергопотреблением, компараторы, модули радиосвязи. В нашем исследовании мы сосредоточены на разработке интеллектуального контроллера светофора в городе с использованием ИК-датчиков и контроллеров.

Архитектура динамической движущейся системы.

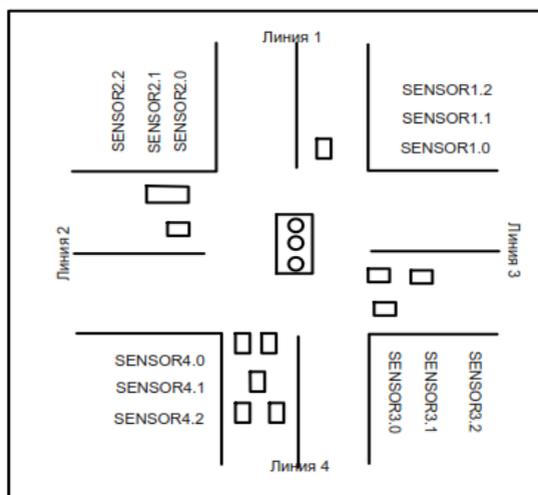


Рисунок 1 – ИК-датчики, размещенные в линии

Одним из недостатков большинства традиционных методов обнаружения транспортных средств в системе управления движением является то, что они могут контролировать только человек. Эта архитектура состоит из нескольких инфракрасных датчиков, установленных на обоих концах дороги для определения плотности линии движения. Эти датчики расположены на определенном расстоянии, чтобы найти точное измерение транспортных средств. Внедрение системы светофора с динамическим управлением обеспечивает простой способ измерения данных о дорожном движении и обеспечивает более эффективный контроль. Основным преимуществом использования динамического управления через инфракрасный датчик является то, что выгодно как для окружающей среды, так и для экономики. Эта система повышает общую точность, эффективность и имеет возможность контроля потока в реальном времени. Каждый датчик имеет функцию измерения плотности трафика и обработки данных через микроконтроллер для работы. Каждый датчик размещается в различных расчетных местах на линии. Эти датчики подключены к микроконтроллеру через проводное или беспроводное соединение.

А. Базовая структурная схема динамического управления транспортными потоками

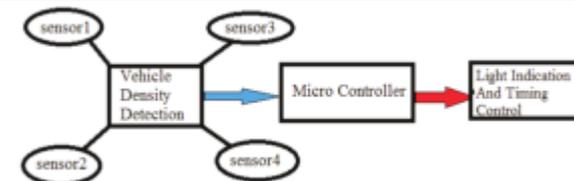


Рисунок 2 – Базовая структурная схема системы динамического трафика

Блок-схема состоит из различных подсистем, таких как блок детектирования, микроконтроллер и блок световой индикации. Блок детектирования имеет количество подключенных датчиков. Микроконтроллер с низким энергопотреблением объединен с системой световой индикации, которая, в свою очередь, обеспечивает контроль времени. Таким образом, светофор, у которого уже есть возможность полностью контролировать время, точно знает, есть ли очередь транспортных средств, ожидающих зеленый свет, или нет транспортного средства вообще, таким образом, действуя соответствующим образом. Каждая система внедренная в транспортную систему имеет те же подсистемы, что и упомянутые выше блок-схемы. ИК-датчики установлены на всех линиях дороги до 500 м (четыре стороны перекрестка). Эти ИК-датчики подключены к общему микроконтроллеру. Датчик воспринимает данные и передает их на микроконтроллер. Микроконтроллер проанализирует, какая линия имеет большую плотность трафика, и ему будет присвоен самый высокий приоритет. Микроконтроллер подключен к светофору для манипулирования и автоматизации. В зависимости от приоритета будет дано время задержки для сигнала линии. Но общее время не будет зависеть от концепции разделения времени. Линия с меньшей плотностью трафика дает свое время другой линии с высокой плотностью трафика. Система будет связываться друг с другом во время работы.

Система обнаружения и динамичного времени.

А. Блок обнаружения.



Рисунок 3 – Инфракрасный датчик

Инфракрасный датчик – это электронный прибор, который используется для определения определенных характеристик своего окружения путем излучения и / или обнаружения инфракрасного излучения. Блок детектирования состоит из инфракрасных датчиков на каждой полосе, которая определяет плотность транспортных средств на определенной полосе и отправляет данные в микроконтроллер для работы. Каждая линия спроектирована с количеством датчиков в зависимости от плотности движения на конкретной территории. Эти датчики размещены на определенном расстоянии для определения точной частоты автомобиля. Этот динамический контроль преодолевает препятствие заторов на дорогах, которое вызывает проблемы в большинстве городов современных стран в часы пик. Внедрение этой системы преодолевает увеличение спроса со стороны участников дорожного движения и фиксированное время задержки. При динамическом управлении массив инфракрасных датчиков используется для обнаружения потока движения по полосе. Эта система использует компьютеризированные методы обработки сигналов и корреляции для определения наличия транспортных средств, интенсивности движения, измерения скорости транспортных средств и классификации длины. Инфракрасные датчики также могут измерять тепло, выделяемое транспортным средством и обнаруживая движение.

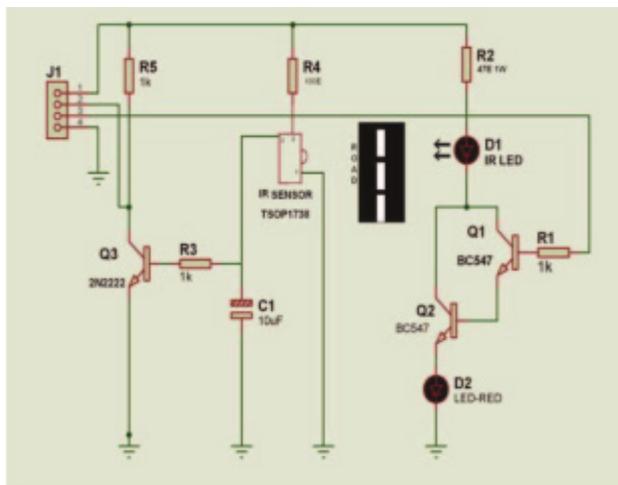


Рисунок 4 – Базовая настройка ИК-датчика на дорогах

Приведенная выше схема описывает расположение датчиков на дорогах, которое состоит из ИК-передатчика и приемника, транзисторов. Выходное

напряжение ИК-приемника очень мало для того, чтобы повысить напряжение, когда используются несколько транзисторов, и эти сигналы поступают на общий микроконтроллер. В системе используются компьютеризированные методы обработки и корреляции сигналов для определения наличия транспортных средств, объема движения, измерения скорости транспортного средства и длины плотности движения. Это обнаружение играет жизненно важную роль в динамической системе светофора.

Экспериментальная установка. На рисунке 5 показана экспериментальная установка нашей статьи, в которой мы использовали микроконтроллер Siemens LOGO 230RCE, который находится в центральном узле, и инфракрасные датчики, которые расположены на каждой стороне полосы движения. Они подключены к общему микроконтроллеру через провода. Здесь мы выбираем среду передачи в качестве проводов, чтобы снизить стоимость системы. Для более точной и продвинутой версии мы можем перейти на беспроводную связь через модули zigbee. Он периодически контролируется с помощью компьютеров в удаленных местах, и мы можем настроить общее время в зависимости от условий движения.



Рисунок 5 – Экспериментальная установка

А. Обнаружение датчика. Система в конкретной полосе имеет следующие подсистемы. Инфракрасный датчик используется для определения плотности трафика в этой системе. ИК-датчики выдают цифровой выход с напряжением, обусловленным сигналом. Выходные значения всех датчиков обрабатываются микроконтроллером Siemens LOGO 230RCE. В этой статье Siemens LOGO 230RCE микроконтроллер

используется для обработки данных и получения точных результатов. Среди многих микроконтроллеров Siemens LOGO 230RCE используется, чтобы иметь простоту и удобство визуализации для простых людей. Наиболее важным преимуществом Siemens LOGO 230RCE является то, что программы могут быть загружены непосредственно на устройство, не требуя никакого аппаратного программиста для записи программы. Микроконтроллер эффективно запрограммирован на анализ потока трафика и динамическое управление временной задержкой. Таким образом, светофор может думать и действовать в соответствии с транспортным потоком, поэтому нет необходимости изменять время задержки в часы пик и обычные часы. Микроконтроллер остается в спящем режиме в ночное время и переключается в активный режим в обычные часы. Это также сделано автоматически через счетчики и таймеры в микроконтроллере.

Микроконтроллер и световая индикация. Микроконтроллер и световая индикация действуют как общие для всех датчиков во всех линиях. Данные о плотности трафика обнаруживаются с помощью датчиков и принимаются через микроконтроллер. Микроконтроллер выполняет операцию управления временем и передает сигнал в систему световой индикации. Обычно эти световые индикаторы имеют светодиодные индикаторы. Это может быть использовано для уменьшения среднего времени задержки поездки (АТРТ) отдельного пользователя, и это облегчает работу сотрудникам ДПП. Линия с меньшей плотностью трафика дает свое время другой линии с высокой плотностью трафика. Эта система будет общаться друг с другом во время операции.

Работа и концепция. Первоначально ИК-датчики устанавливаются на всех сторонах полосы движения ближе к точке пересечения в зависимости от интенсивности движения в определенной области. Эти датчики подключены к общему микроконтроллеру. Датчики считывают данные о транспортном потоке и передают сигналы в микроконтроллер. Каждая полоса имеет свои датчики. Микроконтроллер получает информацию от датчиков и сохраняет ее, затем анализирует, какая линия имеет большую плотность трафика, и выделяет время. Микроконтроллер организует все полосы движения в соответствии с приоритетом потока трафика, как показано на рис.4. Блок-схема динамического управления. Обработанные сигналы передаются в систему световой индикации для сигнализации и управления светофорами. В зависимости от приоритета время задержки будет выделено для данной полосы, но это не повлияет на общее время. Это делается как концепция разделения времени при обработке данных.

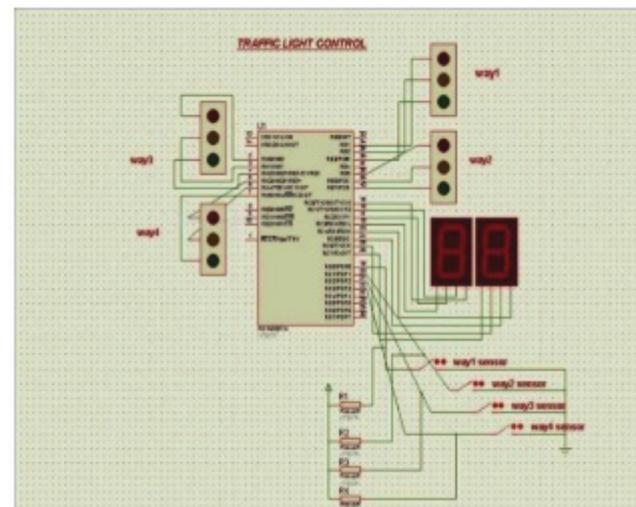


Рисунок 6 – Моделирование с помощью Proteus 7

На рисунке 6 показано, что симуляция системы Dynamic Traffic Light осуществляется с помощью инструмента симуляции Proteus 7. В которых мы использовали переключатели вместо ИК-датчиков, системы освещения представлены в виде светодиодов, дисплей таймера системы освещения подключен к общему микроконтроллеру. Каждый коммутатор представляет плотность трафика полосы. Приведенный выше рис просто описывает комбинацию светофоров одного конкретного перекрестка. Каждая система подключена к отдельному порту. При работе переключателей в разное время мы наблюдали динамические изменения во времени для каждой полосы движения.

Результаты включают успешную работу интеллектуальной системы динамического светофора. Это уменьшает среднее время задержки каждого транспортного средства. Этот контроллер минимизирует время поездки и повышает безопасность в жилых районах. Эту систему также можно назвать Интеллектуальной системой светофора или продвинутой системой светофора.

ВЫВОДЫ

В этом документе представлена недорогая система динамического управления светофорами в режиме реального времени с помощью датчиков, позволяющая сократить время поездки и пренебречь фиксированной задержкой сигналов. Динамическое переключение светофора

экспериментуруется и измеряется через инфракрасный датчик и передается через микроконтроллер, в котором выполняется динамическое управление временем. Исследование трафика имеет целью оптимизировать поток людей и товаров. Внедряя эту систему, мы можем справиться с любым увеличением спроса на автомобили. Это светофорная система, которая является передовым сигнальным устройством, расположенным на пешеходных переходах, пересечениях дорог и в других местах для контроля потока движения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Nieto, E Alba, A Carolina Olivera Swarm Intelligence to Traffic Light Scheduling: Application to real urban areas .Engineering Applications of Artificial Intelligence 25 (2017) 274283.

2 **Daniel H. Stolfia** Red Swarm: Reducing travel times in smart cities by using Bio– Computing 24 (2017) 181195.

3 Paolo Neirotti, Alberto De Marco, Anna Corinna Cagliano, Giulio Mangano, Francesco Scorrano, Cities 38 (2016) 2536.

4 Aware Density-Based Sleep Scheduling and Energy Modeling for Two Dimensional Gaussian Distributed Wireless Se 70:13731396.

5 Traffic Management in Smart Cities AMT 2016, LNCS 8610, pp. 525536, 2016.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Д. С. Жамангарин¹, Н. К. Смайлов², С. Марксұлы³, Т. М. Элеев⁴

Датчиктер арқылы трафик тығыздығын өлшеу жолымен бағдаршамды интеллектуалды автономды ауыстырып қосу

¹Қазақ қатынас жолдары университеті,
Алматы қ., 050063, Қазақстан Республикасы;

^{2,3}Satbayev University,
Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы;

⁴Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Алматы қ., 050040, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

D. S. Zhamangarin¹, N. K. Smaylov², S. Marxuly³, T. M. Eleev⁴

Intelligent autonomous traffic light switching by measuring traffic density through sensors

¹Kazakh University of Transport Communications,
Almaty, 050063, Republic of Kazakhstan;

^{2,3}Satbayev University,
Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan;

⁴Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, 050040, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Бағдаршамдарды басқару әлемнің барлық елдеріндегі қала кошелерінің қауіпті техникалық қауіптерінің бірі болып табылады. Бұл көлік құралдарының жылдам осуіне байланысты. Уақыт пен күрделілікті қысқарту үшін жүйе өз бетінше ойлау үшін жасанды интеллектпен бар технологияларды біріктіруі тиіс. Бұл жақында жасалған жоба бағдаршамға қозғалыс тығыздығына байланысты қызылнан жасыл түске ауысуға мүмкіндік береді. Бұл мақала динамикалық басқарылатын бағдаршамның сенсорлық жүйесін жасауға және енгізуге арналған. Ол ИК-датчиктерден, Siemens LOGO 230RCE контроллерлерінен, компараторлар мен есте сақтау құрылғыларынан тұрады.

Traffic light control is one of the serious technical dangers of city streets in all countries of the world. This is due to the rapid increase in the number of vehicles. To reduce time and complexity, the system must combine existing technologies with artificial intelligence to think independently. This newly developed project will allow traffic lights to switch from red to green depending on traffic density. This article is devoted to the development and implementation of a dynamic control traffic light sensor system, which, in turn, reduces the average trip waiting time. It consists of infrared sensors, integrated Siemens LOGO 230RCE controllers, comparators and storage devices.

К. Х. Жапаргазинова¹, С. С. Кожаметов²

¹к.х.н., доцент ВАК, профессор, 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: ²sergazy87@gmail.com

ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ МОДЕРНИЗАЦИИ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

В данной статье рассмотрены современные тенденции развития модернизации установки каталитического крекинга. С целью замены устаревших реакторного блока на современные в соответствии с технико-экономическими требованиями и устранения недостаточной мощности установки предлагается применение более совершенного оборудования (новых сепарационных устройств, циклонов, форсунок) и введение новых технологий, обеспечивающих возможность вовлечения в процесс сырья нефтяных остатков в целом.

Ключевые слова: каталитический крекинг, реактор-регенератор, форсунка.

ВВЕДЕНИЕ

В результате экономического роста за последние годы в Республике Казахстан складываются тенденции, аналогичные общемировым, – рост потребления и изменения ассортимента потребляемых нефтепродуктов, ужесточение требований к качеству топлива, ужесточение экологических требований.

В связи с вышеизложенным в рамках Государственной программы по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2015–2019 гг., утвержденной постановлением Правительства РК № 1418 от 31.12.2014 г., на всех трех нефтеперерабатывающих заводах РК реализованы инвестиционные проекты развития и модернизации.

Модернизация заводов позволила обеспечить выпуск моторных топлив классов К4, К5, в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного Союза, а также значительно сократить выбросы вредных и загрязняющих веществ. После модернизации НПЗ мощность переработки

нефти по всем трем заводам возросла с 13,8 до 16,5 млн тонн. В результате реконструкции и модернизации мощностей заводов по переработке нефти появилась возможность выпускать нефтехимические продукты (бензол и параксилон) и значительно увеличить выпуск светлых нефтепродуктов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Каталитический крекинг является процессом химической технологии, направленным на углубление переработки нефти, как за рубежом, так и в Казахстане. Он позволяет получить суммарный выход светлых нефтепродуктов до 85–87 % за счёт выработки компонентов высокооктанового бензина. Целевым назначением процесса является получение высококачественных компонентов моторных топлив, при этом попутно извлекается значительное количество газа, богатого пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракциями (сырьё для производства высокооктанового эфира МТБЭ, алкилата и других ценных компонентов моторного топлива).

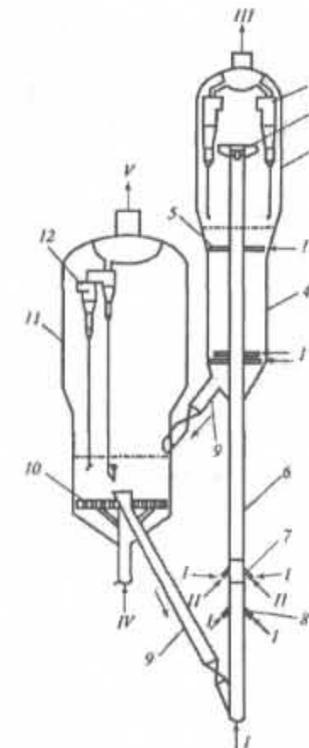
На современном этапе развития промышленности широкое использование вторичных процессов позволяет нефтеперерабатывающим предприятиям значительно сократить переработку сырой нефти, не только сохранив ассортимент выпускаемой продукции, но и значительно его увеличив. За длительный период своего развития каталитический крекинг совершенствовался как в отношении способа контакта сырья и катализатора (в стационарном слое, в движущемся слое шарикового катализатора, в «кипящем» слое микросферического катализатора), так и в отношении применяемых катализаторов (таблетированные катализаторы на основе природных глин, шариковые синтетические алюмосиликаты, микросферические алюмосиликаты, в том числе и цеолитсодержащие). Эти усовершенствования влекли за собой радикальные изменения технологии процесса в целом, позволившие увеличить выход целевого продукта – компонента автобензина от 30–40 % до 50–55 % массы. Достигнутый процесс обеспечил вовлечение в переработку все более тяжелого сырья: если на первой стадии развития крекингу подвергались керосиногазойлевые фракции, а затем вакуумные газойли (наиболее распространенный вариант и в настоящее время), то за последние годы возросло число установок, использующих в качестве сырья нефтяные остатки [1].

Современные тенденции развития технологии каталитического крекинга диктуют условия применения более совершенного оборудования, использование которого направлено на сокращение времени контактирования сырья с катализатором в реакторе, на эффективность пылеулавливания, технологии отпарки отработанного катализатора и ввода сырья. Это обуславливает необходимость разработки новых сепарационных устройств,

циклонов, форсунок и введение новых технологий, обеспечивающих возможность вовлечения в сырье нефтяных остатков [2].

Применение новых сепарационных устройств обеспечивающих минимальное время разделения твердой и газовой фаз (0,2–0,3 с), позволяет уменьшить количество вторичных реакций в камере реактора и снизить выход кокса и сухого газа, увеличить выход дистиллятов. Повышение эффективности пылеулавливания на установках каталитического крекинга можно добиться заменой циклонов регенератора устаревшей конфигурации (с неоптимальным соотношением основных геометрических размеров) на новые циклоны с более высоким отношением длины к диаметру цилиндрической части корпуса (рис. 1). Это позволит уменьшить потери катализатора из системы до 20 %.

Для повышения эффективности отпарки отработанного катализатора в реакторном блоке целесообразно использование каскадных устройств в отпарной секции. Ранее на установках применялась технология отпарки. Отсутствие каскадных устройств приводило к существенному снижению эффективности отпарки, повышенным удельным расходам водяного пара (4,2–4,4 кг на 1 т) и циркулирующего катализатора. (рис. 1),



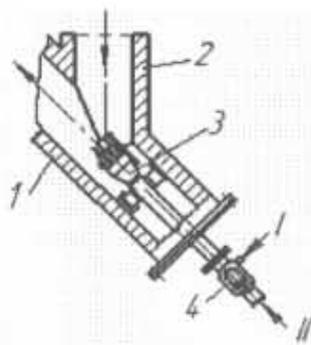
- 1 – высокоэффективные циклоны; 2 – баллистический сепаратор;
- 3 – сепарационная камера реактора; 4 – отпарная зона;
- 5 – кольцевые парораспределители; 6 – прямоточный реактор;
- 7, 8 – соответственно сырьевые и разгонные форсунки;
- 9 – напорные стояки; 10 – воздухораспределитель; 11 – регенератор;
- 12 – двухступенчатые циклоны; I – водяной пар, II – сырье,
- III – продукты крекинга, IV – воздух, V – газы регенерации.

Рисунок 1 – конструктивная схема реакторного блока каталитического крекинга

От эффективности ввода сырья существенно зависят технико-экономические показатели работы установок каталитического крекинга. По результатам исследований, проводимых за рубежом и в нашей стране, а также на основе опыта эксплуатации установок каталитического крекинга, разработаны рекомендации эффективного ввода сырья: однородное распыление и равномерное распределение сырья и катализатора по сечению

прямоточного реактора; минимальное обратное перемешивание катализатора; быстрая теплопередача от частиц катализатора к образовавшимся каплям сырья: невысокий перепад давления в потоке сырья; рациональное использование энергии водяного пара; отсутствие эрозионного износа оборудования. Реализация этих требований зависит от правильного выбора конструкции распылительных форсунок и конфигурации нижней части прямоточного реактора [3].

На этих установках каталитического крекинга первоначально использовались форсунки, которые были дооборудованы модернизированным диспергатором, позволяющим максимально использовать энергию водяного пара и повысить эффективность ударного дробления потока сырья. Форсунки с модифицированными соплами Вентури и камерами предварительного диспергирования сырья, позволяют повысить скорость испарения сырья, эффективность его контактирования с катализатором, тем самым увеличить выход бензиновой фракции. В качестве диспергирующего агента использовался водяной пар. Многосопловые форсунки размещаются соосно транспортной линии реактора и обеспечивают равномерное распределение струй по сечению реактора (рис. 2).



1 – прямоточный реактор; 2 – напорный стояк;
3 – многосопловая форсунка; 4 – камера предварительного диспергирования сырья; I – водяной пар; II – сырье.
Рисунок 2 – схема устройства для ввода сырья на установке каталитического крекинга

Если процесс каталитического крекинга осуществляется в вертикальном прямоточном реакторе, то целесообразно размещать форсунки на несколько метров выше его основания с ориентацией в радиальном направлении. Такое конструктивное оформление обеспечивает строго равномерное

распределение и минимальное обратное перемешивание катализатора в зоне его смешивания с сырьем. В результате применения новой форсунки на примере установки каталитического крекинга ТОО «ПНХЗ» произошло изменение выхода бензиновой фракции и легкого газойля – они повысились соответственно на 2,1 % и 1,4 % (масс.), выход сухого газа снизился на 10 %.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в рамках проекта повышения производительности установки выполнена модернизация реактора, включающая установку усовершенствованных сырьевых форсунок и высокоэффективных циклонов, внедрение технологии гашения термических реакций в сепарационной зоне и другое.

Данная модернизация позволила увеличить выход и улучшение качества целевых продуктов крекинга при переработке гидроочищенного вакуумного дистиллята, а также обеспечение возможности вовлечения в сырье нефтяных остатков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Чернышева, Е. А.** Каталитический крекинг. Технологический расчет установки с реактором лифтного типа / Е. А. Чернышева и др. // учебное пособие – М. : РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2002. – С. 73.
- 2 **Соляр, Б. З.** Модернизация узлов реакторного блока каталитического крекинга на установке Г-43-107 М/1 / Б. З. Соляр и др.) // Химическая технология топлив и масел, 2005. № 3. – С. 12–14.
- 3 Базовый проект модернизации установки каталитического крекинга Г-43-103 Омского НПЗ. – Омск : Омскнефтехимпроект, 2007. 175 с.
- 4 **Капустин, В. М.** Катализаторы переработки нефтяного сырья / А. Г. Свинухов, Рубинштейн А. И. – М. : – МИНГ, 1990. – С. 162.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

К. Х. Жапаргазинова¹, С. С. Кожжахметов²

Негізгі аспектілері жаңғырту каталитикалық крекинг қондырғысының

^{1,2}Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

K. N. Zhapargazinova¹, S. S. Kozhakhmetov²

Key aspects of modernization of the installation of catalytic cracking

^{1,2}Faculty of Chemical Technologies and Natural Sciences,

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

Material received on 26.03.20.

Бұл мақалада қазіргі заманғы даму үрдістері қондырғыларды жаңғырту облагоживания бензин және каталитикалық крекинг. Ауыстыру мақсатында ескірген реакторлық блок, қазіргі заманға сәйкес техникалық-экономикалық талаптарға сәйкес жою және жеткіліксіз қуатты қондырғыларды қолдану ұсынылады негүрлым жетілдірілген жабдықтарды (жаңа сепарациялық қондырғыларды, циклондарды, форсуникалар) және жаңа технологияларды енгізу мүмкіндігін қамтамасыз ететін процесіне тарту, шикізатты, мұнай қалдықтарын, тұтастай алғанда.

This article deals with modern tendencies of development of pilot plants refining gasoline and catalytic cracking. In order to replace obsolete reactor units with modern in accordance with the technical and economic requirements and eliminate the lack of facilities is provided the use of more sophisticated equipment (new separation devices, cyclones, nozzles) and the introduction of new technologies that provide the possibility of involving in raw process of oil residues as a whole. The article shows the structural diagram of the reactor block catalytic cracking.

SRSTI 44.01.85

U. Zh. Zhumakeldi¹, A. Zh. Zakarina², Y. F. Bulatbayeva³

¹Undergraduate student, Faculty of Information Technologies, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan;

²PhD, Senior Lecturer, Faculty of Information Technologies, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan;

³PhD, Associate Professor, Faculty of power engineering, automation and telecommunications, Karaganda State Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan

e-mail: ¹uliko.96@gmail.com; ²a.skakova@mail.ru; ³julia_my_angel@mail.ru

CALCULATION OF ENERGY SUPPLY SYSTEM ON RENEWABLE ENERGY SOURCE FOR LABORATORY ROOM

The article considers calculation of the energy supply system on a renewable source of energy, namely on the solar panel for laboratory room № 606 in L. N. Gumilyov Eurasian National University.

The research performed in the work allowed to select the necessary type and characteristic of solar panel.

Comparative analyses of solar panel technical characteristics were carried out, as well as calculation of power supply system for laboratory room.

The resulting number of solar panels for the laboratory room power supply system will be used in further actions.

Keywords: power supply, system of power supply, solar panel, electric power, renewable energy sources.

INTRODUCTION

At present, the problems in traditional energy are becoming more acute, the most important of which are depletion of fossil fuel reserves and adverse effects on the environment [2]. Naturally, emergence of problems forced us to look for ways to eliminate them. As a result, several directions were proposed for their overcoming, such as development of energy-saving technologies, search for and use of new types of fuels, use of renewable sources of energy (RSE), etc [1].

Analysis of these directions shows that the first two is not able to eliminate the problems completely. Development of RSE, in turn, met with quite significant obstacles. Thus, many renewable sources are characterized by irregular and

uncontrolled energy inflow and high cost of power plants based on them. The first deterrent leads to a decrease in the reliability of power supply, and the second does to a significant increase in the cost of electricity [4].

In Kazakhstan, the Internet of Things has been talked about for a long time, but the importance of developing this sphere has been appreciated by the state and has taken control of several projects under the auspices of the development of IoT (Internet of Things). Since in the production sector most industrial enterprises are switching to digital industry technologies, the object of research is laboratory room.

In almost all developed countries, programs related to alternative energy are being developed and implemented. Its attractiveness is caused by inexhaustible resources, independence from price conditions in world energy markets, as well as, importantly, environmental purity. In recent years, there has been a dynamic growth in solar energy development. Kazakhstan has significant solar energy resources. Potential solar power generation in Kazakhstan is estimated at 2.5 billion kWh per year. About 70 % of the territory belongs to areas dominated by sunny days per year. The annual duration of sunlight is 2200–3000 hours per year, and the estimated power of 1300–1800 kW per 1 m² per year [5].

MAIN PART

Solar panels or photocells are a very real technically and economically viable alternative to fossil fuels in a number of applications. The solar cell (photo panel) can directly convert solar radiation into electricity without the use of any moving mechanisms. Due to this, the life of solar generators is quite long. Photovoltaic systems have proven themselves from the very beginning of industrial application of photocells. For example, photocells serve as the main source of power for satellites in near-earth orbit since the 1960s. In remote areas, photocells serve as autonomous power installations since the 1970s.

In the 1980s, manufacturers of serial consumer products began to integrate photocells into many devices: from watches and calculators to musical instruments.

Solar batteries are reliable, durable (service life up to 50 years) and easy to install, since they do not contain moving parts. Solar panels can be used, where the usual power supply do not work and a lot of sunny days. Examples of the use of solar panels: roofs of houses to receive electricity, street and garden lights for lighting, recharging batteries, providing equipment for electricity on ships, portable radio transmitters, pumps, alarm systems, etc.

With the help of a solar panel system it is possible to:

- illuminate and supply electricity to residential houses and cottages, schools, hospitals, offices, farms, greenhouse complexes, etc.;
- illuminate parks, gardens, yards, highways and streets;
- provide power to telecommunication, medical equipment;

- supply energy to oil and gas pipelines;
- provide energy to water supply and desalination;
- charge mobile phones and laptops.

Monocrystalline solar panels

A purified, very pure silicon is used to produce monocrystalline solar panels. This kind of solar panel looks like silicone honeycombs or cells that are connected in one structure. After a purified single crystal solidifies, it is divided into thin plates, up to 300 mcm thick (figure 1.1). Such ready-made plates are connected by a thin grid of electrodes. In comparison with amorphous batteries, these are more expensive, because the technology of their production is many times more complicated [3].



Figure 1.1 – Monocrystalline solar panel

Polycrystalline solar panels

A silicon substance is slowly cooled to obtain polycrystals. This approach to production technology is much cheaper than in the previous type of panels, so this type is cheaper. At the same time, less energy is required for manufacturing, and this once again has a beneficial effect on the price. But something must be sacrificed? Therefore, these batteries' efficiency is lower, up to 18 %. This drop in the coefficient is associated with the formations inside the polycrystal, which reduce the efficiency (figure 1.2).



Figure 1.2 – Polycrystalline solar panel

Amorphous solar panels

In the case of amorphous panels’ production, silane or silica is used, which is applied thinly on the substrate material. The efficiency in such batteries is 6 % (figure 1.3).

These panels have very low efficiency, but despite shortcomings, they have a number of advantages:

- optical absorption index is 20 times higher than that of polycrystals and single crystals;
- thickness of elements is less than 1 mcm;
- have a higher productivity in cloudy weather in comparison with polycrystals and monocrystals;
- increased flexibility.

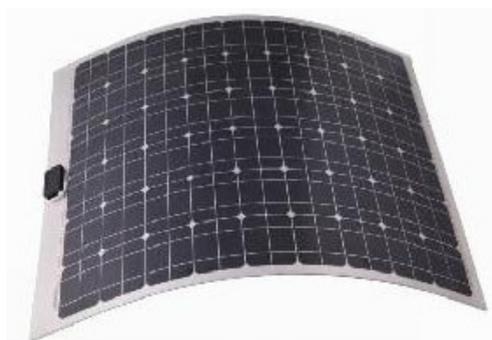


Figure 1.3 – Amorphous solar panel

Table 1 – Comparison of the characteristics of solar panels

Criteria	Single-crystal	Polycrystal	Amorphous
Crystal structure	Crystal grains are parallel, oriented in one direction	Crystal grains are parallel, oriented in different directions	Crystal structure is not used
Temperature of production	1400°C	800–1000°C	500–700°C
Color	Black	Dark-blue	Dark-blue
Stability	High	High, but less than that of single-crystal	Average
Price	High	High, but less than that of single-crystal	Average
Pay-off period	2 years	2-4 years	5 years
Efficiency	17–22 %	12–18%	8–10%
Production technology	More perfect, more complex, more precise	Simpler, hence the low cost	Simpler, hence the low cost
Service life	25 years	20 years	15 years

Considering the comparison table of solar panels, it can be seen that single-crystal solar panels have a number of advantages and are beneficial in application, based on such criteria as stability, price, pay-off period, efficiency and service life.

Therefore, a single-crystal solar panel will be chosen in the development of research work (table 1).

Table 2 – Comparison of types of solar panels

SP model and country of production	Power/voltage, W / V	Effic-cy, %	Dimension, mm	Price, tenge	Working temperature	Effective life
China, GCL, gw260-310w	175/24	17,65	1480x670x35	91260	from -40 °C to +85 °C	30 years
China, Trina Solar, HONEY M PLUS - DD05A.08	300/24	18,3	1650x992x35	89954	from -40 °C to +85 °C	Not less than 25 years
China, Global Energy Company i-intech-300	300/24	17,4	1956x992x50	94150	from -40 °C to +85 °C	More than 30 years
Canada, Canadian Solar, CS6P-300M	300/24	18,2	1956x992x50	97600	from -40 °C to +85 °C	30 years

As can be seen from the comparative characteristics, there are no big differences between the solar panels of different countries. Therefore, solar panel CS6P-300M from Canadian Solar with high efficiency was chosen for research work. Also, the Canadian Solar company was one of the top 5 manufacturers of solar panels by the results of 2017 (table 2).

Calculation of energy supply system for laboratory room

Plan of the laboratory room

Considering laboratory room consist of:

- 7 computers;
- 6 stands with the microcontrollers;
- 2 fluorescent lamps;
- 1 electric board

There is a data about DC load in laboratory room (table 3).

Table 3 – List of DC load in laboratory room

DC load description	W, (per hour)	Quantity	Total (per day), W
Computer	65	7	5460
Microcontroller	90	6	6480
Fluorescent lamps 20 W	20	2	480
Total			12420

Calculation of solar panel design for laboratory room power supply

Power Calculation

This part calculates the AC load consumed by the laboratory room (table 4).

Table 4 – Calculation of full AC load

AC load	Power, kW	Quantity	kW*h/day
For the whole area of the laboratory room	12	1	12

Consequently, based on the table, it follows that 12 kW is required per day for the operation of the entire laboratory room. For this purpose, the numbers of solar panels will be calculated.

Electricity consumption calculation

List of all AC loads, its power and operating hours per day. Multiplies power by operating time to determine the required energy in W*h per day. All these data are then summarized to calculate the total AC load in Watt hours per day (table 4).

DC input voltage, V

$$U = 24V.$$

Divide power per day by 24 V. Get full AC load in A * h per day.

$$\frac{12420}{24} = 517,5 A \times h.$$

Calculation of the rechargeable battery

Demand for electricity in A * h, equal to

$$D = 517,5 A \times h.$$

Multiply this result by the number of days and by 0.7–70 % of electricity generated by the solar battery in the system SP+WG (Solar Panel and Wind Generator). These are the amounts of electricity that the locks need in battery [4].

$$517,5 \times 0,7 = 362,25 J.$$

It is necessary to enter depth of discharge for battery. Since the discharge depth is 20 %, a factor of 0.2 is used.

$$k = 0,2.$$

Let's select a factor that takes into account the decrease of battery capacity at temperature decrease.

$$k = 1,2.$$

Multiply the electricity demand by the battery capacity reduction factor. This is necessary to ensure that the system operates in cold weather. The total battery capacity is

$$517,5 \times 1,2 = 621 A \times h.$$

Selected nominal battery capacity is

$$C = 500 A \times h.$$

Divide the full battery capacity by the nominal battery capacity and round to the nearest larger integer. This will be the number of batteries connected in parallel.

$$\frac{621}{500} = 1.$$

It is known that 1 square meters of solar panel produces 1 kW of energy, but since the efficiency of each such panel is 20 % (i.e. a total of 200W will be generated).

The total consumption of the entire laboratory room is 12 kW, therefore, 3 solar panels are needed to generate 1 kW of energy. Total is obtained

$$12 \times 3 = 36 \text{ solar panels.}$$

Finally, such a number of solar panels should be installed for the power supply of the entire laboratory room.

CONCLUSION

1 Comparative analysis of types and characteristics of renewable energy source: solar panel was carried out.

2 The number of solar panels required for the power supply system of laboratory room №606 is calculated.

3 Electric power consumption was calculated using laboratory room DC and AC loads.

4 The calculation result of the storage battery for finding the number of solar panels necessary for the laboratory room was obtained.

REFERENCES

1 **Матвеев, В.** Возобновляемые источники энергии. Энергия солнца, био-массы, ветра, воды – Алматы, 2009.

2 **Лабейш, В. Г.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – Санкт-Петербург, 2003. – С. 22–34.

3 **Кашкаров, А. П.** Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 144 с.

4 **Будзко, И. А., Лещинская, Т. Б., Сукманов, В.И.** Электроснабжение сельс-кого хозяйства – Москва, 2000. 20–45 б.

Internet resources:

5 <http://profit-c.kz/solnechnaya-energetika-v-kazahstane> [Electronic resource].

Material received on 26.03.20.

Ұ. Ж. Жұмакелді¹, А. Ж. Закарин², Ю. Ф. Булатбаева³

Лабораториялық аудиторияның қалпына келетін энергия көздерімен энергия қамтамасыз ету жүйесін есептеу

^{1,2}Ақпараттық Технологиялар Факультеті,
Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы;

³Энергетика, автоматика және теле байланыс факультеті,
Қарағанды Мемлекеттік Техникалық Университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

Ұ. Ж. Жұмакелді¹, А. Ж. Закарин², Ю. Ф. Булатбаева³

Расчет системы энергоснабжения на возобновляемых источниках энергии для лабораторного помещения

^{1,2}Факультет информационных технологий,
Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан;

³Факультет энергетики, автоматике и телекоммуникаций,
Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100027, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Мақалада Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің № 606 зертханалық аудиториясын қалпына келетін энергия көзімен, атап айтқанда күн панелімен, энергия қамтамасыз ету жүйесі есептелді.

Жұмыста жүргізілген зерттеулер күн панелінің қажетті түрі мен сипаттамасын таңдауға мүмкіндік берді.

Күн панелінің техникалық сипаттамаларына салыстырмалы талдау жасалынды, сонымен қатар зертхана аудиториясын энергиямен қамтамасыз ету жүйесін есептеу жүргізілді.

Зертханалық аудиторияны электр қамтамасыз ету жүйесіне арналған анықталған күн панелдерінің саны келесі іс-әрекеттерде қолданылады.

В статье рассчитана система энергоснабжения на возобновляемом источнике энергии, а именно на солнечной панели для лабораторного помещения № 606 Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева.

Исследования, выполненные в работе, позволили выбрать необходимый тип солнечной панели.

Проведены сравнительные анализы технических характеристик солнечной панели, а также расчет системы энергоснабжения для лабораторного помещения.

Полученное количество солнечных панелей для системы энергоснабжения лабораторного помещения будет применен в дальнейших действиях.

ГРНТИ 44.29.37

В. А. Иванов¹, И. В. Брейдо²

¹м.т.н., докторант PhD, Факультет энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100012, Республика Казахстан;

²д.т.н., профессор, зав. кафедрой АПП, Факультет энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100012, Республика Казахстан

e-mail: ¹v.ivanov@kstu.kz; ²jbreido@mail.ru

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ВО ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Рассматриваются вопросы надежности высоковольтных воздушных линий электропередачи (ВЛ) во время эксплуатации, проведён обзор нарушений работы ВЛ, приводится статистика повреждений и распределение отказов в зависимости от причин и по элементам ВЛ. Подробно осуществлен анализ условий эксплуатации и причины повреждаемости высоковольтной изоляции. Предлагается разработка диагностического комплекса удаленного мониторинга для оценки состояния элементов ВЛ. Рассматриваются методы и средства его реализации. Оценка состояния элементов ВЛ и, в том числе рекомендации по их дальнейшей эксплуатации, выполняются на основе базы данных, полученных во время эксплуатации, что обеспечит текущий контроль состояния изоляции и прогнозирование ее ресурса для своевременного принятия мер по приведению ее в нормальное состояние или решения о возможности дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи, надёжность ВЛ, оценка состояния, мониторинг, диагностика.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение надежности систем электроснабжения является одной из важных проблем, стоящих перед службами передачи и распределения электроэнергии.

Из анализа работы электрических сетей следует, что воздушные линии электропередачи (ВЛ) являются наиболее повреждаемым элементом электрических сетей.

На надежность работы ВЛ оказывают влияние большое количество различных, зачастую независимых, факторов: конструкции опор, типы проводов, сроки эксплуатации, климатические условия т.д. Выявить истинные причины отказов ВЛ и наметить пути их повышения надёжности возможно только на базе анализа статистических данных о повреждаемости элементов ВЛ. Анализ отказов и их сравнение с прогнозируемой информацией позволяет формализовать критерии правильности практических решений и теоретических предпосылок.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Различают пять основных причин устойчивых отключений ВЛ: [1, 2]

- 1) невыясненные причины (27 %);
- 2) климатические воздействия (38 %);
- 3) дефекты эксплуатации (9 %);
- 4) посторонние воздействия (22 %);
- 5) дефекты монтажа и конструкции (4 %).

Протяжённость высоковольтных воздушных линий электропередачи 35–1150 кВ, с учетом региональных компаний, в Республике Казахстан превышает 90 тыс. км, причем их большая часть пролегает вне населённых пунктов. Любая авария, связанная с повреждением элементов ВЛ, приводит к перебоям электроснабжения целых регионов республики. С учетом того, что ВЛ 110–500 кВ являются стратегическими объектами для энергосистемы Казахстана, аварии на линиях электропередач (ЛЭП) наносят значительный ущерб.

Количество отказов, приходящихся на 100 км ВЛ в год по всем причинам для элементов электрической сети приведено в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Количество отказов по всем причинам на 100 км ВЛ

Воздушные линии	Количество отказов, [отказ/год]					
	Напряжение, [кВ]					
	35	110	220	330	500	750
Одноцепные	2	3,9	1,7	1,3	0,6	0,6
Двухцепные (отказ одной цепи)	1,6	3,9	2	3,8	-	-

В зависимости от класса напряжения одни и те же факторы могут оказывать различное влияние на причины отключения ВЛ (Таблица 2) [1].

Существенную информацию для решения комплекса задач по повышению надежности ВЛ дает анализ причин отказов их элементов [3–7].

Таблица 2 – Распределение устойчивых отключений ВЛ по причинам и номинальным напряжениям

Класс напряжения, кВ	Распределение отключения ВЛ, %							Невыясненные причины
	Посторонние воздействия	Климатические воздействия			Дефекты			
		гроза	ветер-гололед	прочие	эксплуатации	конструкции	монтажа	
35	16,9	22,7	20,2	1,9	8,2	0,8	1,5	27,7
110	27,0	14,2	16,0	1,8	9,5	2,0	3,1	28,4
220	19,4	15,3	19,1	1,3	7,6	5,7	4,0	27,6
330	20,3	9,3	15,6	1,9	5,9	3,5	4,9	38,5
500	15,1	15,1	16,5	1,0	11,8	3,2	1,2	36,0
750	9,0	15,5	18,5	-	8,8	5,4	4,4	39,4

Анализ приведенных данных таблицы 2 показывает, что связь причины отключения (по любой из причин) с классом напряжения практически отсутствует.

Распределение количества отказов по элементам ВЛ приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Отказавшее оборудование

Наименование элемента	Кол-во отказов в % от общего количества
Трансформатор силовой	3,85
Выключатель масляный	3,85
Измерительный трансформатор тока	3,85
Опора	13,46
Изоляторы	26,92
Провода и тросы	52,08
Прочие элементы ВЛ	11,54

В таблице 4 приведено распределение количества отказов на ВЛ в зависимости от характера повреждения элементов ВЛ.

Таблица 4 – Характер повреждения элементов ВЛ

Характер повреждения	Кол-во отказов в % от общего количества
1	2
Излом, разрыв, обрыв	19,23

Деформация, изгиб, искривление	3,85
Нагир, задир, износ трением	7,69
Кавитационный износ	11,54
Эрозийный износ	15,38
Срыв с крепления	3,85
Замыкание неизолир. проводников	7,69
Нарушение эл.проч. изоляц. относ. земли	23,08
Прочие повреждения	7,69

Основные причины повреждения элементов ВЛ представлены в таблице 5.

Таблица 5– Причины повреждения

Наименование	Кол-во отказов в % от общего количества
Нарушение режима работы	4,17
Внутренняя коррозия	4,17
Механические повреждения	16,67
Старение изоляции	8,33
Атмосферные перенапряжения	24,17
Скорость ветра выше расчетной	25,0
Загрязнение, засорение	12,5
Коммутационные перенапряжения	20,83
Прочие недостатки эксплуатации	4,17

Зависимость количества отказов от срока службы ВЛ приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Зависимость количества отказов от срока службы ВЛ

Срок службы ВЛ, лет	Кол-во отказов в % от общего количества
От 15 до 20	9,09
От 20 до 25	12,12
Свыше 25	33,33

Проведенный обзор повреждений элементов ВЛ, показывает, что с увеличением срока службы количество отказов элементов растет. Кроме этого, большое количество отказов ВЛ связано с неправильной эксплуатацией. Разнообразие элементной классификации у различных авторов, не позволяет определить какой-либо единый подход к расчёту параметров надёжности

ВЛ в целом, но однозначно установлено, что количество отказов элементов увеличивается с увеличением срока службы ВЛ.

В связи с этим разработку методов, позволяющих диагностировать текущее состояние и определять остаточный ресурс элементов ВЛ, является актуальной задачей.

Исходя из того, что линейная изоляция является наиболее массовым элементом ВЛ, поэтому надёжность всей ВЛ зависит от надёжности изоляторов. Линейные изоляторы работают при непрерывно изменяющихся условиях окружающей среды (температура, туман, атмосферные осадки в виде дождя, снега и т.д.). Они подвергаются постоянному воздействию рабочего напряжения, периодическим воздействиям грозовых и коммутационных перенапряжений; испытывают значительные механические нагрузки от массы и тяжения проводов. В результате воздействия всех этих факторов изоляторы со временем «стареют» – снижают свои электрические и механические характеристики.

Основные причины повреждения гирлянд изоляторов: – атмосферные перенапряжения – 29,3 %; – расстрел изоляторов – 17,5 %; – дефекты изготовления и монтажа изоляторов – 17,3 %; – старение изоляторов – 7,9 %; – загрязнение изоляции, в том числе птицами – 8,3 %; – посторонние воздействия и недостатки эксплуатации – 7,3 % [4–7].

В общем случае повреждаемость изоляции на ВЛ составляет от 23 % до 31 % от общего количества отказов, причем нарушение электрической прочности изоляции составляет порядка 24 % выхода из строя изоляторов.

При этом сами изоляторы в большинстве случаев не разрушаются и в дальнейшем восстанавливают свою электрическую прочность, что указывает на перекрытие изоляции, а не на ее пробой. Причиной отказа в этом случае, является неверно выбранный уровень изоляции.

Перекрытия и повреждения изоляции могут происходить как за счёт механических нагрузок (включая несанкционированные воздействия), так и за счёт перенапряжений. Часто наблюдаются перекрытия изоляции за счёт загрязнений и увлажнений уже при номинальных напряжениях ВЛ [8].

Возникновение перекрытий изоляции, как правило, связано с неверной оценкой или изменением условий эксплуатации внешней изоляции и как следствие – некорректным выбором уровня изоляции.

Предотвратить или уменьшить количество отказов и продлить срок службы изоляторов ВЛ возможно только на основе своевременной диагностики их технического состояния. Поэтому на практике необходимо знать наработку изоляции и, что особенно важно, ее остаточный ресурс.

Для предотвращения перекрытий необходимо либо усиливать изоляцию, либо своевременно проводить соответствующие профилактические

мероприятия по повышению ее электрической прочности. Однако принятие решения о реализации указанных мер возможно только при наличии информации о состоянии изоляции, которая может быть получена по результатам диагностики. При этом существующие методы диагностики и система существующего технического обслуживания не обеспечивают требуемой достоверности и оперативности получения информации об участках ВЛ, обладающих сниженной электрической прочностью внешней изоляции.

Ресурс электрической прочности изоляции определяет фактическую ее наработку на отказ, а срок службы характеризует календарное время с момента ввода изолятора в эксплуатацию независимо от времени наработки и коэффициента нагрузки.

Ресурс электрической изоляции существенно зависит от следующих факторов:

- воздействие электрического напряжения (перенапряжение, удары молний, частичные разряды);
- тепловое напряжение (условия нагрузки);
- механическое усилие (вытягивание, изгиб);
- химическая коррозия (воздействие воды, соли, масла и загазованности);
- внешнее воздействие (загрязненная внешняя среда, увлажнение).

Процессы деградации изоляции протекают по-разному. Чем тяжелее воздействия, тем быстрее разрушается изоляция. Например, при одновременном воздействии на изоляцию влаги, высокой температуры и механической нагрузки процесс старения изоляции может протекать с большей скоростью и создавать дефекты в изоляции, приводящие к её разрушению (износу).

Указанные причины деградации изоляторов, порождают неопределенность оценки ожидаемого времени эксплуатации (срока службы) изолятора. Если процесс износа идет медленно, то изолятор может удовлетворительно работать в течение длительного периода времени.

Однако в областях, находящихся в местах подверженных загрязнению, износ может ускоряться, и изолятор выходит из строя после непродолжительного периода работы. Как показывают исследования, некоторые изоляторы хорошо работают в течение 18–20 лет, в то время как другие отказывают через несколько месяцев эксплуатации.

Для проверки состояния изоляторов используются методы, которые предполагают возможность использования различных подходов – от простой визуальной инспекции до процедур с использованием испытательного оборудования и различаются по степени простоты и надежности [9, 10].

Однако, существующие на настоящий момент методы, решают задачи текущего контроля состояния изоляторов с целью определения критического

уровня допустимого сопротивления изоляции [11, 12, 13]. В то же время, определенный интерес представляет анализ возможностей прогноза ресурса изоляторов на основе мониторинга их состояния по результатам их периодической проверки.

На настоящий момент, основными диагностическими методами является контактные, которые, в основном, предусматривают определение измерительными штангами распределения напряжения вдоль гирлянды изоляторов, а также определение сопротивления изоляторов. Указанные методы обладают низкой информативностью и невозможностью выявления большинства причин отказов [12, 13].

В последние годы для контроля изоляции под напряжением начинают успешно применять методы измерения диэлектрических характеристик изоляции. Для обнаружения повреждения изоляции используются методы акустического или ультрафиолетового контроля. Также используются приборы дистанционного теплового контроля. Ведутся исследования с целью обнаружения этими приборами дефектных изоляторов [14].

Однако, пробитый (нулевой) изолятор не создает коронной активности и соответственно не выделяет тепла, которое может быть обнаружено, поэтому указанные дефекты изоляторов не могут быть выявлены.

Кроме этого, ультрафиолетовые методы не позволяют обнаруживать дефекты, распространяющиеся на менее, чем 20–30 % длины изолятора. Также ультрафиолетовая камера может оказаться не в состоянии обнаружить дефекты, скрытые внутри корпуса или остающиеся невидимыми, как например, дефекты, находящиеся на другой стороне изолятора.

Методы инфракрасной томографии не позволяют обнаруживать дефекты изоляции, пока они не достигнут определённой степени развития. Таким образом, они не позволяют обнаруживать дефекты на ранней стадии.

Ни ультрафиолетовые, ни инфракрасные методы не обеспечивают сбора количественных данных для создания базы данных, которая позволила бы планировать техническое обслуживание и оценивать ухудшение состояния изолятора с течением времени.

Исходя из вышеописанного, предложен метод контроля состояния высоковольтных изоляторов ВЛ, идея которого заключается в определении параметров тока утечки, позволяющих судить о потенциально опасном состоянии слоя загрязнения на поверхности тарельчатых изоляторов, и обосновании их применения для целей диагностики внешней изоляции ВЛ. [15, 16, 17].

Особенностью рассматриваемого способа является то, что основные параметры изоляции, изменение которых связано, как правило, с наличием развивающихся повреждений, определяются без отключения объекта, при

рабочем напряжении на нем. Это обеспечивает повышение эффективности контроля и уменьшение его трудоемкости.

Испытания под напряжением, кроме повышения эффективности контроля, позволяют обеспечить накопление данных, необходимых для построения системы диагностики. Данные измерений гирлянд изоляторов, систематически загружаются и сохраняются, создавая диагностическую базу данных. Эта база данных используется для выявления недостаточно надёжных изоляторов, обнаружения повреждений или дефектов изоляторов, а также для прогнозирования ухудшения их состояния с течением времени на основе анализа накопленных количественно выраженных данных.

В соответствии с этим, разработана комплексная система защит и диагностики основных элементов ВЛ, которая позволяет в режиме реального времени осуществлять контроль тока утечки подвесных изоляторов ВЛ, отслеживать обледенение проводов, обеспечивать катодную защиту подземных элементов крепления опор ВЛ с телемеханической передачей информации на диспетчерский пункт [18, 19].

Автоматизация измерений и анализов обеспечивает не только уменьшение объема работ персонала и возможность получения данных с любой периодичностью, в том числе и непрерывно. Принципиальным отличием такой системы диагностики является возможность передачи информационно-измерительному устройству части функций собственно контроля.

Это устройство может не только проводить измерения, но и обрабатывать их результаты, оценивать полученные данные и формировать сообщения об изменении состояния изоляции контролируемого объекта.

Возможны два способа организации контроля оборудования под напряжением:

– ранняя диагностика, т.е. контроль с целью выявления признаков ухудшения состояния изоляции, вызывающих изменения значений измеряемых параметров;

– сигнализация предельных состояний, т.е. контроль с целью выявления существенных изменений измеряемых параметров, при которых дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена.

Оба способа взаимно дополняют друг друга, обеспечивая возможность выявления тенденций и скорости изменения параметров, а также своевременное получение сигнала о существенных отклонениях состояния изоляции от нормы. Это позволяет планировать обслуживание оборудования и при необходимости производить срочное отключение объектов, находящихся в предаварийном состоянии.

ВЫВОДЫ

Предлагаемые технические решения позволяют реализовать непрерывный мониторинг состояния высоковольтных изоляторов, что обеспечит текущий контроль состояния изоляции и прогнозирование ее ресурса для своевременного принятия мер по приведению ее в нормальное состояние или решения о возможности дальнейшей эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Елфимова, О. И., Шевченко, Н. Ю., Сошинов, А. Г.** Оценка надежности воздушных линий электропередачи с учетом климатических факторов // научные труды SWORLD том:2 № 45 – 2016. – С. 93–101.

2 **Шевченко, Н. Ю.** Повышение надежности реконструируемых воздушных линий электропередач / Н. Ю. Шевченко, Ю. В. Лебедева, К. Н. Бахтияров // Воздушные линии. – 2012. – № 3. – С. 11–19.

3 **Смирнова, Н. С.** Анализ конструктивных и эксплуатационных особенностей при определении остаточного ресурса воздушных линий электропередачи / Н.С. Смирнова // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 2 (8). – С. 87–97.

4 **Яковлев, Л. В.** Комплекс работ и предложений по повышению надежности ВЛ на стадии проектирования и эксплуатации / Л. В. Яковлев, Р. С. Каверина, Л. А. Дубинич // Третья Российская с международным участием научно-практическая конференция. – Новосибирск : 2008. – С. 28–49.

5 **Ефимов, Е. Н.** Причины и характер повреждаемости компонентов воздушных линий электропередачи напряжением 110–750 кВ в 1997–2007 гг. / Е. Н. Ефимов, Л. В. Тимашова, Н. В. Ясинская // Энергия единой сети. – 2012. – № 5. – С. 32–41.

6 **Хамидуллин, И. Н., Ильин, В. К.** К вопросу о надежности воздушных линий электропередачи 35-500 КВ. //– Электротехнические и информационные комплексы и системы – 2016. – № 1. том12. – С. 45–53.

7 **Багуцкий, Д. В., Кавченков, В. П.** Анализ причин повреждаемости воздушных линий электропередач 110 кв и методы повышения их надежности// сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Информационные технологии, энергетика и экономика: электроэнергетика, электротехника и теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве»: В 3х томах. – Смоленск : 14-15 апреля 2016 г.

8 **Боровицкий, В. Г.** Исследование причин немотивированных отключений ВЛ 110 кВ и разработка рекомендаций по снижению их числа:

дис. ... канд. тех. наук: 05.14.02 / Боровицкий Василий Геннадьевич. – Новосибирск, 2013. – 201 с.

9 **Арбузов, Р. С., Овсянников, А. Г.** Методы диагностики стеклянной и полимерной изоляции. – Линии электропередачи-2004: Опыт эксплуатации и науч.-техн. прогресс// Сб. докл. 1-й Мсжлунар. науч.-практ. конф.; под. ред. В. Т. Чернова. – Новосибирск, 2004. – С. 57–65.

10 **Арбузов, Р. С.** Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи / Р. С. Арбузов, А. Г. Овсянников. – Новосибирск : Наука, 2009. – 136 с.

11 Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35 – 800 кВ. РД 34.20.504-94 (утв. РАО «ЕЭС России» 19.09.1994) – М. : НЦ ЭНАС, 2017. – 200 с.

12 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей республики Казахстан. РД 34 РК. 20/03.501/202-04 – Алматы : 2005.

13 Методические указания по оценке технического состояния ВЛ и остаточного ресурса компонентов ВЛ. СТО 56947007-29.240.55.111-2011.

14 **Милованов, С. В.** Новые возможности инфракрасного и ультрафиолетового контроля электроэнергетического оборудования / С. В. Милованов. – Энергетик. – 2005. – № 2. – С. 32–36.

15 **Иванов, В. А., Каверин, В. В.** Диагностика состояния изоляции высоковольтных изоляторов по величине тока утечки. // ТРУДЫ Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 8) 23–24 июня 2016 г. Часть 4. – Караганда : Изд-во КарГТУ.

16 **Брейдо, И. В., Каверин, В. В., Иванов, В. А., Эм, Г. А.** Разработка и экспериментальные исследования датчика токов утечки высоковольтных изоляторов «Труды университета», № 3, 2016 – Караганда : Изд-во КарГТУ.

17 **Breido, I., Kaverin V., Ivanov V.** Telemetric Monitoring Insulation Condition of High Voltage Overhead Power Lines // Proceedings of the 29th DAAAM International Symposium, (2018). – p. 0319–0328.

18 **Breido, I., Kaverin, V., Ivanov, V., Voytkevich, S., Levin, I.** System of Protection and Diagnostics of Structural Elements of Support of High-Voltage Power Lines // Proceedings of the 28th DAAAM International Symposium, (2017). – p. 0322–0330.

19 **Breido, I., Kaverin, V., Ivanov, V., Voytkevich, S., Levin, I.** Distributed system of protection and diagnostics of support structural elements of high-voltage power lines. EAI Endorsed Transactions on Energy Web № 4(13) 2017, e5.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

V. A. Ivanov¹, I. V. Breido²

Электртасымалдау жоғары вольтті әуе желілерінің пайдалану кездегі күйін бағалау

^{1,2}Энергетика, автоматика және телекоммуникациялар факультеті,

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,

Қарағанды қ., 100012, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

V. A. Ivanov¹, I. V. Breido²

Assessment of high-voltage overhead power lines condition during operation

^{1,2}Faculty of Energy, Automation and Telecommunications,

Karaganda State Technical University,

Karaganda, 100012, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Электртасымалдаудың жоғары вольтті әуе желілерінің (ӘЖ) пайдалану кездегі сенімділігі мәселесі қарастырылады, ӘЖ жұмысындағы ақауларға шолу жүргізілді, бұзылулар статистикасы мен тоқтауларды себептеріне байланысты және ӘЖ элементтеріне қарай жіктеу. Жоғары вольтті оқшауланудың пайдалану жағдайлары мен бұзылулар себептеріне толық талдау жүргізілді. ӘЖ элементтерінің күйін бағалауға арналған алыстатылған мониторингтің сараптамалық кешенін әзірлеу. Оны іске асыру әдістері мен құралдары қарастырылады. ӘЖ элементтерінің күйін бағалау, соның ішінде оларды ары қарайғы пайдалану бойынша ұсыныстар, пайдалану кезінде алынған мәліметтер базасы негізінде орындалады, бұл оны қалыпты күйге келтіру бойынша уақытылы шаралар қолдану үшін немесе ары қарайғы қолдану мүмкіндігі жайлы шешім қабылдау үшін оқшаулау күйін ағымдағы бақылауды және оның ресурсын болжауды қамтамасыз.

The article considers the issues of reliability of high-voltage overhead power lines (OHL) during operation. A review of disturbances in the operation of OHLs is conducted, damage statistics and the distribution of failures depending on the causes and over the elements of the OHL are provided. The analysis of operating conditions and the causes of damage to high-voltage insulation is carried out in detail. The development of a

diagnostic complex for remote monitoring to assess the state of overhead line elements is proposed. The methods and means of its implementation are considered. Assessment of the state of the overhead line elements and, including recommendations for their further operation, are carried out on the basis of a database obtained during operation, which will provide current monitoring of the isolation state and prediction of its life for timely adoption of measures to bring it into normal condition or decide on the possibility of further exploitation.

ГРНТИ 73.31.01

**А. С. Кадыров¹, И. А. Пак², И. А. Кадырова³,
А. А. Ганюков⁴**

¹д.т.н., профессор, кафедра «Транспортная техника и логистические системы», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100012, Республика Казахстан;

²докторант, специальность 6D071300 – Транспорт, транспортная техника и технологии, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100012, Республика Казахстан;

³PhD, ст. науч. сотр., НИЦ, Карагандинский государственный медицинский университет, г. Караганда, 100008, Республика Казахстан;

⁴ст. преподаватель, кафедра «Механика», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100012, Республика Казахстан
e-mail: ¹irina.adilevna@gmail.com; ²i.pak@mail.ru

ФИЗИКА ПРОЦЕССА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОАГУЛЯЦИИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

В статье дается механизм коагуляции твердых частиц отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, как аэродисперсной системы под воздействием ультразвукового поля. Представлены некоторые результаты исследований учёных в этом направлении. Приводятся группы факторов, влияющих на скорость коагуляции, зависимости кинетики коагуляции, характеристик коагуляционных процессов от параметров ультразвукового воздействия. Предлагается устройство очистки отработавших газов двигателей внутреннего сгорания транспортной техники от твердых частиц и их утилизации, принцип работы которого основан на интенсификации процессов коагуляции твёрдых частиц путём ультразвукового воздействия.

Ключевые слова: ультразвук, коагуляция, двигатель внутреннего сгорания, отработавшие газы, сажа, очистка, утилизация.

ВВЕДЕНИЕ

Уменьшение вредных выбросов в современных автомобилях осуществляется путем установки систем нейтрализации и очистки

отработавших газов, работающих на методах жидкостной, термической, каталитической нейтрализации, сажевых фильтров. Известен также способ очистки выхлопных газов, при котором происходит интенсификация процессов коагуляции и осаждения твердых частиц под действием ультразвука.

Первые опыты по очистке промышленных газов поставил Гиз в 1938 г. Он использовал магнитострикционные излучатели и ультразвуковые свистки. На рубеже 50-х годов фирма «Ультрасоник Корпорэйшн» (США) создала ряд промышленных газоочистительных установок на основе мощной ультразвуковой сирены. Начались систематические работы по коагуляции промышленных пылей в СССР, Польше, Японии, Франции и других странах [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания, как аэродисперсная система, весьма чувствительна и к акустическим, и к электромагнитным воздействиям [2]. Еще в прошлом веке Кундтом было обнаружено воздействие интенсивных акустических волн на тонкие порошки в газах, а Кениг дал трактовку наблюдаемому явлению [3]. Знаменитая «трубка Кундта» является наглядной иллюстрацией этого воздействия.

Среди факторов, влияющих на скорость коагуляции, можно выделить две группы. К первой относятся факторы, которые влияют на вероятность столкновения частиц; ко второй – факторы, влияющие на их слипание при столкновении [2].

Физические воздействия в виде электрических и акустических полей существенно влияют на движение частиц и, следовательно, на вероятность их столкновения. При определенных энергиях частиц, получаемых ими в полях, они могут сблизиться, преодолевая, первый глубокий потенциальный барьер, образуя устойчивую систему. Этот вопрос применительно к коагуляции гидрозолей в ультразвуковом поле был рассмотрен Г. А. Мартыновым и Д. С. Лычниковым [4]. Таким образом, рассматриваемые воздействия могут оказывать влияние и на вторую группу факторов.

Кинетика коагуляции аэрозолей достаточно хорошо описывается экспоненциальной зависимостью [2]:

$$n = n_0 \exp(-kt), \tag{1}$$

где n и n_0 – счетные концентрации частиц аэрозоля, соответственно текущая и в начальный момент; k – коэффициент коагуляции.

Коэффициент коагуляции зависит от физико-химических свойств аэрозоля и характеристик акустического поля.

Помимо интенсивности, на степень и скорость акустической коагуляции влияют: время озвучивания, составляющее при интенсивностях 1 Вт/см² несколько секунд, частота и исходная концентрация. Процесс акустической коагуляции начинается при интенсивности выше 0,1 Вт/см²; используются частоты колебаний от сотен герц до десятков килогерц, рациональная исходная концентрация должна быть больше 1 г/м³.

При исследовании процесса воздействия ультразвуковых колебаний на аэрозоль возникает вопрос о влиянии времени озвучивания на степень разрушения и осаждения аэрозолей. В работе [5] и последующих исследованиях установлено, что для осаждения аэрозолей достаточно 4–5 с; увеличение времени озвучивания более 30 с не усиливает эффект коагуляции.

На основании проведенных опытов Брандт и Гидеман различают две стадии коагуляции. Вначале частицы принимают участие в колебательном движении и следуют за движением газа между пучностями и узлами колебаний. При этом они в результате столкновений и под действием сил взаимного притяжения слипаются и увеличиваются в размерах. На второй стадии увеличившиеся частицы уже не следуют за звуковыми колебаниями, а совершают хаотические движения, причем в результате новых взаимных соударений и столкновений с меньшими частицами их размеры продолжают увеличиваться.

В таблице 1 приведены данные Брандта и Фройнда [6] о зависимости времени падения и радиусов частиц от амплитуды колебаний магнитострикционного излучателя через 1 минуту после начала действия ультразвука.

Таблица 1 – Зависимость коагуляции от амплитуды ультразвуковых волн

Амплитуда колебаний излучателя, μ	Время падения на 1 мм, сек.	Радиус частиц, μ	Отношение масс $m_1:m_0$
0	2	1,8	-
9	1,3	2,3	2,1
18	0,56	3,7	8,7
36	0,4	4,3	13,6
54	0,06	10,5	200

Кроме того, в таблице 1 приведено отношение массы m частиц после озвучивания к их первоначальной массе m_0 .

Эти данные свидетельствуют о сильной зависимости процесса коагуляции от интенсивности ультразвука. При наибольшей амплитуде колебаний за 1 минуту 200 частиц слипаются в один большой агрегат, который оседает в 33 раза быстрее исходных частиц. Увеличение размеров частиц можно определить, измеряя времена падения, и оптически – путем измерения поглощения света взвесью во время действия ультразвука.

Для каждого размера частиц имеется определенная частота, ниже которой частицы успевают полностью следовать за звуковыми колебаниями среды. При более высоких частотах амплитуды частиц уменьшаются. Поэтому в гетерогенном аэрозоле в определенной оптимальной области частот, зависящей от величины частиц, частицы различной величины имеют различные амплитуды колебаний, что приводит к взаимным столкновениям и коагуляции. При очень высоких частотах эта благоприятная для «ортокинетической» коагуляции область частот остается позади и действуют только гидродинамические силы в смысле Бьеркнеса.

Степень участия частицы в звуковых колебаниях среды (так называемый коэффициент увлечения) в случае стоячей звуковой волны связана с частотой колебаний и радиусом частицы следующим соотношением:

$$\frac{X_p}{X_G} = \frac{1}{\sqrt{(4\pi\rho r^2 f / 9\eta)^2 + 1}}, \tag{2}$$

где X_p – амплитуда колебаний частицы;

X_G – амплитуда колебаний газа;

r и ρ – соответственно радиус и плотность частицы;

f – частота колебаний;

η – коэффициент вязкости.

Отношение амплитуд X_p/X_G будет тем меньше, чем больше радиус частицы и чем выше частота. Таким образом, для степени участия частицы в колебаниях газа определяющей является величина $r^2 f$. На рисунке 1 дана зависимость X_p/X_G от r для различных частот ультразвука для воздуха ($\eta=0,00017$) и частицы с плотностью $\rho = 1$. Для большинства аэрозолей оптимальной является область частот 5–50 кГц.

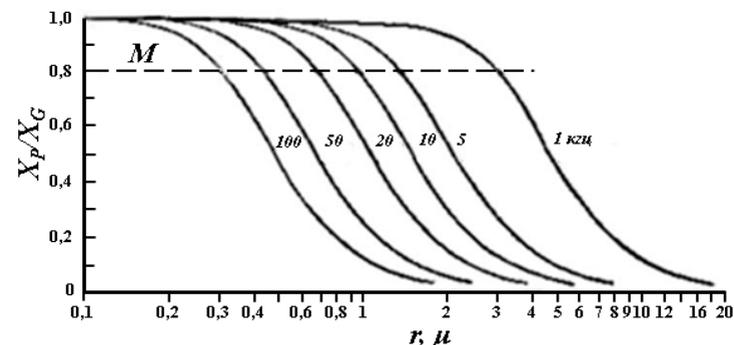


Рисунок 1 – Зависимость отношения амплитуд X_p/X_G от радиуса частицы r для различных частот ультразвука.

Согласно соотношению (2), коэффициент увлечения определяется выражением

$$Z = \frac{\rho r^2 f}{\eta}. \tag{3}$$

Частицы, имеющие в данном звуковом поле одно и то же значение Z , движутся в этом поле одинаково. При значении X_p/X_G , примерно равном 0,8, наклон кривых на рисунке 1, вначале незначительный, достигает максимальной величины.

Если принять это значение X_p/X_G за границу, до которой частицы еще увлекаются звуковыми колебаниями, то из соотношения

$$0.8 = \sqrt{\frac{1}{(\frac{4\pi}{9} Z_0)^2 + 1}}$$

получим величину $Z_0=0,54$. Эту величину Брандт, Фройнд и Гидеман [7, 8], назвали критическим числом. Величина Z_0 определяет степень участия частиц в колебаниях газа. Для воздуха ($\eta = 0,00017$) при плотности частиц $\rho = 1$ и $Z_0 = 0,54$ получаем из выражения (3) критическое значение

$$r^2 f \approx 10^{-4} \text{ см}^2/\text{сек},$$

которое для отдельных кривых на рисунке 1 определяется пересечением с прямой М.

Согласно Клэру, Спендлаву и Поттеру [9], коагулирующее действие оказывает, кроме того, давление звуковых волн на маленькие частицы. Кинг [10] показал, что в стоячей звуковой волне в газе на маленький шарик радиуса r действует сила, обусловленная давлением звука. Это давление

$$S = \frac{10 \pi r}{3 \lambda} \bar{E} \sin(2kx), \tag{4}$$

где \bar{E} – плотность энергии волны и $k = \frac{2\pi}{\lambda}$. Отсюда сила, действующая на частицу

$$K = \frac{10 \pi^2 r^2}{3 \lambda} \bar{E} \sin(2kx), \tag{5}$$

Очевидно, эта сила равна нулю для узлов и пучностей колебаний и достигает максимума между ними, причем по обе стороны от пучности колебаний сила K направлена к этой пучности. Это значит, что под действием волнового давления частицы должны перемещаться в пучности колебаний.

Уравнение движения для одной частицы в этом случае имеет вид

$$\frac{10 \pi^2 r^2}{3 \lambda} \bar{E} \sin(2kx) = 6\pi \eta r \frac{dx}{dt}.$$

Интегрирование этого уравнения дает

$$tg(kx) = e^{Bt} tg(kx_0) \tag{6}$$

где x_0 – координата частицы в момент времени $t=0$, $B = \frac{20 \pi^2 r^2 \bar{E}}{9 \lambda^2 \eta}$

На рисунке 2 представлено распределение относительной плотности частиц в моменты времени 21 и 43 сек. для аэрозоля, состоящего из частиц диаметром 1 μ , в ультразвуковом поле с частотой 10 $кГц$ и плотностью энергии 1000 $эрг/см^3$ (что соответствует интенсивности ультразвука 3,3 $вт/см^2$).

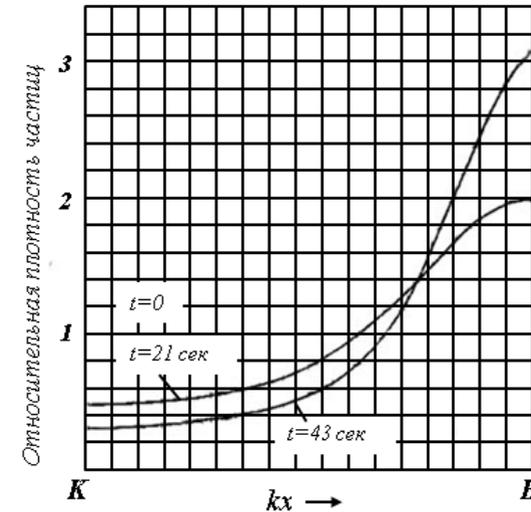


Рисунок 2 – Распределение относительной плотности частиц в стоячей звуковой волне между узлами (К) и пучностями (В) колебаний под действием волнового давления звука для различных моментов времени

Коэффициент вязкости среды был принят равным $\eta=1,85 \cdot 10^{-4}$. Таким образом, кривые, рассчитанные для идеального аэрозоля, отчетливо показывают, что при легко достижимой интенсивности ультразвука под действием волнового давления частицы концентрируются в пучностях колебаний стоячей звуковой волны, где и происходит дальнейшая коагуляция.

Опыты по осаждению тумана хлористого аммония, проведенные Клэром [10] показали, как сильно зависит слипание частиц от мощности звука. При больших интенсивностях звука можно за короткое время добиться той же степени коагуляции, как при малых интенсивностях за длительное время. Слипание частиц начинается при интенсивности звука 0,15 $вт/см^2$. Чтобы добиться допустимых в технических установках скоростей газа и размеров аппаратов, необходимы интенсивности звука не менее 1 $вт/см^2$ и длительности пребывания частиц в звуковом поле не менее 4 сек.

На основе расчетов Вивиана и Стокса, Киду [11] выводит следующую зависимость между степенью коагуляции E , числом G частиц в 1 $см^3$ и временен облучения t звуком с интенсивностью J :

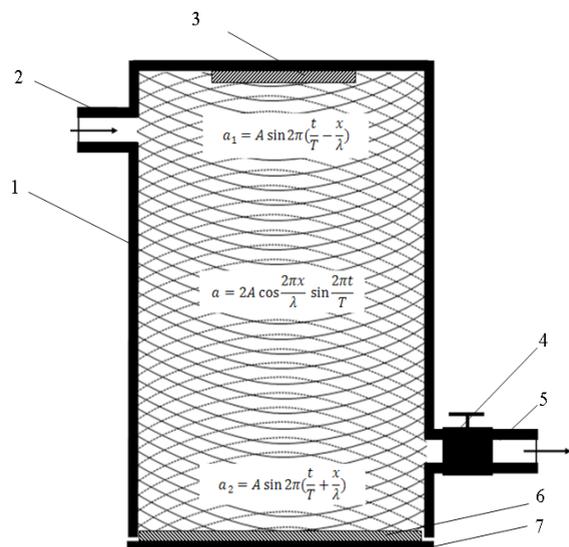
$$\lg(100 - E) = \frac{k}{Gt\sqrt{J}} \tag{7}$$

здесь k – постоянная, зависящая от частоты, природы частиц и используемой аппаратуры. Таким образом, эффективность коагуляции ультразвуком зависит от концентрации частиц.

Акустическое воздействие может быть использовано для коагуляции тумана кислоты, очистки выхлопных газов от соединений фтора и т.п.

Нами предлагается устройство для ультразвуковой очистки отработавших газов (рисунок 3), содержащее накопительную емкость с впускным патрубком и выпускным патрубком с перепускным клапаном, отличающееся тем, что в накопительной емкости смонтирован ультразвуковой генератор, в нижней части имеется отражатель звуковых волн, а поддон устройства выполнен съемным.

Техническим результатом является уменьшение вредных выбросов за счет фазового перехода части выхлопных газов в сажу. Технический результат достигается тем, что выхлопной газ, поступающий из глушителя через впускной патрубок в накопительную емкость и задерживается там на время t , которое больше времени его прохождения по глушителю. Это происходит за счет того, что объем накопительной емкости больше объема глушителя.



1 – накопительная ёмкость; 2 – впускной патрубок;
3 – ультразвуковой генератор; 4 – перепускной клапан;
5 – выпускной патрубок; 6 –отражатель звуковых волн; 7 – поддон.

Рисунок 3 – Устройство для ультразвуковой очистки отработавших газов

Устройство (рисунок 3) работает следующим образом. В накопительную емкость 1 через впускной патрубок 2 поступает выхлопной газ. От ультразвукового генератора 3, расположенного сверху, возникает прямая волна. На поддоне 7 емкости располагается отражатель звуковых волн 6. При отражении прямая и отраженная волны движутся навстречу друг другу, возникает интерференция и образуется стоячая волна.

Уравнение прямой и обратной волны имеет вид [12]:

$$a_1 = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right); \quad (8)$$

$$a_2 = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right). \quad (9)$$

В формулах (8, 9) величиной a_1 и a_2 определены амплитуда смещения частицы под действием прямой и обратной волн, A – амплитуда колебаний; ω – угловая скорость; t – время; λ – длина волны; T – период колебаний; x – координата распространения колебаний.

В результате их сложения получим следующее результирующее для стоячей волны выражение:

$$a = 2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \sin \frac{2\pi t}{T}. \quad (10)$$

Из выражения (10) следует, что величина при определенных выражениях $x = \frac{\lambda}{4}$ равно нулю (где λ – нечетное число). А между этими точками величина максимальна, и вдвое превосходит амплитуду исходных бегущих волн. Эти точки называются «узлы» и «пучности». Звуковое давление также имеет «узлы» и «пучности».

$$p \approx \frac{da}{dx} = -\frac{4\pi A}{\lambda} \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \sin \frac{2\pi t}{T} = \frac{2U}{C} \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \sin \frac{2\pi t}{T} \quad (11)$$

В этот период времени в емкости осуществляется ортокинетическая коагуляция за счет хаотического движения частиц газа и гидродинамическая коагуляция за счет колебания частиц относительно точек покоя, трения о другие частицы, увеличение их размера, массы и оседание их на дно емкости.

Соотношение (3) позволяет рассчитать частоты необходимые для создания стоячих звуковых волн для выпадения частиц в осадок.

Если колебания частиц по направлению вверх и вниз практически уравновешивает друг друга, по мере увеличения их радиуса и массы,

возрастает вес частицы, и она падает вниз. Под действием ультразвуковых колебаний происходит гидродинамическая коагуляция выхлопных газов, часть из которых осаживается на дно емкости.

Через рассчитанный период времени газ с уменьшенным содержанием загрязняющих веществ выпускается в атмосферу перепускным клапаном 4 через выпускной патрубок 5, поддон емкости 7 с отражателем звуковых волн 6 снимается и очищается от сажи.

ВЫВОДЫ

Сажа является одним из основных компонентов твердых примесей ОГ ДВС, выброс которой дизелями составляет до 15 кг на тонну сжигаемого топлива. В мировой практике наметилась тенденция рассмотрения сажи как вторичного материального ресурса (технический углерод) с использованием ее для нужд шинной промышленности [13].

Предлагаемое нами устройство позволяет производить ультразвуковую очистку выхлопных газов, а также сбор и утилизацию сажи и определяет направления дальнейших научных исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Бергман, Л.** Ультразвук и его применение в науке и технике / Л. Бергман; пер. с нем. изд. В. С. Григорьева и Л. Д. Розенберга. – М. : Издательство иностранной литературы, 1957. – 726 с.

2 **Кардашев, Г. А.** Физические методы интенсификации процессов химической технологии. – М. : Химия, 1990. – 208 с.: ил.

3 **Стретт Дж.В.** (Лорд Рэлей). Теория звука: Пер. с англ. Т. II. – М. : Гостехтеоридат, 1955. 475 с.

4 **Лычников, Д. С., Мартынов, Г. А.** // ДАН СССР. 1966. Т. 167. № 4. – С. 855–857.

5 **Членов, В. А., Михайлов, Н. В.** Виброкипящий слой. – М. : Наука, 1972. – 343 с.

6 **Brandt, O. & Freund, H. Z.** Physik (1935) 94: 348. <https://doi.org/10.1007/BF01349422>.

7 **Brandt, O., Freund, H., Hiedemann, E.,** Zur Theorie der akustischen Koagulation, Kolloid Zs, 77, 103 (1936).

8 **Hiedemann, E.,** Einwirkung von Schall und Ultraschall auf Aerosole. Kolloid. Zs, 77, 168 (1936).

9 **King, L. V.,** On the Acoustic Radiation Pressure on Circular Discs. Inertia and Diffraction Corrections, Proc Roy. Soc, A 153, 1 (1935). <https://doi.org/10.1098/rspa.1935.0218>.

10 **Clair, H. W.,** Agglomeration of Smoke, Fog or Dust Particles by Sonic Waves, Ind. Eng. Chem, 41, 2434 (1949). DOI: 10.1021/ie5. URL: <https://datapdf.com/agglomeration-of-smoke-fog-or-dust-particles-by-sonic-waves.html>.

11 Kiddoo, Gordon, Sonic agglomeration, A New Solution, Chem Eng, 58, 154 (1951).

12 **Радж Балдев, Раджендран, В., Паланичами, П.** Применения ультразвука. – М. : Техносфера, 2006. – 576 с.

13 **Графкина, М. В., Михайлов, В. А., Иванов, К. С.** Экология и экологическая безопасность автомобиля: учебник – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2016. – 320 с. – (Профессиональное образование).

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

A. S. Kadyrov¹, I. A. Pak², I. A. Kadyrova³, A. A. Ganyukov⁴

Автокөлік техникасының іштен жану қозғалтқыштарының пайдаланылған газдарының ультрадыбыстық коагуляция процесінің физикасы

^{1,2,3,4}Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100012, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

A. S. Kadyrov¹, I. A. Pak², I. A. Kadyrova³, A. A. Ganyukov⁴

Physics of the process of ultrasonic coagulation of exhaust gases of motor vehicles' internal combustion engines

^{1,2,3,4}Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100012, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Мақалада ультрадыбыстық өрістің әсерінен аэродисперстік жүйе ретінде іштен жану қозғалтқыштарының пайдаланылған газдарының қатты бөлшектерінің коагуляциясы баяндалған. Осы бағытта ғалымдардың зерттеулерінің кейбір нәтижелері ұсынылған. Ультрадыбыстық әсер ету параметрлерінен коагуляция жылдамдығына, коагуляция кинетикасының тәуелділігіне, коагуляциялық процесстердің сипаттамаларына әсер ететін факторлар тобы келтіріледі. Көлік техникасының іштен жану қозғалтқыштарының пайдаланылған газдарын қатты бөлшектерден тазарту және оларды кәдеге жарату құрылғысы ұсынылады, оның жұмыс істеу принципі қатты бөлшектердің коагуляция процесстерін ультрадыбыстық әсер ету арқылы қарқындалтуға негізделген.

The article describes the mechanism of coagulation of solid particles of internal combustion engines' exhaust gases as an aerodisperse system under the influence of an ultrasonic field. Some results of researches of scientists in this direction are presented. Groups of factors influencing coagulation rate, dependence of coagulation kinetics, characteristics of coagulation processes on parameters of ultrasonic influence are given. The device for cleaning of internal combustion engines' exhaust gases in transport equipment from solid particles and their utilization, which principle of work is based on intensification of processes of solid particles coagulation by ultrasonic influence is offered.

SRSTI 44.29.01

**A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³,
V. P. Markovskiy⁴, O. A. Andreeva⁵, O. M. Talipov⁶,
Sh. S. Kuanyshbay⁷**

¹Project manager, JSC «Alageum Electric», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

²Manager, JSC «KazTransGas», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

³Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁴Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁵Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁶PhD, Associated Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁷Undergraduate student, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²m.kaidar@amangeldygas.kz;

³argin_intel@mail.ru; ⁴wadim54@mail.ru; ⁶talipov1980@mail.ru

OPTICAL VOLTAGE CONVERTERS BASED ON THE ELECTRO-OPTICAL EFFECT

The article contains the following materials.

Schematic representation of the concepts behind the optical sensing of varying electric and magnetic fields.

Optical current sensor based on the magnetic properties of optical materials.

Optical voltage sensor based on the electrical properties of optical materials. Conceptual design of a double-sensor optical CT. Alstom COSI-NXCT F3 flexible optical current transformer in a portable substation application. Optical voltage transducer concepts, using a «full-voltage» sensor. Installation of a CT with an optical sensor. Cross section of an Alstom CTO 72.5 kV to 765 kV current transformer with an optical sensor. Conceptual design of a Hall-effect current sensing element fitted in a field-shaping gap. Design principle of a hybrid magnetic current transformer fitted with an optical transmitter. Schematic representation of a Rogowski coil, used for current sensing.

Keywords: optical instrument transducer, non-conventional optical transducers, magneto-optic effect sensor, magnetic field, electric field, fibre optic cable.

INTRODUCTION

A permanent height of energy consumption and overload of power networks are reason of growing necessity of updating of senescent infrastructure of electroenergy industry. This fact presents a substantial problem, as from completion of tenure of employment of equipment the megascopic volume of maintenance is required. In addition, the traditional electro magnetic of transformers has a row of substantial defects following from nature of their work.

In modern energy, as well as in other industries of industry, there is swift motion toward development of digital technologies, therefore, all more often a question rises about the construction of digital substation and already made first advances in this direction.

Thus, in an electroenergy there is a requirement in digital measuring devices tensions that would provide, as compared to traditional transformers, higher parameters of safety and quality of measuring, therefore this project is actual and presents particular interest for development of industry on the whole.

The preceding types of instrument transformers have all been based on electromagnetic principles using a magnetic core [1, 2]. There are now available several new methods of transforming the measured quantity using optical and mass state methods [3, 4].

MAIN PART

Optical Instrument Transducers

Figure 1 shows the key features of a freestanding optical instrument transducer.

Non-conventional optical transducers lend themselves to smaller, lighter devices where the overall size and power rating of the unit does not have any significant bearing on the size and the complexity of the sensor. Small, lightweight insulator structures may be tailor-made to fit optical sensing devices as an integral part of the insulator. Additionally, the non-linear effects and electromagnetic interference problems in the secondary wiring of conventional VTs and CTs are minimized [5].

Optical transducers can be separated in two families: firstly the hybrid transducers, making use of conventional electrical circuit techniques to which are coupled various optical converter systems, and secondly the ‘all-optical’ transducers that are based on fundamental, optical sensing principles.

Optical Sensor Concepts

Certain optical sensing media (glass, crystals, plastics) show a sensitivity to electric and magnetic fields and that some properties of a probing light beam can be altered when passing through them. A simple optical transducer description is shown in Figure 2.

If a beam of light passes through a pair of polarising filters, and if the input and output polarising filters have their axes rotated 45° from each other, only half the light comes through. The reference light input intensity is maintained constant over time. If these two polarising filters remain fixed and a third polarising filter is placed in between them, a random rotation of this middle polariser either clockwise or anticlockwise is monitored as a varying or modulated light output intensity at the light detector.

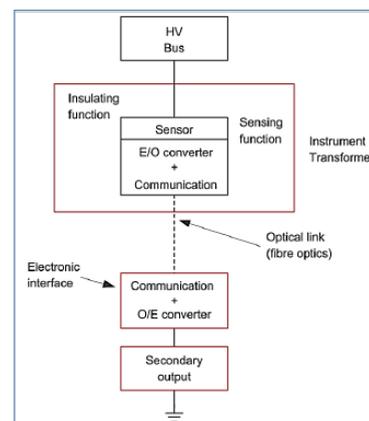


Figure 1 – Typical architecture using optical communication between sensing unit and electronic interface

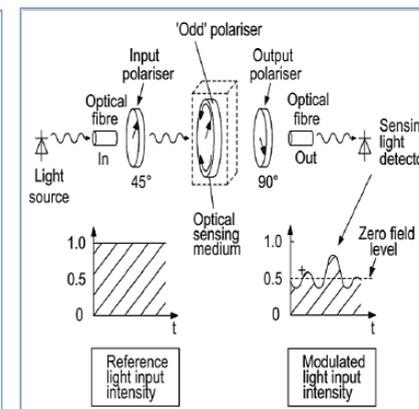


Figure 2 – Schematic representation of the concepts behind the optical sensing of varying electric and magnetic fields

When a block of optical sensing material (glass or crystal) is immersed in a varying magnetic or electric field, it plays the role of the «odd» polariser. Changes in the magnetic or electric field in which the optical sensor is immersed are monitored as a varying intensity of the probing light beam at the light detector. The light output intensity fluctuates around the zero-field level equal to 50 % of the reference light input. This modulation of the light intensity due to the presence of varying fields is converted back to time-varying currents or voltages.

A transducer uses a magneto-optic effect sensor for optical current measuring applications. This reflects the fact that the sensor is not basically sensitive to a

current but to the magnetic field generated by this current. Solutions exist using both wrapped fibre optics and bulk glass sensors as the optical sensing medium. However, most optical voltage transducers rely on an electro-optic effect sensor. This reflects the fact that the sensor used is sensitive to the imposed electric field.

Hybrid Transducers

The hybrid family of non-conventional instrument transducers can be divided in two types: those with active sensors and those with passive sensors. The idea behind a transducer with an active sensor is to change the existing output of the conventional instrument transformer into an optically isolated output by adding an optical conversion system (Figure 2). This conversion system may require a power supply of its own: this is the active sensor type. The use of an optical isolating system serves to de-couple the instrument transformer output secondary voltages and currents from earthed or galvanic links. Therefore the only link that remains between the control-room and the switchyard is a fibre optic cable.

All-optical' Transducers

These instrument transformers are based entirely on optical materials and are fully passive. The sensing function is achieved directly by the sensing material and a simple fibre optic cable running between the base of the unit and the sensor location provides the communication link.

The sensing element consists of an optical material that is positioned in the electric or magnetic field to be sensed. The sensitive element of a current measuring device is either located freely in the magnetic field (Figure 3 (a)) or it can be immersed in a field-shaping magnetic «gap» (Figure 3 (b)). In the case of a voltage-sensing device (Figure 3) the same alternatives exist, this time for elements that are sensitive to electric fields. Both sensors can be combined in a single compact housing, providing both a CT and VT to save space in a substation.

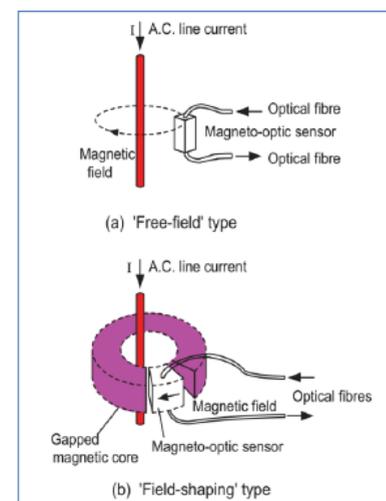


Figure 3 – Optical current sensor based on the magnetic properties of optical materials

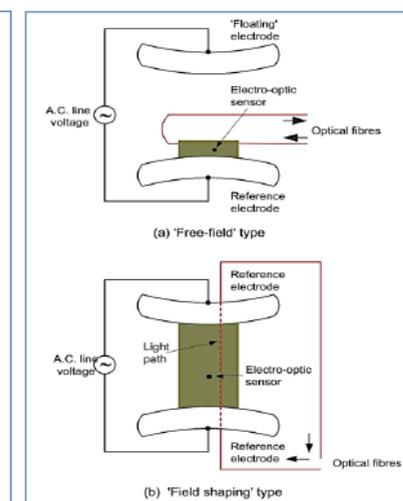


Figure 4 – Optical voltage sensor based on the electrical properties of optical materials

In all cases there is an optical fibre that channels the probing reference light from a source into the medium and another fibre that channels the light back to the analysing circuitry. In sharp contrast with a conventional free-standing instrument transformer, the optical instrument transformer needs an electronic interface module to function.

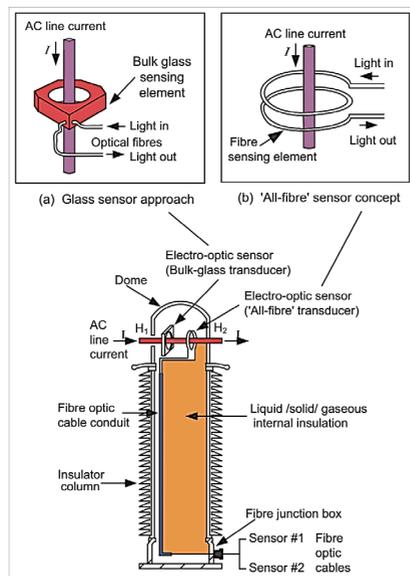


Figure 5 – Conceptual design of a double-sensor optical CT



Figure 6 – Alstom COSI-NXCT F3 flexible optical current transformer in a portable substation application

Therefore its sensing principle (the optical material) is passive but its operational integrity relies on a powered interface.

Typically, current transducers take the shape of a closed loop of light-transparent material, fitted around a straight conductor carrying the line current (Figure 5).

In this case a bulk-glass sensor unit is depicted (Figure 5 (a)), along with a wrapped fibre sensor example, as shown in Figure 5 (b) and Figure 6. Light detectors are very sensitive devices and the sensing material can be selected to scale-up readily for larger currents. However, «all-optical» voltage transducers are not ideally suited to extremely high line voltages. Two concepts using a «full voltage» sensor are shown in Figure 7.

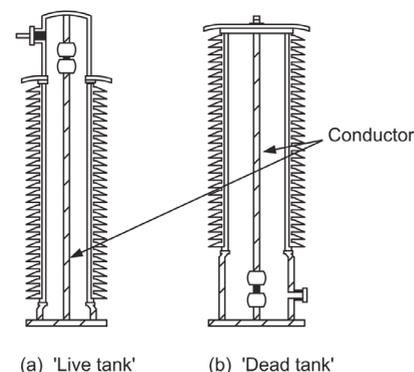


Figure 7 – Optical voltage transducer concepts, using a «full-voltage» sensor



Figure 8 – Installation of a CT with an optical sensor

Other Sensing Systems

There are several other sensing systems that can be used, as described in the following sections.

Zero-flux (Hall Effect) Current Transformer

In this case the sensing element is a semi-conducting wafer that is placed in the gap of a magnetic concentrating ring. This type of transformer is also sensitive to d.c. currents. The transformer requires a power supply that is fed from the line or from a separate power supply. The sensing current is typically 0.1 % of the current to be measured. In its simplest shape, the Hall effect voltage is directly proportional to the magnetizing current to be measured. For more accurate and more sensitive applications, the sensing current is fed through a secondary, multiple-turn winding, placed around the magnetic ring to balance out the gap magnetic field. This zero-flux or null-flux version allows very accurate current measurements in both d.c. and high-frequency applications. A schematic representation of the sensing part is shown in Figure 10.

Hybrid Magnetic-Optical Sensor

This type of transformer is mostly used in applications such as series capacitive compensation of long transmission lines, where a non-grounded measurement of current is required. In this case, several current sensors are required on each phase to achieve capacitor surge protection and balance. The preferred solution is to use small toroidally wound magnetic core transformers connected to fibre optic isolating systems. These sensors are usually active sensors because the isolated systems require a power supply. This is shown in Figure 11.

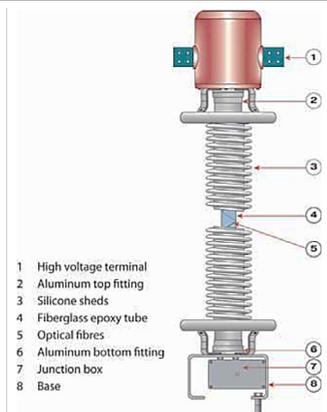


Figure 9 – Cross section of an Alstom CTO 72.5 kV to 765 kV current transformer with an optical sensor

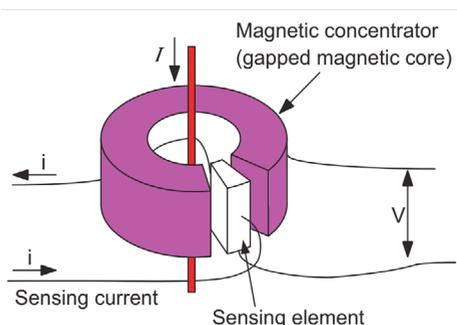


Figure 10 – Conceptual design of a Hall-effect current sensing element fitted in a field-shaping gap

Rogowski Coils

The Rogowski coil is based on the principle of an air-cored current transformer with a very high load impedance. The secondary winding is wound on a toroid of insulation material. In most cases the Rogowski coil is connected to an amplifier, to deliver sufficient power to the connected measuring or protection equipment and to match the input impedance of this equipment. The Rogowski coil requires integration of the magnetic field and therefore has a time and phase delay while the integration is completed. This can be corrected for in a digital protection relay. The schematic representation of the Rogowski coil sensor is shown in Figure 12.

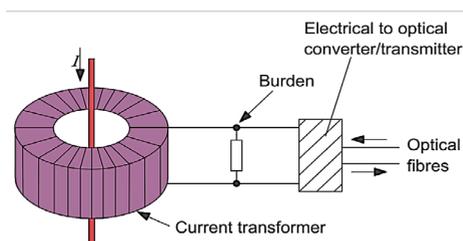


Figure 11 – Design principle of a hybrid magnetic current transformer fitted with an optical transmitter

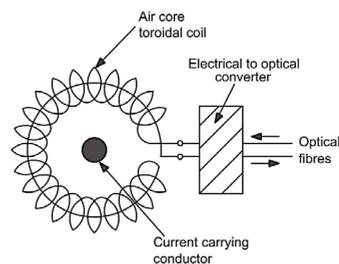


Figure 12 – Schematic representation of a Rogowski coil, used for current sensing

CONCLUSION

Schematic diagrams of electron-optical transformers are presented. A typical architecture using optical communication between the sensing unit and the electronic interface is presented. Examples of real applications of optical transformers are given. The use of optical current and voltage measuring devices as part of commercial electricity metering systems will save tens of millions of tenge.

REFERENCES

- 1 Шапкенов, Б. К., Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б. «Синтез систем автоматического управления объектов с дрейфом параметров и их анализ». Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан «Ш Аймауытов тағылым», 22–23 ноябрь 2011 г., Павлодар, Павлодарский Государственный Университет им. С. Торайгырова, – с. 296–307. 0,35 п.л.
- 2 Шапкенов, Б. К., Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б., Садыков, А. К. Анализ и параметрический синтез стохастических систем управления. Сборник докладов X Международной НПК «Проблемы и достижения в промышленной энергетике» в рамках выставки «Энергетика и электротехника – 2011» 16–18 ноября 2011 г., г. Екатеринбург, ЗАО «Уральские выставки», ЗАО «Энергопромышленная компания». 0,35 п.л.
- 3 Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б. Вопросы оптимизации чувствительности к управлению энергетических объектов. Материалы II Международной научно-практической конференции «Наука и образование в XXI веке: динамика развития в евразийском пространстве», 2011, г. Павлодар, Инновационный Евразийский университет, 2 том, – с. 177–183.
- 4 Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б. «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, Павлодар, 2011. С. Т. 2, 215–218.
- 5 High-frequency generator in resonant regimes Materials of the international scientific-practical conference «Science and education: no language barriers», Pavlodar, 2011, v. 3, p. 170-174. B. K. Shapkenov, A. B. Kaidar, K. T. Smagulov, T. B. Zhakupov, F. D. Zhantemirov.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴,
О. А. Андреева⁵, О. М. Талипов⁶, Ш. С. Қуанышбай⁷

Электр оптикалық эффектке негізделген оптикалық дауыстық конвертерлер

¹«Alageum Electric» АҚ,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;
²«ҚазТрансГаз» ЖАҚ,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;
^{3,4,5,6,7}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴,
О. А. Андреева⁵, О. М. Талипов⁶, Ш. С. Қуанышбай⁷

Оптические преобразователи напряжения на основе электрооптического эффекта

¹ЗАО «Алагеум Электрик»,
г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;
²АО «КазТрансГаз»,
г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;
^{3,4,5,6,7}Павлодарский государственный университет
имени С. Торайғырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Келесі мақалада материалдар бар.

Әр түрлі электрлік және магниттік өрістерді оптикалық сезінудің тұжырымдамаларын схемалық түрде бейнелеу.

Оптикалық материалдардың магниттік қасиеттеріне негізделген оптикалық ток сенсоры.

Оптикалық материалдардың электрлік қасиеттеріне негізделген оптикалық кернеу датчигі Екі сенсорлы оптикалық ТТ концептуалды дизайны. Alstom COSI-NXCT F3 портативті қосалқы станциядағы икемді оптикалық трансформатор. «Толық кернеулі» сенсорды қолданатын кернеудің түрлендіргіші туралы түсінік. ОТ оптикалық сенсоры бар қондырғы. Alstom СТО 72,5 кВ-тан 765 кВ-қа дейінгі оптикалық сенсоры бар трансформатордың көлденең қимасы. Дала пішінді саңылауларға орнатылған залды әсер ететін ток сезіну

элементінің концептуалды дизайны. Оптикалық таратқышпен жабдықталған гибриді магниттік ток трансформаторының жобалық қағидасы.

Статья содержит следующие материалы.

Схематическое представление концепций, лежащих в основе оптического зондирования переменных электрических и магнитных полей.

Оптический датчик тока основан на магнитных свойствах оптических материалов.

Оптический датчик напряжения на основе электрических свойств оптических материалов. Концептуальная конструкция оптического трансформатора тока ТТ с двумя датчиками. Гибкий оптический трансформатор тока Alstom COSI-NXCT F3 в портативной подстанции. Концепции оптического преобразователя напряжения с использованием датчика «полного напряжения». Установка ТТ с оптическим датчиком. Сечение трансформатора тока Alstom СТО от 72,5 кВ до 765 кВ с оптическим датчиком. Концептуальный проект чувствительного элемента с эффектом Холла, установленного в зазоре в форме поля. Принцип конструкции гибридного магнитного трансформатора тока с оптическим передатчиком. Схематическое представление катушки Роговского, используемой для измерения тока

**А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³,
В. П. Марковский⁴, К. М. Дюсенов⁵**

¹м.т. и т., проектный менеджер, АО «Alageum Electric», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²менеджер, ЗАО «Казтрансгаз», г. Нур-Султан, 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;

⁵к.т.н., профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²m.kaidar@amangeldygas.kz;

³argin_intel@mail.ru; ⁴wadim54@mail.ru; ⁵kdyussenov@yandex.ru

ЭФФЕКТИВНЫЕ ИНФРАКРАСНЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ ДЛЯ ОБОГРЕВА ПОМЕЩЕНИЙ

В статье рассмотрены инфракрасные излучатели для обогрева помещений. Приведены достоинства и недостатки инфракрасных обогревателей с карбоновым нагревательным элементом.

В статье даны расчеты карбоновых обогревателей по площади помещения, расчет инфракрасного обогревателя, используемого в качестве дополнительного источника тепла, зависимости мощности обогревателей от типа помещения и желаемой температуры.

Ключевые слова: инфракрасное излучение, карбоновый нагревательный элемент, теплопроизводительность, энергопотребление.

ВВЕДЕНИЕ

Карбоновый обогреватель во многом схож с привычными ИК-обогревателями, но вместо вольфрамовой спирали, в качестве нагревательного элемента используется карбоновое волокно в виде витых лент и шнуров, помещенное в кварцевую трубку, из которой вытеснен воздух. Проходящий через это волокно электрический ток нагревает карбоновую (углеродную) нить накаливания, от чего происходит инфракрасное излучение. ИК лучи, доходя до поверхностей и предметов, прогревают их на глубину около 2 см, после чего уже предметы отдают тепло в окружающее пространство.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Неоспоримым преимуществом перед тепловентиляторами и масляными обогревателями является то, что при малом потреблении электроэнергии эти устройства (рис. 1) обладают высокой теплопроизводительностью. Так, если масляного обогревателя мощностью 1 кВт хватит на прогрев 10 м² площади, то карбоновый, имеющий ту же мощность, обеспечит теплом 30 м², и будет далее поддерживать необходимую температуру.



Рисунок 1 – Напольные карбоновые обогреватели [1]

Благодаря свойствам карбонового волокна, обогреватели такого типа выгодно отличаются от традиционных устройств. Их энергопотребление в 2–2,5 раза ниже при том же КПД [1], имеют компактные размеры, температура нагревательного элемента не может превышать 90 °С. Следовательно, отсутствует негативное влияние на экологию и микроклимат помещения: обогреватель не сушит воздух и не сжигает кислород. Эксплуатационные характеристики, которые присущи обогревателям такого типа, довольно привлекательны для потребителя. К ним можно отнести: экономное энергопотребление; практически неограниченный срок эксплуатации нагревательного элемента, который защищен от проникновения влаги и пыли; компактные размеры и вес в пределах 4-х килограмм; мобильность; довольно мощный тепловой поток; мгновенный целенаправленный (рисунок 2) нагрев и очень быстрое охлаждение при отключении; возможность применения на открытом воздухе (балкон, теплица), пожаробезопасность.

Особенностью данных приборов является способность благотворно воздействовать на организм человека. Инфракрасные лучи, исходящие от обогревателя, могут проникать вглубь тела, что существенно улучшает

циркуляцию крови, служит профилактикой простудных заболеваний, воспалительных процессов в суставах и мышцах [1].

Карбоновое волокно имеет большую теплопроводность по сравнению с металлами, которые применяют в других типах обогревателей в качестве нагревательных элементов. Следовательно, обладает большей теплоотдачей. Карбоновые обогреватели, имеющие вертикальную конструкцию (рисунок 1), способны вращаться на 180 градусов, что позволяет инфракрасным лучам охватывать значительную площадь помещения. Такие устройства мобильны, моментально нагреваются и также быстро охлаждаются при отключении. Для обеспечения безопасности предусмотрено автоматическое отключение при нахождении в неправильном для работы положении, перегреве или падении. Нагревательный элемент расположен в середине прибора и защищен металлической решеткой, поэтому риск получить ожог практически равен нулю. Расчет инфракрасного отопления?



Рисунок 2 – Настенные карбоновые обогреватели [1], инфракрасные обогреватели в виде печей и тепловых пушек, пленочный ИК-обогреватель

Расчет инфракрасного обогревателя по площади

Инфракрасные обогреватели пока не используются в каждой квартире или офисе, но их популярность растет, благодаря экономичности и расширенным возможностям. Другие нагреватели не согреют вас на веранде или в беседке, где все тепло уносится воздухом. А инфракрасные обогреватели передают тепловую энергию с поверхности излучателя непосредственно на обогреваемые предметы, не нагревая при этом воздух.

ИК-обогреватель способен равномерно нагреть воздух в помещении даже при наличии сквозняков.

Основной характеристикой при расчете является плотность мощности, измеряемая в Вт/м². Она определяется как отношение суммы мощностей

установленных обогревателей к площади пола. Расчет мощности обогревателя производят с учетом типа помещения: закрытое или открытое, с хорошей или слабой теплоизоляцией. Также она зависит от предполагаемой температуры, которая должны поддерживать обогревательные приборы.

Для тех, кто пользуется наиболее упрощенными расчетами, специалисты рекомендуют 1 кВт мощности на 10 м².

Этого будет достаточно для обогрева помещения высотой 3 м с хорошей теплоизоляцией.

Расчет инфракрасного обогревателя, используемого в качестве дополнительного источника тепла

В этом случае работа устройства должна будет покрывать разницу температур окружающей среды и желаемой. Для этой цели подойдут приборы малой мощности (300 Вт), которые идеально справятся с такой задачей. Лучше использовать переносные напольные нагреватели. При их использовании применима стратегия: если установить прибор дальше от зоны обогрева, температура понизится, а если ближе – повысится. Это связано с тем, что при отдалении увеличивается площадь распространения лучей. Такие манипуляции позволят получить максимально комфортные условия при изменении тепловой среды. Среднее значение мощности для дополнительного обогрева составляет около 0,5 кВт на 10 м² площади пола.

Необходимое количество инфракрасных обогревателей для основных типов помещений.

Такой метод может быть использован для производственных и складских построек, офисов, магазинов, кафе, гаражей, то есть мест, не предназначенных для постоянного пребывания людей.

При верном подборе мощности заданная температура в здании установится через 10 минут после включения установки, что очень важно для комфорта работников во время производственного процесса. Но и это еще не все. Нет необходимости нагревать всю площадь, если используется только часть ее. Инфракрасные обогреватели могут согревать только площадь рабочего места и только в рабочее время.

Для расчета частичного обогрева промышленных или жилых помещений следует воспользоваться таблицей 1 [2]:

Таблица 1 – К расчету частичного обогрева промышленных или жилых помещений

Процент обогреваемой площади от общей площади	Плотность мощности, Вт/м ²	
	Закрытое утепленное помещение	Закрытое неутепленное помещение
10%	270	300
30%	200	240
70%	150	190
100%	120	150

Данные приведены для нагрева воздуха от 0°С до +18°С.

Как видно из таблицы, при таком обогреве необходима большая мощность, чем усредненная (1кВт на 10м²). В данном случае экономия происходит за счет уменьшения времени работы и обогреваемой площади, а регулятор температуры не допустит перерасхода энергоресурсов.

При выборе инфракрасных обогревателей для постоянного отопления всего помещения следует определить температуру, которую они будут поддерживать. Также нужно учесть, что температура покажется более высокой, чем на самом деле. Это происходит потому, что инфракрасные лучи нагревают все предметы, на которые падают, в том числе и тело человека. Обогрев лучше производить с двух сторон, то есть вместо одного сильного лучше приобрести два более слабых обогревателя.

Зависимость мощности от типа помещения и желаемой температуры приведена в таблице 2:

Таблица 2 – Зависимость мощности от типа помещения и желаемой температуры [2]

Тип теплоизоляции помещения	Плотность мощности, Вт/м ²		
	+13°С	+16°С	+19°С
Хорошо утепленное	60	80	100
Слабо утепленное	90	120	150
Неутепленное	200	230	260

Расчет мощности производится таким образом, чтобы покрывать теплотери [2, 3]. Точный расчет тепловой нагрузки сильно зависит от совокупности индивидуальных особенностей помещения, так как нужно компенсировать потери тепла. В частности учитываются:

– тип строения;

- материал стен;
- количество, размеры окон и дверей;
- режим работы (время отопления) в здании;
- воздухообмен и т.д.

Если известна величина теплопотерь постройки, можно воспользоваться формулой для точного расчета:

$$N_b = (0,8) \cdot Q_t,$$

где N_b – искомая теплопроизводительность обогревателей (кВт),

Q_t – теплотери (кВт),

0,8 – коэффициент запаса на случай незапланированных теплопотерь.

После расчета плотности мощности полученное значение умножается на площадь пола и дает общее значение. Соответственно общему значению проводят расчет мощности отдельных инфракрасных обогревателей (путем подбора наиболее подходящих) и их количества. Обогрев лучше производить с двух сторон, то есть вместо одного более сильного лучше приобрести несколько обогревателей меньшей мощности.

Основной характеристикой при расчете является плотность мощности, измеряемая в Вт/м². Она определяется как отношение суммы мощностей установленных обогревателей к площади пола. Расчет мощности обогревателя производят с учетом типа помещения: закрытое или открытое, с хорошей или слабой теплоизоляцией. Также она зависит от предполагаемой температуры, которая должны поддерживать обогревательные приборы.

Для тех, кто пользуется наиболее упрощенными расчетами, специалисты рекомендуют 1кВт мощности на 10м².

Этого будет достаточно для обогрева помещения высотой 3 м с хорошей термоизоляцией [4, 5].

Как рассчитать необходимую мощность инфракрасного обогревателя?

Для этого нам понадобятся некоторые данные. В частности, объём помещения, где будет он установлен. В вашем случае, если принять высоту потолков в кухне за 2,5 м, то её объём равен $V = 12 \times 2,5 = 30$ кв. м.

Следует прикинуть и разницу температур в холодном и нагретом помещении. Предположим, что температура в кухне в зимнее время приблизительно равна 10°, а повысить её желательно до 25°. Тогда разница температур, обозначим её как ΔT , будет равна $25 - 10 = 15$.

Понадобится также коэффициент теплопотерь – К. Его значения выбираем из таблицы, рассчитанной строителями:

- теплоизоляция как таковая отсутствует – $K = 3,0 - 4,0$;
- теплоизоляция минимальная (кладка в один кирпич) – $K = 2,0 - 2,9$;
- теплоизоляция средняя (двойная кирпичная стена) – $K = 1,0 - 1,9$;
- хорошая теплоизоляция – $K = 0,6 - 0,9$.

Примем коэффициент теплопотерь стен за 1,5.

Формула расчета мощности инфракрасного обогревателя будет выглядеть следующим образом:

$$Q = (V \cdot \Delta T \cdot K) : 860.$$

$$\text{В нашем случае: } Q = (30 \cdot 15 \cdot 1,5) : 860 = 0,78.$$

Таким образом, для обогрева кухни в загородном доме понадобится инфракрасный обогреватель мощностью 0,8 кВт.

ВЫВОДЫ

Наиболее современным, экономичным и безопасным является, пожалуй, инфракрасное отопление. ИК-обогреватели идеально подойдут для комнат с высокими потолками, а также для помещений с большой площадью остекления (например, лоджии, зимние сады, оранжереи, теплицы) и помещений с плохой теплоизоляцией.

КПД более 90 %, это обусловлено высоким коэффициентом теплоотдачи и экономичностью: карбон не тратит энергию на испускание света (в отличие от металла).

Углеродное волокно не теряет свойств при длительной работе, молекулы не испаряются, как у нихрома.

Диапазон излучения длинноволновый, отсутствие коротких волн делает обогреватель безопасным для живых организмов.

Изделие безопасно для детей и не создает угрозу пожара, обогреватели бесшумны.

В помещении не выгорает кислород и не сушится воздух.

Таким обогревателем легко управлять, поэтому электроприборы могут быть легко автоматизированы,

Углеродное волокно имеет малый вес, поэтому карбоновые нагреватели относятся к разряду мобильных приборов.

Относительно невысокая цена.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 МЭК 60 364-4-41. Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. ГОСТ 30331.3-95/ГОСТ Р 50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92). <https://online.zakon.kz> > Document.

2 Шапкенов, Б. К. Охрана труда и техника безопасности/для энергетиков Учебник. – Павлодар : ЭКО, 2010. – 514 с. ISBN 978-601-284-002-5.

3 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар,

А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с. ISBN 978-601-238-674-5.

4 Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б. Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей: монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. – Алматы : Эверо, 2016. – 176 с. ISBN 978-601-310-762-2.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, К. М. Дюсенов⁵

Ғарышты жылытуға арналған тиімді инфрақызыл радиаторлар

¹«Alageum Electric» АҚ,

Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²«Казтрансгаз» ЖАҚ,

Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁵Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

А. В. Kaidar¹, М. В. Kaidar², В. К. Shapkenov³, V. P. Markovskiy⁴, К. М. Dyusenov⁵

Efficient infrared radiators for space heating

¹JSC «Alageum Electric»,

Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

²JSC «KazTransGas»,

Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁴L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Мақалада бөлмелерді жылытуға арналған инфрақызыл сәулеленушілер туралы айтылады. Көміртекті қыздыру элементі бар инфрақызыл жылытқыштардың артықшылықтары мен кемшіліктері келтірілген.

Мақалада бөлменің аумағына сәйкес көміртекті жылытқыштардың есептеулері, қосымша жылу көзі ретінде пайдаланылатын инфрақызыл жылытқыштың есебі, жылытқыштардың қуатының бөлме түрі мен қажетті температураға тәуелділігі келтірілген.

The article discusses infrared emitters for heating rooms. The advantages and disadvantages of infrared heaters with a carbon heating element are given.

The article gives calculations of carbon fiber heaters according to the room area, calculation of an infrared heater used as an additional heat source, the dependence of the power of the heaters on the type of room and the desired temperature.

SRSTI 44.29.01

**A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³,
V. P. Markovskiy⁴, L. B. Tyulyuganova⁵**

¹Project manager of JSC «Alageum Electric», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

²Manager of JSC «KazTransGas», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

³Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁴Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁵Doctoral student, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²m.kaidar@amangeldygas.kz;

³argin_intel@mail.ru; ⁴wadim54@mail.ru; ⁵tlb_tore@list.ru

ELECTRICAL SAFETY IN THE DC SYSTEM OF URBAN TRANSPORT

Urban DC traction systems are common mass transport systems employed in many towns worldwide. The terminology used to identify them may vary, the most common terms being: light rail, street car, tram or trolley. We can consider these terms as synonyms.

The article presents the research results:

Ground fault in substation – results.

Earth fault along a line close to the substation – results.

Shorting to ground along a line away from the substation – results.

Fault current for earth fault along the line.

Railway potential for ground fault along the line.

Damage current and rail potential for ground fault along the line.

Keywords: public transport systems, DC systems, electrical safety, ground fault, rail potential, hazardous modes, safety of traction networks of urban transport.

INTRODUCTION

The Traction Electrification System (TES) for trams is usually constituted by:

- power substations, containing transformers, AC/DC converters and protective devices;
- an Overhead Contact System (OCS);

– positive feeder cables, connecting the OCS with the positive busbars in the substations;

– negative return conductors, collecting the return current from the rails and bringing it back to the negative busbar in the substation.

It is worth noting that there is a huge difference between these tram systems, running along public urban streets, in a meshed network, and normal rail systems running on separate rights of way, without public access and with mostly straight sections [1–3]. In the former, in fact, the risk due to electric hazards is higher because of the presence of the public in strict contact with the TES, possibly exposed to dangerous voltages in case of fault. In addition to this, the protection of these systems is more difficult, due to the meshed structure of the network and to the high number of vehicles running at the same time.

MAIN PART

Currents and voltages have been calculated on the simplified circuit, varying the different parameters in the ranges that have been presented in the previous articles [1–3].

In the case of ground fault in the substation, the fault current is injected into the ground through R_{sg} and flows through R_{tg} and the negative conductors back to the rectifier. In the case of ground fault along the line, instead, the fault current flows to the ground through the fault and flows back to the substation through the ground resistance of the rails network R_{tg} , without involving the grounding system of the substation. It was noticed that the value of the current absorbed by vehicles (i.e. the pre-fault condition) does not affect considerably the results of the study.

The same remarks are valid for the length of the negative and positive cables: the variation of the value of R_{-} and R_{+} does not affect considerably the results [4-6]. The main parameters which instead influence the fault current magnitude and the voltages are the resistance R_{tg} of the rails network and the resistance R_{ocs} of the OCS [7–10].

In Fig. 1 a summary of the results for the ground fault in the substation is presented.

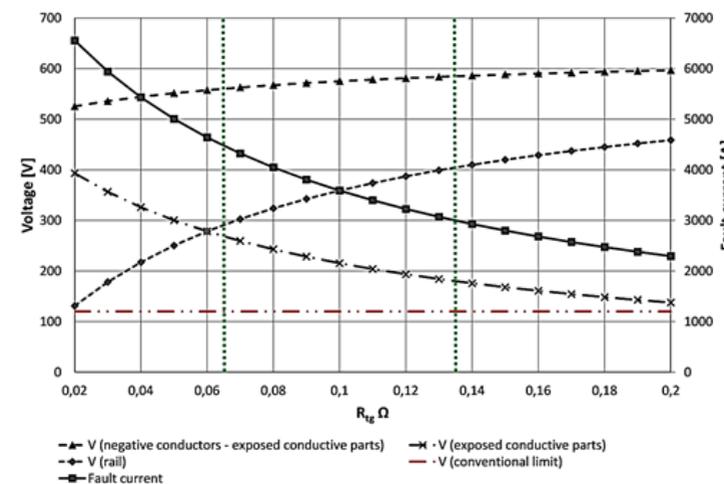


Figure 1 – Ground fault in the substation – results

The fault current can be compared with the settings of the over-current protection to see if it will trip: typical settings of over-current protections are in the range from 3000 A to 4500 A, marked with the green vertical lines in Fig. 1.

On the left side of the vertical lines the circuit breaker trips, while on the right side it does not, as it does not recognize the fault current, leaving dangerous voltages on the exposed conductive parts (ECPs) and between ECPs and return conductors in the substation. Dangerous voltages are also present on the rails, accessible to the public. The conventional limit of 120 V for long-term conditions (to be considered if the circuit breaker does not recognize the fault) is in fact highlighted in the figure with the horizontal red line and for all the range of possible values of R_{tg} the analysed voltages are above this limit.

Also the ground fault along the line has been studied. Two different cases are analysed: a ground fault along the line near the substation and a ground fault along the line far from the substation. In particular in the second case, the resistance of the OCS contributes to the limitation of the fault current, making it difficult for the over-current protection to recognize the fault. The two analysed cases are presented in fig. 2 and fig. 3.

Following the same scheme described before for the ground fault in the substation, we have highlighted also in fig. 6 and fig. 7 the typical setting range of the over-current protections (green vertical lines) and the maximum permissible effective touch voltage (horizontal red line). In the case of fault along the line, the fault currents are higher than in the case of ground fault in the substation, if the fault is close to the substation

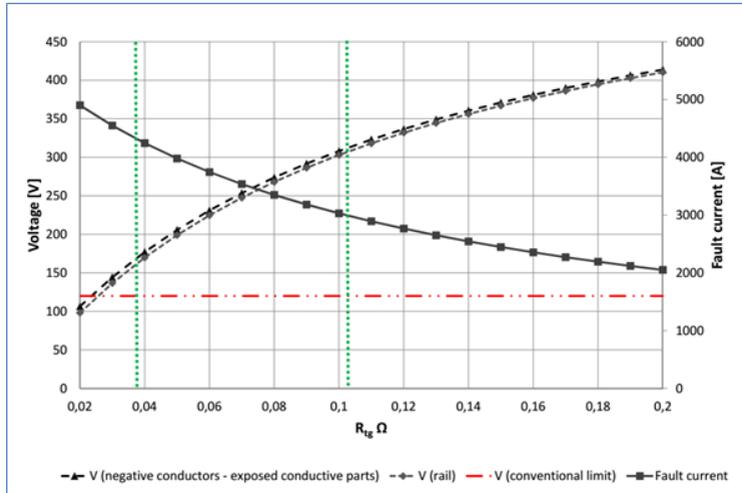


Figure 2 – Ground fault along the line close to the substation – results

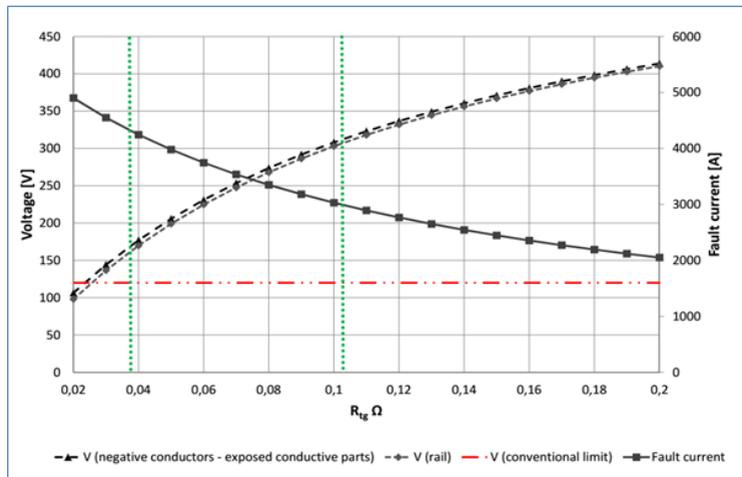


Figure 3 – Ground fault along the line far from the substation – re-sults

itself (fig. 2), as they are not limited by the ground resistance R_{sg} . In case instead the fault is far from the substation, as previously said, the resistance of the OCS strongly limits the fault current. In particular in this case, there are again situations in which the fault current is not big enough for being recognized by the over-current protections, and dangerous

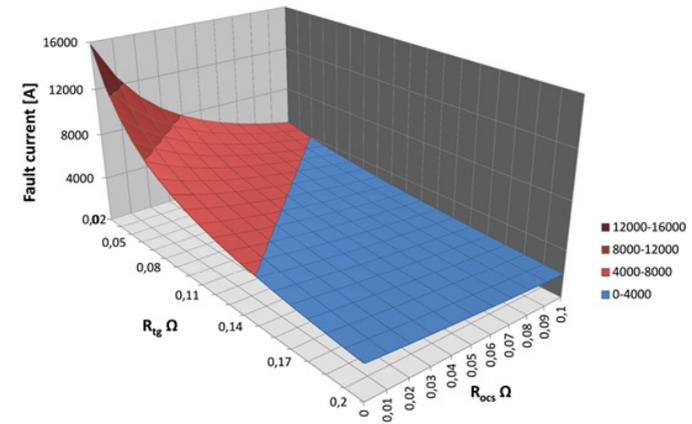


Figure 4 – Fault current for a ground fault along the line

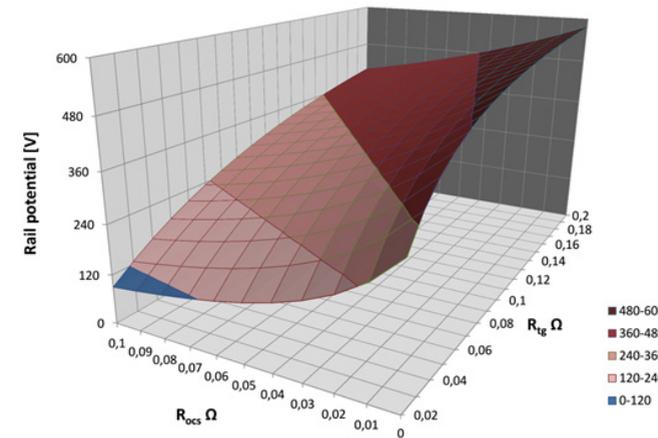


Figure 5 – Rail potential for a ground fault along the line

voltages can last for a long time on the rails and inside the substation between negative conductors and ECPs.

It is interesting to analyse the effect of the variation of the two main parameters, R_{tg} and R_{ocs} , at the same time, on the fault current magnitude and on the rail potential, in case of ground fault along the line.

Fig. 4 shows a 3D representation of the variation of the fault current as a function of R_{tg} and R_{ocs} . If we assume an average setting of the over-current

protection of 4000 A, the circuit breaker will trip if the fault is in the lower (blue) area of the 3D plot. For all the other combinations of R_{ig} and R_{ocs} , the circuit breaker will not detect the fault.

Fig. 5 presents instead a 3D representation of the variation of the rail potential as a function of R_{ig} and R_{ocs} . The 3D plot shows that there is only a small portion of the variation range, the lowest part, coloured in blue, where the rail potential is below the safety limit of 120 V .

It is interesting, at this point, to put together the pieces of information provided separately by fig. 4 and fig. 5. For this purpose, the two colour plots, projected on the R_{ig} - R_{ocs} plane, are superimposed exploiting transparency. The result of the combination of the two figures is presented in fig. 6.

By comparing the fault current magnitude with the setting of the over-current protection and the rail potential with the safety limit, it is possible to identify three different areas, highlighted by the coloured borders in fig. 6:

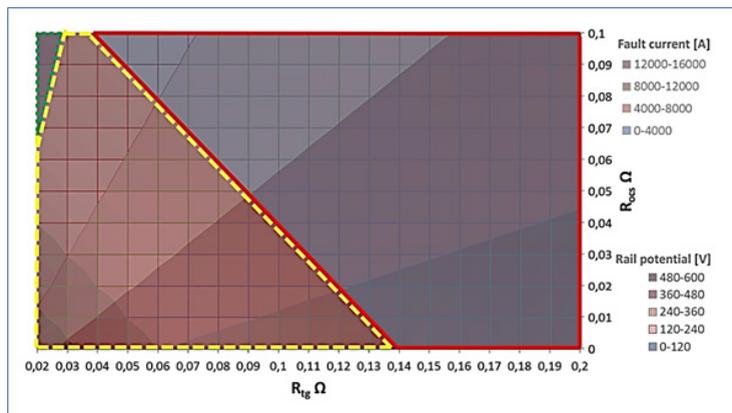


Figure 6 – Fault current and rail potential for a ground fault along the line

- the small area at the top left, surrounded by the green dotted line, where the over-current protection recognizes the fault, where therefore the circuit-breaker trips, even if no dangerous voltages are present because the rail potential is below 120 V;

- the area on the left, surrounded by the yellow dashed line, where dangerous voltages are present because the rail potential is above 120 V and the circuit breaker trips because the fault current is above the setting of the over-current protection;

- the big area on the right, surrounded by the red solid line, where the rail potential is above the safety limit, but the circuit breaker will not trip, as the fault current is too small to be detected by the over-current protection.

Analysing in particular the third area, the one surrounded by the red solid line, it is clear that, in particular in case the ground fault along the line happens far from the substation, dangerous voltages can last for long periods on the rails, accessible to the public, without any tripping of the protections.

CONCLUSION

If only over-current protections are adopted, in urban rail traction systems potentially dangerous situations can be originated. In fact, the ground fault currents can be lower than the protection settings, both for ground faults inside the substations and for ground faults outside the substations, along the line. In these cases dangerous voltages can last for a long time on the rails, accessible to the public, and inside the substations, on exposed conductive parts and between exposed conductive parts and negative conductors. It is therefore of utmost importance that innovative relays are installed and properly set, in order to recognize short circuit currents from normal operation ones.

The analysis that is presented in this paper has been performed considering a negligible fault impedance. In case the fault impedance is not negligible, the fault current could be even smaller, and therefore more difficult to be detected by common over-current protections.

One partial provision that could improve safety, even if not totally sufficient, would be the installation of a voltage limiting device, which connects the grounding system of the substation with the negative conductors in case the voltage between them is above a certain threshold. This provision would certainly be beneficial for the ground fault in the substation, but would be partially beneficial also for the ground fault along the line.

REFERENCES

- 1 Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Zhumadirova, A. K., Gabdulov, A. O., Tyulyugenova, L. B., Shonaev, D. T., Asylova, Zh. E., Asylov, N. E. Modular model structure of multi-motor vehicle// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, – С. 290–295.
- 2 Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Zhumadirova, A. K., Shonaev, D. T., Asylova, Zh. E., Asylov, N. E. Dynamic model of mechanical part of drives in electrical transport// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, – С. 276–290.

3 **Kaidar A. B., Kaidar M. B., Potapenko O. G., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Shonaev D. T., Asylova Zh. E., Asylov N. E.** Dynamic model of electromechanical part of drives in electrical transport // Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, – С. 271–275.

4 Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit Part 1: Protective provisions against electric shock. Standard EN 50122-1, 2012.

5 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с. ISBN978-601-238-674-5.

6 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б.** Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей: монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. – Алматы : Эверо, 2016. – 176 с. ISBN 978-601-310-762-2.

7 **Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Tyulyugenova, L. B., Shonaev, D. T., Asylova, Zh. E., Asylov, N. E.** Aspects on the simulation model of an electric transportation system // Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, – С. 258–270.

8 **Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Шонаев, Д. Т., Асылов, Н. Е., Асылова, Ж. Е., Тюлюгенова, Л. Б.** / Защита тяговых трамвайных сетей// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, – С. 223–230.

9 **Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б.** Проблемы быстрого и селективного отключения токов короткого замыкания в сетях городского электрифицированного транспорта// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., Том19, – С. 168–173.

10 **Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кайдар, А. Б.** / Повышение эффективности инверторов с прямым цифровым управлением //«Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения»: IV Междунар. науч. – практ. конф., посвященная 20 – летию Евразийского национального университета им.

Л. Н. Гумилева/ – Астана, 2016. – с. 308–313. ISBN 978-9965-31-745-3, Ч.1-571 с., ISBN 978-9965-31-746-0.

Material received on 26.03.20.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, Л. Б. Тюлюгенова⁵

Токтатылған тока-транспорта жүйесіндегі электрлік бейімділік

¹«Alageum Electric» АҚ,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» ЖАҚ,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4,5}С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, Л. Б. Тюлюгенова⁵

Электрическая безопасность в системе постоянного тока городского транспорта

¹ЗАО «Алагеум Электрик»,
г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²АО «КазТрансГаз»,
г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

^{3,4,5}Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова,

г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Қалалық DC тартқыш жүйелер – бұл әлемнің көптеген қалаларында орналастырылған қарапайым жаппай көлік жүйесі. Оларды анықтау үшін қолданылатын терминология әр түрлі болуы мүмкін, ең көп кездесетін терминдер: жеңіл рельс, көше автомобильдері, трамвай немесе троллейбус. Біз бұл терминдерді синоним ретінде қарастыра аламыз.

Мақалада зерттеу нәтижелері келтірілген:

Қосалқы станциядағы ақаулық – нәтижелер.

Қосалқы станцияға жақын сызық бойындағы жердің ақауы – нәтижелер.

Қосалқы станциядан біршама қашықтықта жерге түсу – нәтижелер.

Сызық бойындағы жерге тұйықталу ақаулығы

Желінің бойында жердің бұзылуының теміржол әлеуеті.

Желінің бойындағы жердегі ақаулардың ағымдық және рельсті потенциалы.

Городские системы тяги постоянного тока являются распространенными системами общественного транспорта, используемыми во многих городах по всему миру. Терминология, используемая для их идентификации, может варьироваться, наиболее распространенными являются: скоростной трамвай, городской автомобиль, трамвай или троллейбус. Мы можем рассматривать эти термины как синонимы.

В статье представлены результаты исследования:

Результаты замыкания на землю в подстанции.

Результаты замыкания на землю близкой к подстанции.

Результаты замыкания на землю вдоль линии от подстанции.

Ток повреждения для замыкания на землю вдоль линии.

Потенциал для наземного короткого замыкания вдоль линии.

Повреждение тока и потенциала рельса для замыкания на землю вдоль линии.

FTAMP 50.09.45

А. К. Кереев¹, С. К. Атанов²

¹PhD докторант, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010022, Қазақстан Республикасы;

²т.ғ.д., профессор, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010022, Қазақстан Республикасы

e-mail: ¹adiljan@mail.ru; ²atanov5@mail.ru

ҒИМАРАТТАРДА МОБИЛЬДІ ОБЪЕКТІЛЕРДІ НАВИГАЦИЯЛАУ ДӘЛДІГІН АРТТЫРУ ҮШІН КЕҢЕЙТІЛГЕН КАЛМАН ФИЛЬТРІН ҚОЛДАНУ

Бұл мақалада жабық ғимараттарда пайдалануға арналған навигация жүйесі ұсынылған. Жүйе INS (инерциалды навигациялық жүйе) датчигінен алынған ақпаратты RSSI (қабылданған сигнал күшінің индикациясы) көрсеткіштерімен біріктіру жолымен мобильді объектінің орналасуын анықтайды. Навигация жүйесі ақпараттың екі түрін қолданады: инерциалды навигациялық жүйеден алынатын мәліметтер қысқа мерзімде дәлірек, бірақ уақыт өте қателігі өсетіндігімен, ал RSSI негізінде орналасқан орынды бағалау позициялаудың шектеулі қателігімен сипатталады. Осы деректерге Калман фильтрі қолданылуы салдарынан жүйенің дәлдігі арттырылды.

Кілтті сөздер: Жабық ғимараттағы навигация, Калман фильтрі, қабылданатын сигнал деңгейін индикациялау, iBeacon, инерциалды навигациялық жүйе

КІРІСПЕ

Соңғы жылдары ішкі навигация мәселесі зерттеушілер үшін өте қызғылықты болуда, өйткені объектінің (көлік құралының, роботтың) орналасқан жерін білу көптеген қолдану үшін құнды ақпарат болып табылады.

Сонымен қатар, ішкі навигацияға қызығушылық сыртқы орта үшін әзірленген кейбір технологиялар ғимараттың ішінде пайдаланыла алмайтындығынан күшеюде; мысалы, GPS навигациясының дәлдігі (жаһандық позициялау жүйесі) жабық ғимараттарда төмен, өйткені

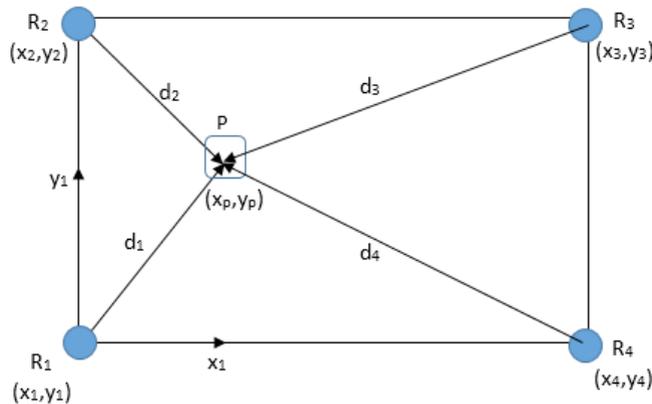
жерсеріктік сигналдар шатыр, еден немесе қабырғалар кедергілеріне байланысты әлсірейді [1, 2, 3, 4].

GPS технологиясы ғимараттарда жұмыс істеу үшін бейімделе алады, бірақ өлшеу уақытын арттыру, дәлдікті төмендету, бағасының жоғарылауы сияқты үлкен шектеулерлерге ие [4, 5, 6].

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

1 RSSI көмегімен орналасуды анықтау. Бұл жұмыста навигация iBeacon маяктарына және локализациялау тәсілі трилатерация алгоритміне негізделген, ол RSSI ақпаратының негізінде есептелген арақашықтықтарды кіріс деректері ретінде пайдаланады. Радиосигналдарға қоршаған орта кедергі тудыруы мүмкін (радиошығындар, шағылысуы), сол себепті RSSI әдісінің басқаларына қарағанда дәлдігі төмен. Орналасудың қолайлы дәлдігін қамтамасыз ететін жүйені алу үшін RSSI деректері INS датчигінің деректерімен біріктірілді.

2D декартты санау жүйесі қарастырылып, онда төрт pnf51822 iBeacon Bluetooth модулі төртбұрыш түрінде орналастырылған.



Сурет 1 – RSSI позициялау негізіндегі арақашықтық

P объектісінің орналасуын анықтау үшін келесідей болжамдар жасалуы қажет [7]:

- a) iBeacon (R₁, ..., R₄) тірек түйіндері бекітілген;
- b) (x_i, y_i), i={1, ..., 4} координаталары бекітілген;
- c) P қабылдаушы түйіні деректерді ең аз дегенде төрт тірек түйіндерінен қабылдауы тиіс.

P тірек нүктесі мен нысанының арақашықтықтығын RSSI мәнімен анықтауға болады [7, 8, 9]:

$$P_r(d) = P_0 + 10n_p \log_{10}(d_0/d) \tag{1}$$

мұндағы P_r – түйіндер арақашықтығы d-ге тең сигнал қуаты,
 P₀ – түйіндер d₀ қашықтықта болған кезде алынған сигнал қуаты,
 n_p – сигналдың таралу тұрақтысы.
 Теңдеу (1) келесі түрге келтіріледі:

$$P_r(d) = -10n_p \log_{10}(d) + A \tag{2}$$

d арақашықтығын келесі қатынастан алуға болады:

$$d = 10^{(A - P_r) / 10n_p} \tag{3}$$

Қабылдаушы түйін P(x_p, y_p) пен тірек түйін R_i(x_i, y_i) арақашықтығы d_i келесі қатынас арқылы өрнектеледі [10]:

$$d_i^2 = (x_i - x_p)^2 + (y_i - y_p)^2 \tag{4}$$

(4) теңдеуді келесі түрде жазуға болады:

$$d_i^2 = x_i^2 + x_p^2 - 2x_i x_p + y_i^2 + y_p^2 - 2y_i y_p \tag{5}$$

Енді (5) теңдеуді басқа k бақылау нүктесіне қатысты қарастырсақ:

$$d_k^2 = x_k^2 + x_p^2 - 2x_k x_p + y_k^2 + y_p^2 - 2y_k y_p \tag{6}$$

(6) теңдеуден (5) теңдеуді алсақ, келесі қатынас шығады:

$$d_i^2 - d_k^2 + x_k^2 + y_k^2 - x_i^2 - y_i^2 = 2(x_k - x_i)x_p + 2(y_k - y_i)y_p \tag{7}$$

i=1 және айнымалы индекс k={2,...,3} деп қарастырсақ, келесі теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{bmatrix} 2(x_2 - x_1) & 2(y_2 - y_1) \\ 2(x_3 - x_1) & 2(y_2 - y_1) \\ 2(x_4 - x_1) & 2(y_2 - y_1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1^2 - d_2^2 + x_2^2 + y_2^2 - x_1^2 - y_1^2 \\ d_1^2 - d_3^2 + x_3^2 + y_3^2 - x_1^2 - y_1^2 \\ d_1^2 - d_4^2 + x_4^2 + y_4^2 - x_1^2 - y_1^2 \end{bmatrix} \tag{8}$$

Р түйінінің (x_p, y_p) координаталарын (8) теңдеулер жүйесін шешу арқылы табуға болады.

2 RSSI/INS деректерін біріктіру

RSSI локализациясының көмегімен алынған түйіндердің орналасуы дәл емес, себебі радиосигнал жабық ғимараттарда кездесетін кейбір факторлармен бұзылуы мүмкін. RSSI-ақпарат негізінде алынған орналасудың қажетті дәлдігін алу үшін INS модулінің орналасу деректерімен біріктіріледі. Бұл екі ақпарат көзі өзара толықтыратын қасиеттерімен сипатталады. INS камтамасыз ететін позициялау мен бағдарлау қысқа мерзімді перспективада дәл болып табылады, бірақ акселерометр мен гироскопиялық датчиктерге әсер ететін ауытқулар әсерінен қателіктер уақыт өте жинақтала бастайды. INS-ке қарағанда, RSSI ақпаратын пайдалану арқылы есептелген қашықтық ұзақ мерзімді перспективада шектеулі қателігі бар, бірақ қысқа мерзімді перспективада дәлдігі төмен болып табылады [11].

2.1 Кеңейтілген Калман фильтрі.

RSSI және INS деректерін біріктіру үшін пайдалануға болатын көптеген әдістер бар. Деректерді біріктіру әдісі ретінде кеңейтілген Калман фильтрі (EKF) таңдалған, себебі бұл әдіс сызықты емес жүйеге оңай қолданылуы мүмкін.

Төменде дискретті динамикалық жүйенің күйін бағалау үшін қолданылатын EKF қысқаша сипаттамасы берілген [2]:

$$\begin{aligned} x_k &= f(x_{k-1}, u_k, w_{k-1}) \\ z_k &= h(x_k, v_k) \end{aligned} \quad (9)$$

мұндағы x_k – күй векторы,

u_k – басқару жүйесінің кірісі,

w_k – процесс шуы,

z_k – жүйе шығысы,

v_k – өлшеу шуы.

Алгоритм екі қайталанатын фазадан тұрады: болжау, мұнда жүйенің келесі күйі болжанады және түзеу, мұнда жүйе шығысында алынған өлшеулер негізінде болжанған жүйенің күйіне түзетулер енгізіледі [13, 14].

«Болжау» фазасында \hat{x}_k^- (априори күйін бағалау) және P_k^- (қатенің ковариантностілігін болжау) келесі қатынастардан алуға болады [4]:

$$\begin{aligned} \hat{x}_k^- &= f(\hat{x}_{k-1}, u_k, 0) \\ P_k^- &= A_k P_{k-1} A_k^T + W_k Q_{k-1} W_k^T \end{aligned} \quad (10)$$

мұндағы, $A_k - f$ -ның x -ке қатысты яacob матрицасы, келесі қатынаспен анықталады:

$$A_k = \frac{\delta f}{\delta x}(\hat{x}_{k-1}, u_k, 0) \quad (11)$$

$W_k - f$ -ның w -ке қатысты яacob матрицасы, келесі қатынаспен анықталады:

$$W_k = \frac{\delta f}{\delta w}(\hat{x}_{k-1}, u_k, 0) \quad (12)$$

$Q_k - w_k$ шуының ковариациялық матрицасы, а P_k – жүйе шығысындағы v_k шуының ковариациялық матрицасы.

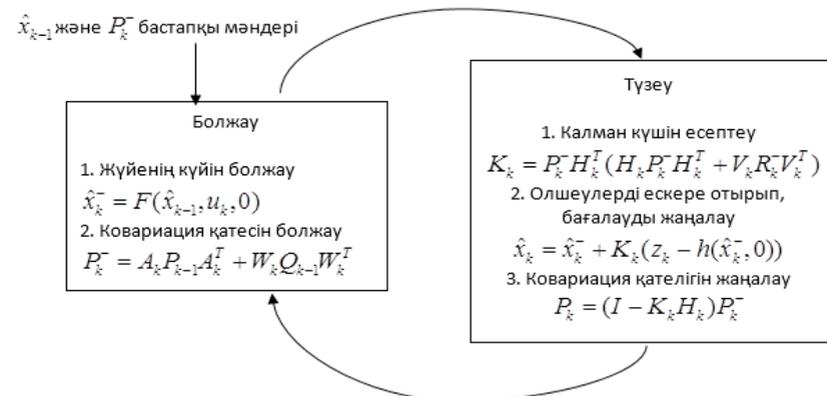
«Түзеу» фазасында жүйенің кейінгі күйін келесі байланыстарды қолдана отырып есептеуге болады:

$$\hat{x}_k^- = f(\hat{x}_k^- + K_k(z_k - h(\hat{x}_k^-, 0))) \quad (13)$$

мұндағы K_k – Калмана күші, ол келесі қатынастармен анықталады:

$$K_k = P_k^- H_k^T (H_k P_k^- H_k^T + V_k R_k^- V_k^T)^{-1} \quad (14)$$

Кеңейтілген Калман фильтрі алгоритмінің принциптері 2 суретте ұсынылған [16].



Сурет 2 – Кеңейтілген Калман фильтрінің алгоритмі

2.2 Жүйенің динамикалық моделі

Жүйелік координаталармен және x, y осьтерінің бойындағы жылдамдықтармен анықталатын динамикалық модельдің күй векторын қарастырайық. Жүйенің бір күйден екіншісіне ауысуы келесі қатынас арқылы көрсетілуі мүмкін:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ u \\ v \end{bmatrix}_{k+1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & T & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ u \\ v \end{bmatrix}_k \quad (15)$$

Алдыңғы бөлімнен RSSI әдісі арқылы координаттарды (x, y) есептеуге болатынын білеміз. Осы себепті $(x, y)^T$ шығыс векторы деп есептейміз. Жүйенің шығыс деректері келесі қатынас түрінде өрнектеледі:

$$z_k = \begin{bmatrix} x \\ u \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ u \\ v \end{bmatrix}_k \quad (16)$$

(15)және (16) динамикалық жүйенің өту және өлшеу матрицаларын оңай анықтауға болады:

$$A_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & T & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad H_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (17)$$

мұндағы, T – шамалық период.

Кеңейтілген Калман фильтрінің күйі бұрын анықталған динамикалық жүйенің күй векторындағы қателерді білдіреді деп есептейміз. Калман фильтрінің динамикасы келесі қатынаста көрінеді:

$$\begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta u \\ \delta v \end{bmatrix}_{k+1} = A_k \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta u \\ \delta v \end{bmatrix}_k \quad (18)$$

(18) тендеуі динамикалық жүйенің қателігі жағдайын априори қалай болжауға болатынын сипаттайды.

3 Эксперимент нәтижелері

Орналасуды анықтау алгоритмі қосымша INS датчиктерімен жабдықталған Arduino Uno мобилді түйінін және маяк (бекітілген тірек нүктесі) ретінде пайдаланылатын iBeacon стационарлық түйінін пайдалана отырып, жүзеге асырылды.

Навигация жүйесін іске асыруда қолданылатын төрт тірек нүктелері – nrf51822 iBeacon модулінен және батареядан тұрады.

Мобильді түйін келесі аппараттық компоненттерден тұрады: Arduino Uno микроконтроллерінің платасы, IMU модулі (инерциалды-өлшеу модулі) және литий-полимерлі 2-элементті батарея.

Эксперимент барысында RSSI мәні мен қозғалмайтын тірек нүктелерімен мобилді түйін арақашықтықтары арасындағы байланыс анықталды. Бұл байланысты табу үшін бөлменің бірнеше орындарында орташа RSSI мәндері өлшенді. Нәтижелер 1-кестеде келтірілген.

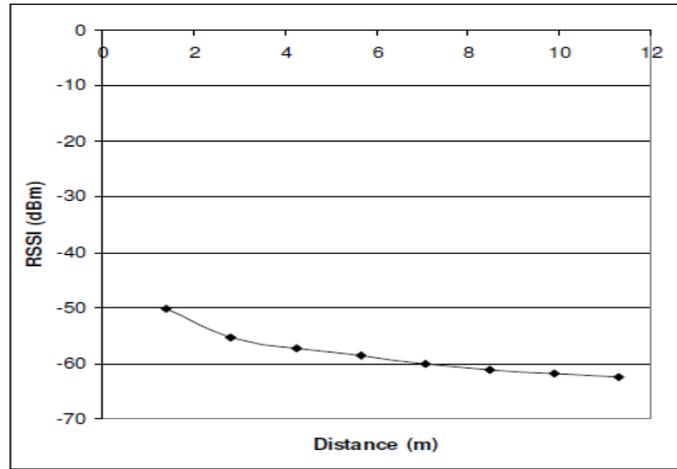
Кесте 1 – RSSI өлшеулері

X_pos(m)	Y_pos(m)	Арақашықтық (м)	RSSI
1	1	1.41	-51.17
2	2	2.82	-54.97
3	3	4.24	-57.08
4	4	5.65	-58.81

Эксперименттік деректерді пайдалана отырып, RSSI мен арақашықтық арасындағы келесі байланыс анықталды:

$$RSSI(d) = -11.85 \log_{10}(d) - 48.82 \quad (19)$$

Сонымен қатар, RSSI мәні мен арақашықтық арасындағы байланыс 3 суреттегідей графикамен бейнелеуге болады:



Сурет 3 – Арақашықтық және RSSI мәндері арасындағы байланыс

Деректерді біріктіру алгоритмі Matlabsimulink ортасында тексерілді. Мобилді түйін тұрақты үдеумен жазықтықта қозғалады деп есептелді. Объектінің қозғалыс жылдамдығы мен жағдайы келесі дифференциалдық теңдеулерді пайдалана отырып есептеледі [15]:

$$\begin{aligned} \dot{u} &= a_x & \dot{x} &= v \\ \dot{v} &= a_x & \dot{y} &= u \end{aligned} \quad (20)$$

INS-да қолданылатын акселерометрлер үшін өлшеудің келесі арақатынасы қарастырылды:

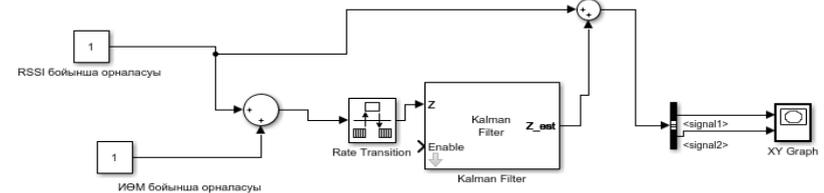
$$\begin{aligned} a_{x_imu} &= a_x + w_{acc} \\ \dot{u} &= a_x \end{aligned} \quad (21)$$

мұндағы $w_{acc} - \sigma^2 = 2 mg$ дисперсиялы датчиктің ақ шуы.

Сондай-ақ, RSSI көрсеткіштерінің көмегімен анықталған орналасуға (22) теңдеуде сипатталғандай 2 m дисперсиялы және нөлдік орташа мәні бар ақ шу әсер ететіндігін ескердік.

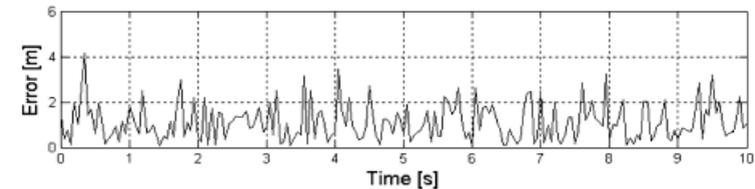
$$\begin{aligned} x_{RSSI} &= x + w_{RSSI} \\ y_{RSSI} &= y + w_{RSSI} \end{aligned} \quad (22)$$

4-суретте RSSI және IMU ішкі модульдерінен алынған деректерді біріктіретін Қалман фильтрін іске асыратын Simulink блок-схемасы көрсетілген.



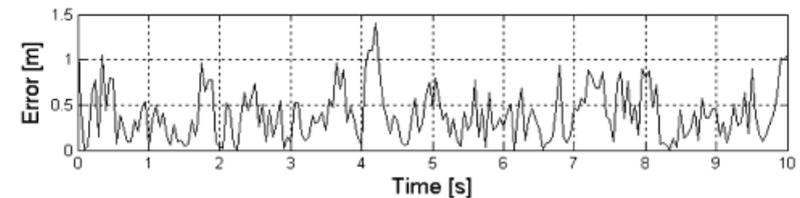
Сурет 4 – Матлаб/Симулинк ортасында Калман фильтрін қолдану

Төмендегі 5-суреттен RSSI мәндерін ғана пайдалана отырып іске асырылған локализация алгоритмі төмен дәлдікке ие; есептік орын мен нақты орын арасындағы ең үлкен қашықтық 4 метрді құрайтындығын көруге болады.



Сурет 5 – Орналасуды анықтауда RSSI қателігін бағалау

Орыналасуды анықтаудың ұсынылған алгоритмінің нәтижесін 6-суреттен көруге болады. Есептік позицияның дәлдігі екі ақпарат көзін (RSSI және INS) пайдалану есебінен жоғарылайды.



Сурет 6 – Орналасуды анықтауда ұсынылған жүйе қателігін бағалау

ҚОРЫТЫНДЫ

Қабылданған сигнал деңгейі (RSSI) негізінде орналасуды анықтау – сымсыз сенсорлық желілерде объектілердің орнын анықтау үшін негізгі әдіс болып табылады. Алайда, RSSI негізіндегі әдістердің дәлдігі төмен. Бұл мақалада Bluetooth және ИНС негізіндегі навигация жүйесін сипатталды, Bluetooth құрылғыларына бір-бірімен өзара әрекеттесу және басқа Bluetooth құрылғыларының сигнал деңгейлерінің көрсеткіштерін пайдалану арқылы мобилді түйіннің орналасуын анықтау эксперименттерінің нәтижелері ұсынылды. Орналасуды анықтау дәлдігін арттыру үшін кеңейтілген Қалман фильтрі қолданылды.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Дэвидсон, П.** Навигационный алгоритм с использованием планов зданий и данных автономных датчиков / П. Дэвидсон, М. Киркко-Яаккола, Ю. З. Коллин, Я. Такала. // Гирокоспия и навигация. – 2015. – № 1. – С. 29–42.

2 **Киричек, Р. В.** Эволюция исследований в области беспроводных сенсорных сетей / Киричек, Р. В., Кучерявый А. Е., Парамонов А. И., Прокопьев А. В. // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2014. – № 4. – С. 29–41.

3 **Zhao, X.** Does BTLE measure up against wifi? A comparison of indoor location performance / Zhao X., Xiao Z., Markham A., Trigoni N., Ren Y. // In Proceedings of the European Wireless 2014 20th European Wireless Conference, – Barcelona, Spain. – 2014. – p. 263–268.

4 **Faragher, R.** Location fingerprinting with bluetooth low energy beacons./ Faragher R., Robert H. // IEEE J. Sel. Areas Commun. – 2015. – № 33, – p. 2418–2428.

5 **Suining, H.** Tilejunction: Mitigating signal noise for fingerprint-based indoor localization / Suining H., Chan S. // Tilejunction: IEEE Trans. Mob. Comput. – 2016. – № 15. – p. 1554–1568.

6 **Danis, F. S.** Model-Based Localization and Tracking Using Bluetooth Low-Energy beacons/ Danis, F.S. Cemgil, A.T. // Sensors. – 2017. – № 17. – p. 2484.

7 **Cabarkapa, D.** Comparative Analysis of the Bluetooth Low-Energy Indoor Positioning systems Cabarkapa D., Grujic I., Pavlovic P. // In Proceedings of the 12th International Conference on Telecommunication in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS), – Nis, Serbia. – 2015. – p. 76–79.

8 **Neburka, J.** Study of the Performance of RSSI Based Bluetooth Smart Indoor Positioning / Neburka J., Tlamsa Z., Benes V., Polak L., Kaller O., Bolecek L., Sebesta J., Kratochvil T., // In Proceedings of the 26th International

Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA). – Kosice, Slovakia. – 2016. – p. 121–125.

9 **Ou, C. Z.** Brain Computer Interface-based Smart Environmental control system / Ou C. Z., Lin B. S., Chang C. J., Lin C. T. // In Proceedings of the International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing IEEE Computer Society. – Piraeus, Greece. – 2012. – p. 281–284.

10 **Huh, J.–H.** Advanced metering infrastructure design and test bed experiment using intelligent agents: Focusing on the PLC network base technology for Smart Grid system./ Huh J.–H., Otgonchimeg S., Seo K. // J. Supercomput. – 2016. – № 72. – p. 1862–1877.

11 **Kang, J.** RSS Self-calibration Protocol for WSN Localization/ Kang J., Kim D., Kim, Y. // In Proceedings of the IEEE 2nd International Symposium on Wireless Pervasive Computing. – San Juan, Puerto Rico. – 2007. – p. 181–184.

12 **Bu, Y.** A study of enhancement of ranging performance of beacons through improvement of the smart phone's gyroscope: Focusing on the Bluetooth low energy / Bu Y., Seo K., Huh J.–H. // In Proceedings of the 11th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ACM IMCOM). – Bepu, Japan. – 2017. – № 1. – p. 90.

13 **Кереев, А. К.** Микроконтроллерде шикі мәліметтерді деңгейлестіру/ Кереев А. К., Атанов С. К., Оспанов Е. А. // Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университетінің хабаршысы. – 2019. – № 2(84). – Б. 145–149.

14 **Кереев, А. К.** Жерсеріктік навигациялық жүйелердің дәлдігін арттыруда мәліметтерді деңгейлестіру әдістерін қолдану / Кереев А. К., Атанов С. К., Оспанов Е. А. // Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы. – 2019. – № 1(85). – Б. 64–68.

15 **Кереев, А.К.** Орналасуды анықтауда инерциялық навигациялық жүйелердің қолданылуы / Кереев А. К. // «Қозыбаев оқулары-2018: Еуразиялық әлеует және жаһандық сын-қатерлер жағдайындағы жаңа даму мүмкіндіктері» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияның материалдары. – Петропавл, 2018. – Б. 263–266.

16 **Phil Kim.** Kalman Filter for Beginners: with MATLAB Examples. – South Carolina: CreateSpace Independent Publishing Platform. – 2011. – p. 234.

A. K. Kereev¹, S. K. Atanov²

Использование расширенного фильтра Калмана для повышения точности навигации мобильных объектов в помещении

^{1,2}Факультет информационных технологий,
Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
г. Нур-Султан, 010022, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 26.03.20.

A. K. Kereev¹, S. K. Atanov²

Using an extended Kalman filter to improve the accuracy of mobile objects navigation indoors

^{1,2}Faculty of Information Technologies,
L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, 010022, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

В данной статье представлена система навигации, предназначенная для использования в закрытых помещениях. Система определяет положение мобильного объекта путем слияния информации, полученной от датчика INS (инерциальная навигационная система) с показаниями RSSI (индикация силы принятого сигнала). Положение, оцениваемое фильтром Калмана, имеет повышенную точность, поскольку система навигации сочетает в себе два типа информации с дополнительными свойствами: считывание из INS является кратковременным точным с неограниченной возрастающей ошибкой, а оценка местоположения на основе RSSI характеризуется ограниченной ошибкой позиционирования.

This article presents a navigation system designed for indoor use. The system determines the position of the mobile object by merging the information received from the INS sensor (inertial navigation system) with the RSSI readings (received signal strength indication). The position estimated by the Kalman filter has increased accuracy because the navigation system combines two types of information with additional properties: reading from INS is short-term accurate with unlimited increasing error, and RSSI-based location estimation is characterized by limited positioning error.

Б. Т. Мәкен¹, А. Б. Уахитова²

¹магистрант, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы;

²т.ғ.к., қауымд. профессор, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы

E-mail: ¹bmaken@inbox.ru; ²a.uakhitova@mail.ru

ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ТҰТЫНУЫН БОЛЖАУ

Бұл мақалада электр тұтынуды болжау мәселелері қарастырылады. Жұмыста нейрондық технология негізінде электр энергиясын тұтынуды болжау моделін құрудың негізгі кезеңдері ұсынылған. Модельді құру кезінде: электр тұтынуды болжау моделінің сапасына әсер ететін факторларға талдау жүргізу; кіріс параметрлерін таңдау; бағдарламалық қамтамасыз етуді таңдау; нейрондық желі негізінде модель әзірлеу; желіні оқыту; нейрондық желі жұмысын бағалау; электр энергиясын тұтынуды болжауды жүзеге асыру және нәтижелерді бағалауды жүргізу қажет. Нейрондық технология негізінде жүктемені болжау әдістерін қолдану электр тұтыну болжамының шынайылығы мен сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: электр тұтынуды болжау, жасанды нейрондық желілер, жүктеме, болжау әдістері.

КІРІСПЕ

Нарықтық экономика жағдайында электр энергетикалық жүйенің оңтайлы режимі мен сенімділігін жоспарлаудың дәлдігін арттыру мақсатында жоғары дәрежелі дәлдікті электр тұтынуды болжау үшін әдістер мен тиісті бағдарламаларды әзірлеу міндеті өзекті болып табылады. Қазіргі уақытта жасанды интеллект теориясының дамуымен электр энергиясын тұтынуды болжау есебін шешу жасанды нейрондық желілердің (ЖНЖ) көмегімен ұсынылады. Нейрондық желілер негізінде жүктемені қысқа мерзімді болжау әдісі ең дәл және перспективалы болып табылады. «Классикалық әдістермен» салыстырғанда нейрондық желілердің артықшылығы кіріс айнаымалылары арасындағы күрделі сызықты емес тәуелділікті сипаттау болып табылады. Нейрондық желінің маңызды қасиеті – барлық нейрондармен бір уақытта

ақпаратты параллель өңдеу. Нейрондық желіге нейрондарды біріктірудің көптеген жолдары белгілі. Жүктеменің ең дәл болжамы нейрондық желілерімен тікелей тарату әдісімен орындалады [1].

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Электр энергиясын тұтынуды болжау үшін модель құрудың негізгі кезеңдерін әзірлеу қажет. 1-суретте нейрондық технологиялар негізінде модель құрудың негізгі кезеңдері келтірілген.

1) Бірінші кезеңде электр тұтынуды болжау моделдерінің сапасына әсер ететін факторларға талдау жүргізу қажет. Қазіргі уақытта нейрондық желіні бастапқы оқыту үшін кіріс параметрлерінің оңтайлы жиынтығын анықтау қиындығы байқалады. Кіріс айнымалылары сараптамалық бағалау негізінде, осы энергия жүйесін пайдалану тәжірибесі негізінде таңдалады. Сонымен қатар, болжамдық модельдің сапа деңгейі кіріс айнымалылары арасындағы тәуелділікті таңдауға және орнатуға тікелей байланысты.



Сурет 1 – жасанды нейрондық желі моделін құру кезеңдері

Осылайша, желіні оқыту басталғанға дейін жасанды нейрондық желілерді оқыту уақытын және модельді тексеру айтарлықтай қысқарту және оқытылған модельді болжаудың дұрыстығын арттыру үшін кіріс деректерінің оңтайлы жиынтығын таңдауды орындау қажет.

Бұл жерде қоршаған ауаның орташа температурасының жүйедегі электр энергиясын тұтыну шамасына әсерін ескеру қажет. Жалпы сипаттамаларда орташа температура шамасының өсуімен энергия жүйесіндегі тұтыну деңгейі төмендегенін атап өтуге болады. Бұл өндірістік және тұрғын үй-жайлардың жылу мұқтажықтарына жұмсалатын энергия шығынынан туындайды. Сонымен қатар, қоршаған орта ауа температурасының тиісті өзгеруінен кейін бірнеше тәулік ішінде энергия тұтыну деңгейінің өсуі / кемуінен көрінетін осы тәуелділіктің инерциондылығын атап өту қажет.

2) Бұдан әрі алынған деректер бойынша қысқа мерзімді болжамдау үшін кіріс параметрлерін таңдау қажет, мысалы, қоршаған ортаның орташа температурасы, апта үшін деректер, электр энергиясын тұтынудың нақты параметрлері және т.б.

3) Бағдарламалық қамтамасыз етуді таңдау кезінде бағдарламаның артықшылықтары мен кемшіліктерін ескеру қажет. Электр энергетикасында электр тұтынуды болжау міндеттерін шешу үшін уақытша қатарларды болжаудың статистикалық және нейрожелілік әдістеріне негізделген әртүрлі бағдарламалық кешендер кеңінен қолданылады. Жасанды нейрондық желілер базасында болжамды модельдерді құруға мүмкіндік беретін көптеген бағдарламалық кешендер бар. Осындай бағдарламалық өнімдердің бірі – STATISTICA. Осы бағдарламалық пакеттің артықшылықтарына мыналарды жатқызуға болады: толық орыс тілінде қолдану интерфейсі; интерфейсін визуализациясының жоғары деңгейі, сондай-ақ зерттеушіден ЖНЖ теориясын кәсіби түрде білуді талап етпейтін жасанды нейрондық желі құру, оқыту және тестілеу процесінің қарапайымдылығы мен түсініктілігі; автоматтандырылған нейрондық желі функциясының болуы нақты қойылған міндетке сүйене отырып, «сынамалар мен қателер» жолымен ең жақсы модельді ұзақ іздемей-ақ, желінің оңтайлы нұсқасын таңдауға мүмкіндік береді; C, C++, C#, Java тілдерінде бастапқы кодты құру мүмкіндігі. Алайда, жоғарыда аталған барлық артықшылықтарға сәйкес, бұл бағдарламалық кешен айтарлықтай кемшілікке ие, атап айтқанда, бағдарламалық қамтамасыз етудің өзінің қымбатшылығы және осы кешенмен жұмыс істеуді үйретудің жоғары құны.

Сондай-ақ, ЖНЖ құру мәселесін шешу үшін ашық бағдарламалық қамтамасыз ету – Fast Artificial Neural Network бағдарламалық кешені пайдаланылуы мүмкін. Осы бағдарламалық ортада жұмыс істеу үшін C#, Java, C++, PHP қоса алғанда, 20 бағдарламалау тіліне дейін қолданылуы

мүмкін. Оның басты артықшылығы оның қол жетімділігі болып табылады, алайда бағдарламаны пайдаланушыдан әр түрлі ЖНЖ модельдерін құру үшін бағдарламалау тілдерін жоғары деңгейде меңгеруді талап етеді, бұл ИНС құру, оқыту және тестілеу процесін едәуір қиындатады.

ЖНЖ негізінде болжау моделін құру үшін MATLAB бағдарламалық өнімі таңдалуы мүмкін. MATLAB құрамына ЖНЖ құру және оқыту үшін Neural Network Toolbox модулі кіреді.

Осы бағдарламалық пакеттің артықшылықтарына мыналарды жатқызуға болады: ЖНЖ архитектурасының әртүрлі түрлерін, сондай-ақ оқыту алгоритмдерін кең таңдау, бұл қойылған практикалық міндеттерге сүйене отырып, неғұрлым парапар нейрондық желіні құруға мүмкіндік береді; әртүрлі нейрондық желілерді бір-бірімен қосу мүмкіндігі, бұл соңғы шығу параметрлеріне бірнеше факторлардың әсерін ескеретін ЖНЖ құруға мүмкіндік береді; жасанды нейрондық желінің бастапқы кодын генерациялау мүмкіндігі; пайдаланушылардың кең ауқымы үшін бағдарламалық кешеннің қол жетімділігі.

4) Келесі кезеңде нейрондық желі негізінде электр энергиясын болжау моделін жасап, желіні оқыту керек. Нейрондық желіні оқыту үшін ең алдымен жаттығу үлгісін қалыптастыру қажет. Оқу үлгісі неғұрлым үлкен болса, модель дәлірек болады. Сонымен қатар, сынама мөлшерінің шамадан тыс артуы ЖНЖ-ны оқыту процесінің кешеуілдеуіне әкеледі. Қазіргі уақытта жеткілікті үлгінің мөлшерін белгілеуге болатын әмбебап ереже жоқ. Көптеген зерттеулерде ЖНЖ-ның (w_{ij} , w_{jk}) реттелетін параметрлерінің санынан асатын үлгілердің санын кемінде екі есе пайдалану ұсынылады. Басқа жұмыстарда, керісінше, олар салмақтың саны w_{ij} , w_{jk} үлгі өлшемінен көп болуы керек деп айтады. Сондықтан бұл мәселені эксперименттік жолмен шешкен дұрысырақ [4].

ЖНЖ оқыту үшін екі алгоритм таңдалуы мүмкін, олар уақытша қатарларды болжау кезінде жиі қолданылады. Бірінші Левенберг-Марквардтың алгоритмі, ол ең төменгі орташа квадраттық қателікке негізделген. Желіні оқыту оның азаюын тоқтатқан кезде үзіледі. Бұл оқу алгоритмінің артықшылықтарына оқытудың жылдамдығына және орташа квадраттық қателікке жатқызуға болады. Байес реттеуіне негізделген ЖНЖ – алгоритм оқытудың екінші алгоритмі. Бұл алгоритмнің мәні синаптикалық функциялар таразысының өзгеруі ең аз орташа квадраттық қатеге жеткенде тоқтатылады. Бұл алгоритм бойынша оқыту Левенберг-Марквардт алгоритмімен салыстырғанда көп уақыт алады, бірақ бұл ретте ең төменгі орташа квадраттық қатеге жетеді. Сонымен қатар, уақытша қатарларды болжау кезінде тестілік таңдаудағы қате оқытушыға қарағанда аз болады [5].

5) Нейрондық желіні бағалау кезінде желіні оқыту процесіне талдау жасау керек: орташа шығындық қатені талдау, қателер гистограммасын

талдау және регрессия графигін талдау. Нәтижесінде қанағаттанғысыз болған жағдайда желінің кіріс параметрлерін нақтылау қажет.

6) Қанағаттанарлық нәтижелер кезінде электр энергиясын тұтынуды болжауды жүргізу және алынған нәтижелерді нақты және болжамды кестелерді салыстыра отырып бағалау қажет.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыста электр энергиясын тұтынуды болжау үшін жасанды нейрондық желі моделін құру кезеңдері ұсынылған. Негізгі кезеңдер электр тұтынуды болжау үлгілерінің сапасына әсер ететін факторларға талдау жасау, кіріс параметрлерін таңдау, бағдарламалық қамтамасыз етуді таңдау, нейрондық желі негізінде модель жасау, желіні оқыту, нейрондық желіні бағалау, электр энергиясын тұтынуды болжауды жүзеге асыру және нәтижелерді бағалауды жүргізу қажет.

Нейрондық технология негізінде жүктемені болжау әдістерін қолдану электр тұтыну болжамының шынайылығы мен сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Демек, энергия жүйесінің оңтайлы режимін жоспарлау дәлдігі, сондай-ақ электр энергиясымен үздіксіз қоректендіру тұрғысынан электр энергетикалық жүйенің сенімділігін арттыру жақсарды.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Алексеева, И. Ю.** Повышение надежности электроэнергетических систем на основе нейронных технологий // ЭСИА. № 3(32). 2016. – С. 15–19.

2 **Рахманов, Н. Р.** Использование искусственных нейронных сетей для краткосрочного прогнозирования нагрузки и расхода топлива в энергосистеме / Н. Р. Рахманов, Н. А. Юсифов, С. Т. Кулиева, И. Б. Мешкин // Проблемы энергетики. № 3. 2003. – 8 с.

3 **Ringwood, J. V.** Forecasting Electricity Demand on Short, Medium and Long Time Scales Using Neural Networks / J. V. Ringwood, D. Bofelli, F. T. Murray // Journal of Intelligent and Robotic Systems 31:129–147, 2001. – P. 129–147.

4 **Бураков, М. В.** Нейронные сети и нейроконтроллеры: учебное пособие. – Санкт-Петербург : ГУАП, 2013. – 284 с.

5 **Рузанов, Р. В.** Повышение эффективности работы энергосбытовой компании на оптовом рынке электроэнергии и мощности // Магистерская диссертация. – Тольятти : Тольяттинский государственный университет. 2016. – 98 с.

Б. Т. Мәкен¹, А. Б. Уахитова²

Прогнозирование потребления электрической энергии

^{1,2}Энергетический факультет,
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 26.03.20.

B. T. Maken¹, A. B. Uakhitova²

Electric power consumption forecasting

^{1,2}Energy Faculty,
S. Seifullun Kazakh Agro Technical University,
Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

В данной статье рассматриваются вопросы по прогнозированию электропотребления. В работе предложены основные этапы построения модели прогнозирования потребления электрической энергии на основе нейронной технологии. При построении модели необходимо: произвести анализ факторов, влияющих на качество моделей прогнозирования электропотребления; произвести выбор входных параметров; осуществить выбор программного обеспечения; разработать модель на основе нейронной сети; произвести обучение сети; оценить работу нейронной сети; осуществить прогнозирование потребления электроэнергии и произвести оценку результатов. Применение методов прогнозирования нагрузки на основе нейронной технологии позволит повысить достоверность и качество прогноза электропотребления.

The questions related to power consumption forecasting presented in this paper. The main stages of constructing a model for predicting the consumption of electric energy based on neural technology are proposed. When building a model, it is necessary: to analyze the factors affecting the quality of models for forecasting power consumption; make a selection of input parameters; make a choice of software; to develop a model based on a neural network; make network training; evaluate the operation of the neural network; to forecast energy consumption and evaluate the results. The use of load forecasting methods based on neural technology will improve the reliability and quality of the forecast of power consumption.

Ю. П. Макушев¹, Т. А. Полякова², В. В. Рындин³

¹к.т.н., доцент, Факультет «Автомобильный транспорт», Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), г. Омск, 644080, Российская Федерация;

²к.пед.н., доцент, кафедра «Физика и математика», Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), г. Омск, 644080, Российская Федерация;

³к.т.н., профессор, кафедра «Механика и нефтегазовое дело», Факультет Металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹makushev321@mail.ru; ²ta_polyakova@mail.ru; ³r Vladvit@yandex.kz

ПОСТРОЕНИЕ ЭПИТРОХОИДЫ РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ ГРАФИЧЕСКИМ И РАСЧЕТНЫМ МЕТОДАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ MATHCAD

Рассмотрены особенности конструкции и принципа действия роторно-поршневого двигателя Ванкеля. Приведена методика графического и расчетного построения цилиндра роторно-поршневого двигателя, имеющего кругообразную форму, поверхность которого выполнена по эпитрохоиде. Предложена система уравнений, позволяющая определять положение точек эпитрохоиды в зависимости от радиусов начальной образующей эпитрохоиды, зубчатого колеса, неподвижной шестерни и эксцентриситета. Рассмотрена возможность использования системы Mathcad с целью расчёта эпитрохоиды, её исследования и графического построения.

Ключевые слова: роторно-поршневой двигатель, эпитрохоида, зубчатое колесо, обкатываемая шестерня, система Mathcad, расчёт.

ВВЕДЕНИЕ

Первый работоспособный роторно-поршневой двигатель (РПД) был создан Феликсом Ванкелем (ФРГ) в 1957 г. Двигатели данной конструкции рекомендуется применять в технике с малой мощностью. Они не имеют поступательно-движущихся частей (в отличие от поршневых ДВС), могут работать при больших частотах вращения вала, имеют малую массу. Поэтому

РПД при равной мощности обычно легче и компактнее обычных поршневых двигателей.

Исследованию РПД посвящено ряд научных работ. В работе [1] приводится кинематический и динамический анализ на основе векторной модели механизма двигателя Ванкеля. Автор проводит сравнительный анализ динамики двигателя Ванкеля и кривошипно-шатунного механизма поршневого двигателя внутреннего сгорания.

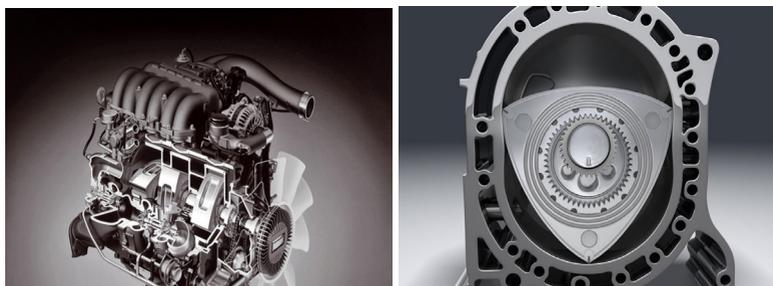


Рисунок 1 – Общий вид РПД и расположение ротора в цилиндре

На рисунке 1 показан общий вид РПД и расположение ротора в цилиндре с каналами системы охлаждения. Цилиндр имеет кругообразную форму, поверхность которого выполнена по эпитрохоиде. Неподвижная шестерня малого диаметра (число зубьев 34) закреплена к крышке корпуса двигателя, а в ее внутреннее отверстие входит вал отбора мощности.

Вал имеет эксцентрик с диаметром окружности больше, чем диаметр вала. На эксцентрик (круглого сечения) насажен ротор с тремя вершинами. В центре ротора закреплено зубчатое колесо (число зубьев 51), которое входит в зацепление с неподвижной шестерней ($51/34 = 3/2$). Меньшее из пары зубчатых колес называют шестерней, а большее – колесом [2, 3]. Для уплотнения ротора в цилиндре применяют радиальные пластины и торцевые уплотнения [4]. Все детали уплотнения прижимаются к поверхности корпуса пластинчатыми пружинами – экспандерами. Между ротором и цилиндром имеется зазор примерно 2 мм. Для смазки подшипника и вала используется моторное масло, например SAE-5W-30, которое под давлением 0,2–0,4 МПа подается в зазор. В первых модификациях РПД смазка трущихся поверхностей осуществлялась с добавлением масла (около 5 %) в бензин.

На рисунке 2 показаны детали и узлы РПД.



Рисунок 2 – Двигатель Ванкеля в разобранном виде

Сложное планетарное движение ротора обеспечивается тем, что геометрический центр ротора вращается вокруг вала отбора мощности по окружности, описанной центром эксцентрика [5], закрепленного на этом валу. Треугольный ротор может вращаться в подшипнике скольжения по окружности эксцентрика, а поворот ротора относительно корпуса (статора) осуществляется «обкатыванием» закрепленного в роторе зубчатого колеса внутреннего зацепления вокруг неподвижной шестерни. Чтобы ротор сделал один полный оборот необходимо эксцентриковому валу совершить три оборота. Для правильного построения эпитрохоиды условное передаточное отношение зубчатого колеса и вращающегося вала отбора мощности должно быть 3/1.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На рисунке 3 приведена схема РПД с зубчатым зацеплением [6].

Между статором (корпусом двигателя) и ротором образуются несколько изолированных рабочих камер переменного объема. Их количество равно 3. В данных камерах происходит процесс впуска горючей смеси (1 часть бензина и 15 частей воздуха), сжатие, воспламенение от искры системы зажигания, сгорания, расширения (рабочий ход) и выпуск отработавших газов. В процессе сгорания топлива повышается температура и давление, которое действует на поверхность ротора. Возникающая сила, действующая на плечо эксцентрика, создает крутящий момент, и ротор приводится во вращательное движение.

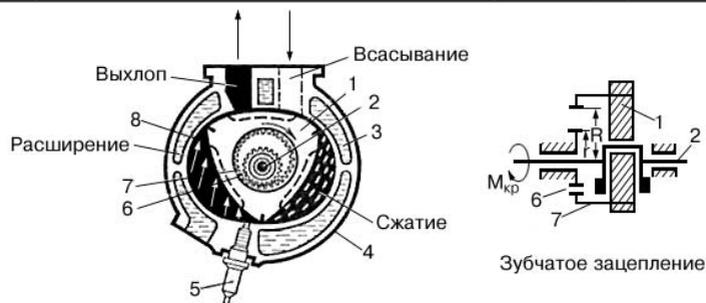


Схема в положении выхлопа

- 1 – вращающийся ротор (поршень); 2 – вал с эксцентриком и противовесами; 3 – водяное охлаждение; 4 – корпус;
- 5 – свеча зажигания; 6 – шестерня неподвижная;
- 7 – зубчатое подвижное колесо, жестко связанное с вращающимся ротором; 8 – камера сгорания (их три).

Рисунок 3 – Схема двигателя Ванкеля

На рисунке 4 показаны различные положения ротора, и какие такты в данный момент времени протекают в рабочих камерах.

В работе [4] указано, что двигатель Ванкеля работает по четырехтактному циклу. Однако, за один оборот ротора – поршня, у которого три вершины и три камера сгорания между вершинами, осуществляется три последовательно чередующихся цикла. Вал отбора мощности совершает три оборота при одном обороте ротора. Учитывая изложенное выше можно условно считать, что двигатель Ванкеля работает по двухтактному циклу. Цикл (круговой процесс) протекает с чередованием следующих тактов:

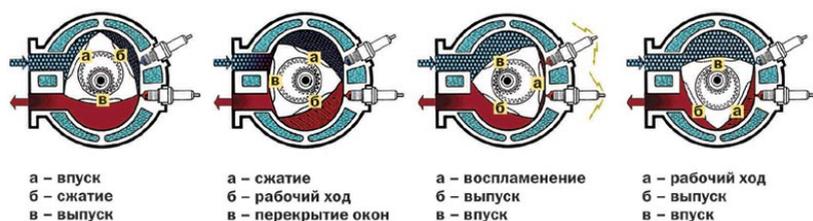


Рисунок 4 – Положение поршня-ротора (точки *a*, *б*, *в*) в корпусе при протекании различных тактов

1 Такт впуска. Топливо-воздушная смесь (ТВС) через впускное окно поступает в первую рабочую камеру двигателя (в результате разрежения или подачи под избыточным давлением при использовании агрегата наддува воздуха).

2 Такт сжатия. ТВС поступила в объем камеры впуска, которая при повороте ротора достигла максимального значения вместе с камерой сгорания, которая находится в роторе. При дальнейшем вращении ротора его грань приближается к стенке статора, уменьшая объем и повышая давление (например, до 2 МПа). В данном положении ротора вся сжатая ТВС остаётся только в камере сгорания. ТВС воспламеняется при помощи искры свечи зажигания (в центре искры температура 1000 °С), давление в камере сгорания резко повышается (например, до 5 МПа).

3 Такт рабочего хода. Ротор продолжает вращение. Продукты горения воздействуют на поверхность ротора, передавая усилия на цилиндрический эксцентрик. Среднее давление, создаваемое в процессе горения топлива, умноженное на площадь одной грани ротора создает силу, которая умноженная на радиус вращения эксцентрика создает крутящий момент на валу отбора мощности двигателя.

4 Такт выпуска. Грань ротора открывает выпускное окно и вытесняет отработавшие газы в выхлопную трубу. Первый цикл завершается и начинается второй цикл. Ротор повернулся на 120°.

Для эффективной, надёжной и долговечной работы РПД важным является выбор степени сжатия, которая не должна превышать 9–11.

Построения эпитрохоиды РПД Ванкеля. Эпитрохоида (от греч. *epi* – на и *trochos* – колесо) – плоская кривая, образуемая точкой, жёстко связанной с окружностью, катящаяся без скольжения по внешней стороне другой окружности. На рисунке 5 приведён теоретический контур РПД – двухдуговая эпитрохоида.

На практике используются двигатели Ванкеля с трёхгранными роторами, с отношением радиуса подвижного зубчатого колеса R и неподвижной шестерни r как $3/2$. При выборе радиусов синхронизирующих шестерён r и R с определённым эксцентриситетом ($e = R - r$) необходимо учесть возможность прохода эксцентрикового вала отбора мощности через центральное отверстие малой шестерни радиусом r . Выбираем значения $R = 54$ мм, $r = 36$ мм, $e = 18$ мм, $C = 2,6$ – безразмерный параметр ($C = 2,1-2,7$) [2].

Неподвижная шестерня радиусом делительной окружности $г$ не может поворачиваться (она жёстко соединена болтами с корпусом двигателя). В центре данной шестерни имеется отверстие, в котором расположен подшипник скольжения, выполненный из стальной ленты толщиной примерно 2 мм. Внутренняя поверхность подшипника залита

антифрикционным сплавом толщиной 0,2–0,3 мм. Сплавом может быть баббит Б-83, который состоит из 83 % олова, 6 % меди, 11 % сурьмы [6]. В отверстие с зазором 10–20 мкм входит вращающийся вал отбора мощности с радиусом r_b . Для обеспечения условного передаточного отношения 3/1 для зубчатого колеса с радиусом делительной окружности $R = 54$ мм, радиус вала r_b должен быть 18 мм ($54 / 18 = 3$).

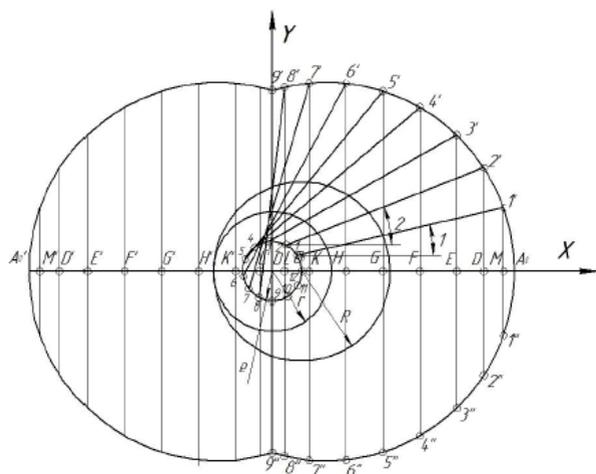


Рисунок 5 – Эпитрохоида роторно-поршневого двигателя

Алгоритм построения эпитрохоиды РПД следующий [7] (см. рисунок 5).

1 Строим окружность радиусом $r = 36$ мм с центром в точке O (в центре координат x и y). В данном случае речь идёт об обкатываемой неподвижной шестерне с делительной окружностью [8].

2 Определяем значение эксцентриситета вала отбора мощности

$$e = R - r = 54 - 36 = 18 \text{ мм.}$$

3 Строим вспомогательную окружность радиусом $e = 18$ мм с центром в точке O . В нашем примере эксцентриситет e и радиус входящего вращающего вала в неподвижную шестерню (вала отбора мощности) r_b равны друг другу. Точку пересечения окружности радиусом e с осью Ox обозначим через O_1 .

4 Строим производящую делительную окружность радиуса $R = 54$ мм с центром в точке O_1 (в данном случае речь идёт о подвижной обкатывающей шестерне).

5 Строим вспомогательную окружность радиуса e поворота данной окружности из точки O_1 . В результате построения мы получим 12 точек (1–12) на вспомогательной окружности. Поскольку эксцентриквал

поворачивается в n раз быстрее производящей окружности радиуса R , а $n = 3$, то $\alpha = n \varphi = 3 \varphi$ или $\varphi = \alpha / 3$. Здесь α – гол поворота эксцентриквала; φ – угол поворота производящей окружности радиуса R . При повороте ротора с радиусом производящей окружности R на каждые $\varphi = 10^\circ$ вал, который вращается внутри неподвижной шестерни с радиусом r , повернётся на угол $\alpha = 30^\circ$.

6 Находим производящий (начальный максимальный) радиус эпитрохоиды по формуле $a = C \cdot R = 2,6 \cdot 54 = 140,4$ мм.

7 Находим текущие значения эпитрохоиды в точках 1–8. Для этого при повороте вала на каждые $\alpha = 30^\circ$ строим прямоугольный треугольник с острым углом $\varphi = 10^\circ$ и гипотенузой a , равной 140,4 мм. В конце данной гипотенузы отмечаем очередную точку эпитрохоиды. Окружность с радиусом R и соединённый с ней ротор, повернутся против часовой стрелки на угол $\varphi = 10^\circ$. Значение образующей эпитрохоиды определяем в точках 1–8.

Пояснения к построению рисунка 5. В первом положении центр производящей окружности точки O_1 находится на оси Ox справа от точки O , а производящая точка A эпитрохоиды совпадает с точкой A_0 , при этом $O_1 A_0 = a = C \cdot R = 140,4$ мм.

Во втором положении линия $O - I = e$ образует с осью Ox угол $\alpha = 30^\circ$, в то время, как производящая точка A перемещается из положения A_0 в точку $1'$ (поворачивается на угол $\varphi = 10^\circ$ (на рисунке 5 этот угол обозначен 1). То есть, мы строим прямоугольный треугольник с гипотенузой $1 - 1'$, равной $a = C \cdot R = 140,4$ мм, с углом $\varphi = 10^\circ$.

Далее, действуя в соответствии с алгоритмом, последовательно в точке 2 строим прямоугольный треугольник с углом $\varphi_2 = 20^\circ$ и гипотенузой $2 - 2'$, равной $a = C \cdot R = 140,4$ мм. Аналогично в точке 3 строим прямоугольный треугольник с гипотенузой $3 - 3'$ равной $a = C \cdot R = 140,4$ мм и углом $\varphi_3 = 30^\circ$ (что соответствует дополнительному повороту производящей окружности радиуса R на 10°).

Производим аналогичные построения в точках 4–9, получая, таким образом, точки 4'–8'. Точки 1', 2', 3', ... 8' – образующие точки эпитрохоиды. В точке 9' угол $\varphi_9 = 90^\circ$, производящая точка A эпитрохоиды перейдёт из положения 8' в положение 9', при этом длина отрезка $9 - 9'$ будет равна $a = C \cdot R = 140,4$ мм.

Действуя таким образом, мы получаем точки 1', 2', 3', ... 8' и 9', которые соответствуют перемещению образующей точки A эпитрохоиды при повороте ротора на каждые 10° (от 0° до 90°).

Из точек 1', 2', 3', ... 8' опускаем перпендикуляры на ось Ox , с последующим их симметричным продолжением относительно оси Ox . Получим точки 1'', 2'', 3'', ... 8''. Точку 9' отразим вниз по оси Ox симметрично

относительно точки O , получим точку $9''$. Основания перпендикуляров, опущенных из точек $1', 2', 3', \dots 8'$ на ось Ox обозначим точками M, D, E, F, G, H, K, L соответственно (рисунок 5).

Соединим последовательно точки $9', 8' \dots 1'$ и $1'', 2'', 3'', \dots 8'', 9''$ получим правую часть контура эпитрохоиды.

Путём симметричного отражения правой части эпитрохоиды относительно оси Oy получим левую часть её контура.

Расчётное определение координат образующей точки эпитрохоиды A_0 по осям x и y . Рассмотрим прямоугольный треугольник $\Delta_{O_1-O_1'}$, в котором значение прилежащего катета $OO_1 = e \cdot \cos 30^\circ$ (рисунок 6). У другого прямоугольного треугольника Δ_{1-1-1^*} длина прилежащего катета $1-1^* = a \cdot \cos 10^\circ = C \cdot R \cdot \cos 10^\circ$. Тогда координата x в точке 1^* (длина отрезка OM (см. рисунки 5 и 6) может быть определена как сумма длин отрезков OO_1 и $1-1^*$ [$OM = OO_1 + (1-1^*)$].

Аналогично могут быть найдены соответствующие координаты по оси Ox точек $2', 3', \dots 8'$. Что соответствует выражению

$$x = e \cdot \cos(n \cdot \varphi) + C \cdot R \cdot \cos \varphi. \tag{1}$$

Аналогично, выводим формулу, соответствующую координате y :

$$y = e \cdot \sin(n \cdot \varphi) + C \cdot R \cdot \sin \varphi. \tag{2}$$

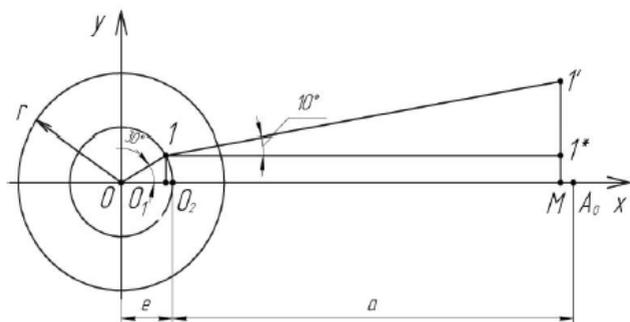


Рисунок 6 – К определению положения точки $1'$ относительно начальной точки A_0 при повороте вала на 30°

В общем виде можно записать:

$$\begin{cases} x = (R - r) \cdot \cos(n\varphi) + R \cdot C \cdot \cos \varphi; \\ y = (R - r) \cdot \sin(n\varphi) + R \cdot C \cdot \sin \varphi. \end{cases} \tag{3}$$

Расчёт и построение эпитрохоиды в системе Mathcad. В настоящее время громоздкие расчёты и построения (см. рисунок 5) всё чаще заменяются

расчётами в системе Mathcad [9, 10]. Покажем автоматическое построение эпитрохоиды по уравнениям (3).

Задаём исходные данные. $R := 54$ мм (символ двоеточия равно «:=» означает присваивание величине её значения); $r := 36$ мм; $n := 3$; $C := 2,6$; $e := R - r = 18$ мм;

В Mathcad углы тригонометрических функций задаются в радианах. Поэтому, например, $\sin(30) = -0.988$, а не $0,5$. Для правильных вычислений необходимо углы выражать в радианах по формуле $\sin(30 \cdot \frac{\pi}{180}) = 0.5$. Чтобы каждый раз не писать множитель $\frac{\pi}{180}$, введём переопределение функций:

$$\sin(\varphi) := \sin(\varphi \cdot \frac{\pi}{180}); \quad \cos(\varphi) := \cos(\varphi \cdot \frac{\pi}{180}).$$

В результате система (3) запишется в прежнем виде:

$$x(\varphi) := (R - r) \cdot \cos(n \cdot \varphi) + R \cdot C \cdot \cos(\varphi),$$

$$y(\varphi) := (R - r) \cdot \sin(n \cdot \varphi) + R \cdot C \cdot \sin(\varphi).$$

Для выполнения расчётов по этим формулам необходимо вначале задать диапазон выводимых чисел и с каким шагом, например, 10 градусов: $\varphi := 0, 10, \dots, 360$ (знак множества «..» ставится нажатием клавиши, содержащей точку с запятой «;»), а затем набрать $x(\varphi) =$ и $y(\varphi) =$. Расчётные данные после обработки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчётные значения координат точек эпитрохоиды

φ , град	x , мм	y , мм	φ , град	x , мм	y , мм	φ , град	x , мм	y , мм
0	158,400	0	100	-15,380	122,679	200	-140,933	-63,608
10	153,855	33,380	110	-32,431	122,933	210	-121,590	-88,200
20	140,933	63,608	120	-52,200	121,590	220	-98,553	-105,836
30	121,590	88,200	130	-74,659	116,553	230	-74,659	-116,553
40	98,553	105,836	140	-98,553	105,836	240	-52,200	-121,590
50	74,659	116,553	150	-121,590	88,200	250	-32,431	-122,933
60	52,200	121,590	160	-140,933	63,608	260	-15,380	-122,679
70	32,431	122,933	170	-153,855	33,380	270	0	-122,400
80	15,38	122,679	180	-158,400	0	280	15,380	-122,679
90	0	122,400	190	-153,855	-33,380	290	32,431	-122,933

Для построения графика задаём шаг 1 градус: $\varphi := 0, 0.360$. Выбираем на панели инструментов кнопку «График», вставляем в затенённые клетки

величины, указанные на рисунке 7, и сразу получаем график эпитрохоиды (весь расчёт занял одну страницу).

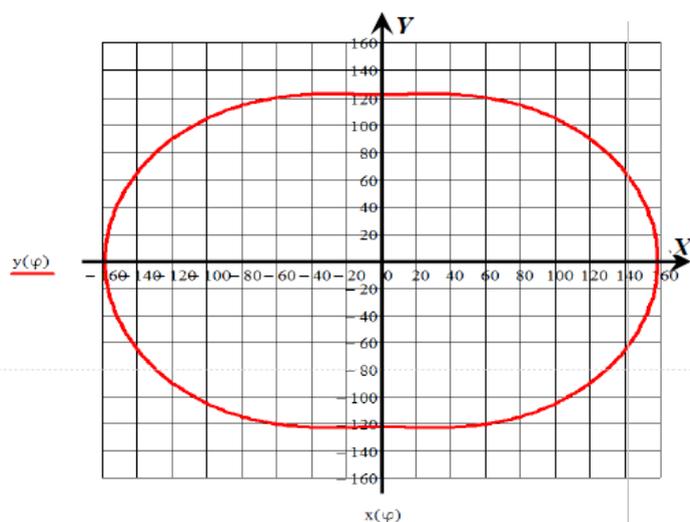


Рисунок 7 – Эпитрохоида, построенная в системе Mathcad

Задавая в начале расчёта различные значения геометрических параметров РПД (R, r, n, e, C), можно легко исследовать их влияние на вид эпитрохоиды.

ВЫВОДЫ

1 Рассмотрены особенности конструкции и принцип действия роторно-поршневого двигателя Ванкеля.

2 Приведена методика графического и расчетного построения цилиндра РПД, имеющего кругообразную форму, поверхность которого выполнена по эпитрохоиде.

3 Предложена система уравнений, которая позволяет определять положение точек эпитрохоиды в зависимости от радиусов начальной образующей эпитрохоиды, зубчатого колеса, неподвижной шестерни и значения эксцентриситета.

4 Дана программа расчёта и построения эпитрохоиды в системе Mathcad, позволяющая просто исследовать влияние геометрических параметров РПД (R, r, n, e, C) на вид эпитрохоиды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Косенок, Б. Б.** Кинематический и динамический анализ основного механизма двигателя Ванкеля на основе его векторной модели // Вестник СГАУ. – 2011. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kinematicheskiy-i-dinamicheskiy-analiz-osnovnogo-mehanzma-dvigatelya-vankelya-a-osnovnogo-vektornoy-modeli>.

2 **Ханин, Н. С.** Автомобильные роторно-поршневые двигатели / Н. С. Ханин, С. Б. Чистозвонов. – М. : Машгиз, 1964. – 321 с.

3 **Смелягин, А. И.** Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование: Учебное пособие / А. И. Смелягин. – М. : ИНФРА-М; Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 263 с.

4 Двигатели внутреннего сгорания : Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей : Учебник для студентов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / В. П. Алексеев, В. Ф. Воронин, Л. В. и др.; Под общ. ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – 4-е изд. перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990. – 288 с.

5 Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. Изд. 2-е. Коллектив авторов. – М. : Машиностроение, 1970. – 384 с.

6 История двигателестроения и введение в направление [Электронный ресурс] : практикум / Ю. П. Макушев, А. Л. Иванов. Омск, СибАДИ, 2018. – 89 с. Режим доступа : <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd596.pdf>.

7 **Уханов, А. П.** Автомобильные и тракторные двигатели. Курсовое проектирование : Учебное пособие / Под ред. А. П. Уханова. – Пенза, 2005. – 192 с.

8 **Тимофеев, С. И.** Детали машин: уч. пособие / С. И. Тимофеев. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Ростов н/Д : Феникс, 2013. – 572 с.

9 Интегральное и дифференциальное исчисления в приложении к технике [Текст] : монография / Ю. П. Макушев, Т. А. Полякова, В. В. Рындин, Т. Т. Токтаганов; под ред. Ю. П. Макушева. – Павлодар : Кереку, 2013. – 330 с.

10 **Рындин, В. В.** Расчет цикла бензиновых двигателей в системе Mathcad / В. В. Рындин, В. В. Шалай, Ю. П. Макушев. Вестник СибАДИ, вып. 6 (34), 2013. – С. 91–98.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Ю. П. Макушев¹, Т. А. Полякова², В. В. Рындин³

МATHCAD жүйесін пайдалану графикалық және есеп өту әдістері бойынша роторист-пистон инжентінің эпिटрохойдын құру

^{1,2}Сібір мемлекеттік автомобиль және автомобиль университеті (СибАДИ), Омбы қ., 644080, Ресей Федерациясы;

³Металлургия, машина жасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

Y. P. Makushev¹, T. A. Polyakova², V. V. Ryndin³

Construction of epitrochoids of a rotary-piston engine by graphic and calculation methods using MATHCAD system

^{1,2}Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, 644080, Republic of Kazakhstan;

³Faculty of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Wankel айналмалы поршеньді қозғалтқыштың дизайн ерекшеліктері мен жұмыс принципі қарастырылады. Айналмалы поршендік қозғалтқыштың цилиндрін графикалық және есептеу техникасы ұсынылған, оның беті эпिटрокоидқа сәйкес жасалған. Эпिटроксоидтің бастапқы генератрицасының радиусына, редукторға, бекітілген редукторға және эксцентриктілік мәніне байланысты эпिटрокоид нүктелерінің орнын анықтауға мүмкіндік беретін теңдеулер жүйесі ұсынылады. Эпिटрокоидты, оның зерттеуін және графикалық құрылысын есептеу үшін Mathcad жүйесін қолдану мүмкіндігі қарастырылады.

Design features and the principle of operation of the Wankel rotary piston engine are considered. The technique of graphical and computational construction of the rotary piston engine cylinder having a circular shape, the surface of which is made according to the epitrochoid,

is presented. A system of equations is proposed that allows one to determine the position of the points of the epitrochoid depending on the radii of the initial generatrix of the epitrochoid, the gearwheel, the fixed gear, and the eccentricity value. The possibility of using the MATHCAD system to calculate the epitrochoid, its research and graphic construction is considered.

**В. П. Марковский¹, М. Қ. Жанқуанышев², А. Б. Утегулов³,
С. В. Ибрагимова⁴, И. В. Кошкин⁵, Г. А. Сарсенбаева⁶**

¹Т.ғ.к., доцент, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

²Т.ғ.к., М. Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., 080012, Қазақстан Республикасы;

³Т.ғ.к., профессор, Қазақ агротехникалық университеті имені С. Сейфуллина, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы;

⁴Т.ғ.к., доцент, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы;

⁵Т.ғ.к., доцент, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы;

⁶магистр, аға оқытушы, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы
e-mail: ²martebe_777@mail.ru; ³utegulov76@mail.ru

БЕЛСЕНДІРІЛГЕН КӨМІР ӨНДІРУ ЖӨНІНДЕГІ ЭЛЕКТР ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ РЕАКТОРДЫҢ ӨНІМДІЛІГІН АНЫҚТАУҒА

Құны жоғары және белсендірілген көмірге деген сұраныстың артуынан қазіргі уақытта өнеркәсіптік ауқымдағы шикізат ресурстарын белсенді іздеу жүріп жатыр. Белсендірілген көмірді өндіру үшін шикізат ретінде біз тағамдық бағыттан шығарылған ауыл шаруашылығы өндірісінің әртүрлі қалдықтарын немесе дәнді дақылдардың арнайы өндірілген материалдарын ұсынамыз. Мақала ҚР № 18852 алдын ала патентіне сәйкес «Болотов әдісі: белсендірілген көмірді алу және оны жүзеге асыру үшін құрылғы» ретінде белгілі әдіс бойынша технологиялық реакторда электрлік қыздыру жолымен алынатын өсімдік шикізатын белсендірілген көмірге айналдырудың болжалды процесін сипаттайды. Қалдықтарды қосылған құны жоғары өнімге, белсендірілген көмірге айналдырудың ұсынылатын технологиясы дайын өнім бастапқы шикізаттан салмағы бойынша 33 %-ға жуық және энергетикалық шығындар деңгейі төмен болған кезде Қазақстан Республикасы ауыл шаруашылығының рентабельділігін арттыруға ықпал ететін экономикалық тиімді болып табылады.

Кілтті сөздер: белсендірілген көмір, электротехнология, шикізат ресурстары, электр тогы, өндіру тәсілдері, биотехнологиялар, технологиялық реактор.

КІРІСПЕ

Белсендірілген көмір өндіру үшін қолданылатын өсімдік шикізатының құрамына ақуыздар, майлар және көмірсулар (крахмал) кіреді. Ақуыздар – бұл амин қышқылдарының жүздеген және мыңдаған қалдықтары бір-бірімен кетоимидті байланыстармен (–CO-NH–) қосылған, негізгі валенттіктердің ұзын тізбектерін-полипептидті қоспаларды қалыптастыра отырып, жоғары молекулалы табиғи қосылыстар.

Ақуыздардың құрылымы полипептидті тізбектегі әртүрлі аминқышқыл қалдықтарының кезектесу тәртібі мен химиялық құраммен ғана емес, сонымен қатар осы тізбектердің кеңістікте орналасуымен де сипатталады, бұл әртүрлі қасиеттері бар ақуыздардың толмас жиынының болуына себепші болады.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Химиялық элементтердің құрамына құрғақ ақуыздардың қарапайым талдауы (құрғақ салмағына %) келесі нәтижелер береді: көміртегі C-50÷55; сутегі H-6,5÷7,3; оттегі O-21,5 ÷ 23,5; азот N-15,0 ÷ 17,6; күкірт S-0,3÷2,5.

Сонымен қатар ақуыздар фосфор мен галогендердің аз мөлшерін қамтуы мүмкін. Ақуыздарда морфологиялық ұйымның төрт тәртібі немесе төрт құрылымы бар.

Ақуыздарды қыздыру кезінде газ тәріздес құрамдастарды – сутекті, оттекті, азот және күкіртті бөлу арқылы олардың бұзылу процесі жүреді, жалпы массасы 43,3÷50,9 %. Көміртегі бөлігі электрондық белсенді күйдегі бұзылғанға дейін ақуыз болған кристалды қаңқаның ішінде қалады.

Майлардың қарапайым құрамы тар шектерде ауытқиды: сутегінің құрамы 10,9-дан 12 %-ға дейін, көміртегі 74-тен 78 %-ға дейін, сомасы 84,9÷90 %, қалғаны оттегі.

Майлардың пайда болуына жиі стеарин қышқылы $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$, пальмитин қышқылы $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$, олеин қышқылы $\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$, сондай – ақ молекуладағы 10-нан 24 атомнан тұратын май қышқылдары – $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$, ... $\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$, ... $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$, ... $\text{C}_{22}\text{H}_{42}\text{O}_2$, ... $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$ және басқалар қатысады.

Айдау температурасы 146/10-дан 254/10°C/мм дейінгі диапазонда болады. 250÷350 °C дейін қыздыру кезінде атмосфералық қысым кезінде майлар ұшпа заттардың (акромин) пайда болуымен ыдырайды. Түтіннің бөлінуі басталатын Температура түтін бөлу температурасы деп аталады. Ол

майларда еркін май қышқылдарының болуына байланысты. Майларға аса маңызды сапалы реакция– 320÷340 °С температурада түзілетін акроминге сынама болып табылады. Майлардың ыдырауы кезінде олардың құрылымдық тордың ішінде шикізаттағы жаппай құрамының 62÷65 % белсендірілген көмірдің бөлшектері қалады.

Крахмал-фотосинтез нәтижесінде жапырақтарда түзілетін және тамырларда, түйнектерде, дәндер түріндегі тұқымдарда, мөлшері, пішіні және ішкі құрылымы бар, өсімдіктердің әрбір түрі үшін жеке болатын ең көп таралған қосалқы көміртегі. Крахмалды дәндер бір текті емес, полисахаридтерден басқа оларда 10–20 % су және өте аз мөлшерде фосфаттар, кремнезем, май қышқылдары және басқа да заттар бар. Полисахаридтердің макромолекулалары крахмал дәндерінде радиалды және қабаттарда орналасқан. Крахмалды дәндердің микрокристалды құрылымы бар және рентгенограммалдың екі түрін береді: дәндердің крахмалына тән «А» түрі және түйнектердің крахмалына тән «в» түрі. Крахмал дәнін қыздыру кезінде клейстердің пайда болуымен бұзылады. Таңбалау үш негізгі кезеңде жүреді. Алдымен крахмал дәндері аз мөлшерде суды қосып, ісінеді. Бұл процесс крахмал дәндері көлемінің жүздеген есе ұлғаюымен қатар жүреді, өз кезегінде бидай дәнінің көлемі тиісінше 1,5÷1,7 есе ұлғаяды. Крахмалдың ісінуі 60–80 °С бидай үшін, 70–80% жүгері крахмалына, температурада полисахаридтердің макромолекулының сутегі байланыстарының жарылуы және гидратациясы салдарынан болады [1, 2].

Соңғы сатыда еритін полисахаридтер сумен алынады, крахмал дәндері қасиеттерін жоғалтады және ерітіндіде суспендирленген қапшықтарға айналады.

Белсенді көмірді өндіру кезінде бұл кезең болмайды, өйткені түйіршіктердегі молекулалық су алынып тасталады, ал молекулалардың бұзылуынан кейін қалған көміртегі дәндерінің кристалдық қаңқасының ішінде астық дәндері немесе жүгерілер кідіріп, электр тогынан өту кезінде жанасады. Бұл ретте белсендірілген көмірдің құрылымы қалыптасады.

Енді астықты белсендірілген көмірге айналдырудың болжамды схемасын сипаттаймыз. 0 ден 50 °С дейін қыздырғанда «ылғалдылық» көрсеткішінен су бөлінеді, салмағы 10÷12 % шегінде азаяды. 60÷80 °С температураға дейін қыздыру – крахмал таңбалаудың бірінші сатысына ұшырайды, крахмал дәндері молекулалық ылғалды сіңіреді және реакторға тиеу кезінде бастапқы көлемнің 70÷100 % көлемінде ұлғаяды [3].

Одан әрі қыздыру ылғал болмаған кезде және көмірсутектер мен құрамында оттегі бар органикалық қосылыстардың дегидратациясы және дегидрогенизациялануы болып табылады. Реакциялар жоғары температурада өтеді және көмірсутектер пиролизімен бірге жүреді.

Біздің Өсімдік шикізатын қыздыру процесінде белсендірілген көмірді өндіру кезінде пиролиз электр өрісінің және электр тогы шикізатының пайда болған электр өткізгіш сыртқы қабығы арқылы өтетін бөлшектерінің қатысуымен жүреді. Мұндай процесті бұрын ешкім зерттеген жоқ, сондықтан оны сипаттау үшін әзірге органикалық материалдардың пиролизі туралы жалпы мәліметтерді пайдаланамыз.

Қыздыру процесінде шикізат шығымын теориялық есептеу үшін біз үшін белсенді көмірді алу үшін бастапқы шикізат ретінде пайдаланылатын дәнді дақылдардың химиялық құрамы мен жалпы сипаттамасы қызығушылық тудырады. Жармалардың кейбір түрлері үшін мұндай деректер 1,2-кестелерде берілген.

Кесте 1 – Жарма түрлеріндегі ақуыз құрамы %

Атауы	Ақуыздың құрамы, %
Сұлы	15,2
Глазурленген күріш	7,15
Тары	12,06
Қарақұмық жармасы	10÷14
Інжу жармасы	9
Арпа жармасы	11
Жүгері жармасы	11
Ұнтақ жармасы	12÷13

Кесте 2 – жармалардың химиялық құрамы құрғақ затқа %-бен

Атауы	Ақуыз	Крахмал	Май	Содадағы көмірсутектер
Күріш	6,0	88	0,5	94,5
	6,5	72,8	0,9	80,2
Арпа жармасы	11	82,0	1,5	94,5
	6,3	68,4	1,1	75,8
Інжу жармасы	9,0	85,0	1,2	95,2
Қарақұмық жармасы	10,0	82,0	3,0	95,0
Тегістелген тары	11,5	83,5	2,5	97,5
	8,4	65,4	2,3	76,1
Сұлы жармасы	16	72,0	6,0	94
	9,1	61	6,0	76,1
Жүгері	12,5	86,0	0,6	99,1

Ұнтақ жармасы	12,7	84,2	0,9	97,8
	9,5	70,4	0,7	80,6
Бірінші сұрыптағы бидай ұны	9,4	70,0	1,0	80,4
Екінші сұрыптағы бидай ұны	9,8	68,4	1,3	79,5

Белсендірілген көмір өндіруге арналған реакторды тиеудің тиімді көлемін есептеу әдістемесі үш кезеңде жүзеге асырылады:

1 Реакторға себілетін шикізат дәндерінің статистикалық мөлшері:

a – ұзындығы, мм;

b – диаметрі, мм;

статистикалық нысаны-дәнді дақылға сәйкес.

Орташа шамаларды өлшеу:

1) бір астықтың орташа ұзындығы бірінен кейін бірі қатарға салынған 10 дәннің ұзындығы арқылы анықталады;

2) астықтың орташа диаметрі көлденең салынған 10 дәннің диаметрі арқылы анықталады;

3) үйінді салмағы $\text{кг}/\text{м}^3$, $\text{г}/\text{см}^3$ өлшенеді.

2 Судың сыйымдылығын өлшеу: мысалы, 300 грамм астық көлемі 400 см^3 . Оны су құю кезінде астық деңгейіне дейін 150 см^3 су сыйдырады.

Су бойынша астық сыйымдылығы:

1) таразы сыйымдылығы – астықтың салмағына (граммен) су салмағының қатынасы (граммен);

2) көлемді сыйымдылық – астықтың көлеміне (см^3) су көлемінің (см^3) қатынасы.

3 Шикізаттың тиімді көлемі:

астықтың көлемі (см^3) + судың көлемі (см^3), $\text{см}^3/\text{см}^3$.

Процесті жүргізу үшін реакторға жүктелетін шикізаттың негізгі параметрлерін есептеу мысалын келтіреміз:

бастапқы деректер: іріктелген арпа дәндерінен алынған інжу жармасы. Сауда салмағы-700 грамм, су көлемі – 800 см^3 . Құрамы (100 грамға): ақуыздар – 9,3 грамм; майлар – 1,1 грамм; көмірсулар – 65,0 грамм; барлығы – 75,4 грамм.

Есептік деректер:

– көлемді үйілген салмағы:

$$G_{\text{но}} = \frac{700}{800} = 0,875 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

– су сыйымдылығы – 350 мл;

– шикізаттың тиімді көлемі:

$$V_{\text{эфф}} = 800 + 350 = 1150 \text{мл};$$

– ультрадисперсті активатордың тиімді сыйымдылығы:

$$\bar{V} = \frac{V_{\text{воды}}}{V_{\text{зерна}}} = \frac{350}{800} = 0,4375 \frac{\text{см}^3}{\text{см}^3}.$$

Нәтижесінде 1 см^3 астық 0,4375 см^3 бос кеңістік бар.

Зертханалық реакторда эксперимент жүргізу кезінде алынған деректерге сәйкес шикізаттың бастапқы салмағы бойынша шығу 17-ден 33 %-ға дейін құрайды. Бастапқы шикізаттың массасы бойынша шығуының мұндай диапазоны белсендірілген көмірді алу технологиясымен түсіндіріледі. Технологиялық реакторға шикізатты құю екі жолмен жүзеге асырылуы мүмкін:

1) суық ваннаға; термopара шкаласындағы нөлдік белгіден қыздыру жүзеге асырылатын «толық» процесс;

2) реактордың ыстық ваннасына, оның бастапқы температурасы 160 ден 180 °C шамасында болғанда.

Бірінші жағдайда белсендірілген көмірді алу процесінің үлестік қуаты өсімдік шикізаты мен УДА арақатынасына және себу тәсіліне байланысты 8,6-дан 12,5 кВт·сағ/кг-ға дейін; екінші жағдайда – 6,4-тен 8,9 кВт·сағ/кг-ға дейін. Бірінші процесс үшін электр энергиясының шығыны 2,1 кВт·сағ, ал екінші процесс үшін 1,2 кВт·сағ құрайды. Оны қыздыру процесінде шикізаттың шығуының теориялық есебін жоғарыда қарастырылған іріктелген арпа дәндерінен алынған інжу жармасы мысалында қарастыруға болады. Естеріңізге сала кетейік, 100 грамм жарманың құрамына ақуыз – 9,3 грамм, майлар – 1,1 грамм, көмірсулар – 65 грамм, су – 10 грамм, барлығы – 85,4 грамм кіреді. Астық мөлшері: Ұзындығы 10 дана – $72 \pm 1,5$ мм; диаметрі 10 дана – 38 ± 1 мм. Жоғарыда аталған компоненттер 100 грамм астықты қыздыру кезінде жойылуы мүмкін.

Зертханалық реакторда эксперимент жүргізу кезінде шикізаттың бастапқы салмағы бойынша шығу шамамен 33 % құрайды. Бұл дегеніміз, 67 % салмағын алып тастайды, олардың суы міндетті түрде жойылады-10 %. Демек, 90 грамм құрғақ шикізаттан 75,4 грамм көмірсутегі алынып тасталуы мүмкін, содан кейін салмағы бойынша шығу 16,2 % (мұнда көмірсутек қаңқасы мен күл қалдығы кіреді) [4]. Бұл дегеніміз, ақуыз, майлар және көмірсулар ыдыраған кезде босаған көміртегі бөлшектер құрылымының ішінде, оның белсенді денесін қалыптастыра отырып қалады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жоғарыда айтылғандардың нәтижесінде дайын өнімнің, яғни белсендірілген көмірдің мөлшері келесі параметрлерге байланысты деп болжауға болады:

- 1) бастапқы материалды тиеу технологиясынан;
- 2) өсімдік шикізаты мен дисперсиялық активатордың арақатынасынан.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Андреев, Н. Р., Введенская, Е. П., Симаков, Е. А.** Некоторые аспекты оценки крахмалсодержащего сырья / Н. Р. Андреев, Е. П. Введенская, Е. А. Симаков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 7. – С. 110.

2 **Славянский, А. А.** Технология сахаристых продуктов: крахмал и крахмалопродуктов: учебное пособие / А. А. Славянский. – М. : МГУТУ, 2012. – 230 с.

3 **Болотов, А. В.** Получение активированного угля с использованием электрического нагрева / А. В. Болотов // Вестник инженерной академии Республики Казахстан. – 2003. – № 2 (10).

4 **Машкина, С. В.** Электрический нагрев неэлектропроводного дисперсного сырья при производстве активированного угля: дис.... канд. техн. наук / Машкина Светлана Викторовна. – Алматы, 2009. – 127 с.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

В. П. Марковский¹, М. Қ. Жанқуанышев², А. Б. Утегулов³, С. В. Ибрагимова⁴, И. В. Кошкин⁵, Г. А. Сарсенбаева⁶

Определение производительности электротехнологического реактора по добыче активированного угля

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

²Таразский государственный университет имени М. Х. Дулати, г. Тараз, 080012, Республика Казахстан;

³Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

^{4,5,6}Казахский государственный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

V. Markovskiy¹, M. Zhanqunyshev², A. Utegulov³, S. Ibragimova⁴, I. Koshkin⁵, G. Sarsenbaeva⁶

Determination of the performance of an electrotechnological reactor for the extraction of activated carbon

¹Department of Electric Power, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

²M. Kh. Dulati Taraz State University, Taraz, 080012, Republic of Kazakhstan;

³S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan;

^{4,5,6}Electric Power Engineering, Kostanay State University named after A. Baitursynov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

В настоящее время идет активный поиск сырьевых ресурсов промышленного масштаба из-за увеличения спроса на высокоценный и активированный уголь. В качестве сырья для производства активированного угля мы предлагаем различные отходы сельскохозяйственного производства, произведенные из пищевого направления, или специально произведенные материалы зерновых культур. Статья описывает предполагаемый процесс превращения растительного сырья в активированный уголь, получаемого путем электрического нагрева в технологическом реакторе по методу, известному как «метод Болотова: устройство для получения активированного угля и его реализации» согласно предварительному патенту РК № 18852. Предлагаемая технология превращения отходов в продукцию с высокой добавленной стоимостью, активированный уголь является экономически выгодной, способствующей повышению рентабельности сельского хозяйства Республики Казахстан, при низком уровне энергетических затрат и около 33 % готовой продукции из исходного сырья.

Currently, there is an active search for industrial raw materials due to increased demand for high-value and activated carbon. As a raw material for the production of activated carbon, we offer various agricultural wastes from the food industry, or specially produced cereal materials. The article describes the proposed process of converting plant materials to activated carbon, obtained by electric heating in a technological reactor according

to the method known as the «Bolotov method: device for producing activated carbon and its implementation» according to preliminary patent of the Republic of Kazakhstan No. 18852. The proposed technology for converting waste into products with higher value added, activated carbon is economically viable, contributing to increased profitability of agriculture of the Republic of Kazakhstan, with low energy costs and about 33 % of finished products from raw materials.

ГРНТИ 44.29.31

**В. П. Марковский¹, М. Қ. Жанқуанышев²,
Л. Н. Есмаханова³, А. Б. Утегулов⁴, И. В. Кошкин⁵**

¹т.ғ.к., доцент, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

²т.ғ.к., М. Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., 080012, Қазақстан Республикасы;

³PhD докторы, М. Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Қазақстан Республикасы;

⁴т.ғ.к., профессор, КазАТУ имени С. Сейфуллина, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы;

⁵т.ғ.к., доцент, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы

e-mail: ²martebe_777@mail.ru; ⁴utegulov76@mail.ru

ҚОРҒАНЫСТЫҚ ШУНТТАУ КЕЗІНДЕ ЗАҚЫМДАНҒАН ФАЗАДА ҚАЛДЫҚ ПОТЕНЦИАЛДЫ ТӨМЕНДЕТУ ТӘСІЛДЕРІ

Кен кәсіпорындарының 6–10 кВ-тық электр қондырғыларында кішігірім активтік кедергі арқылы қорғаныстық шунттау тиімділігі оны торап бейтараптамасын активтік жоғарғы кедергі арқылы жерлендірумен біріктірілген қолданған жайда айтарлықтай жоғарылайды. Алынған аналитикалық теңдеулер тораптың бейтараптама режимінің және қысқа тұйықтағыштың шунттаушы кедергісінің оңтайлы параметрлерін таңдауға мүмкіндік береді. Бұл кезде адамның электр қондырғыларының ток тасымалдаушы бөліктерімен кездейсоқ жанасуы ең көп болатын аймақтағы жанасу кернеуінің минимумы ескеріледі.

Кілтті сөздер: қорғаныстық шунттау, бейтараптама режимі, активтік кедергі, индуктивтік қарымталау кедергілері, қалдық кернеу.

КІРІСПЕ

[1]-да тұйықталған жердің екі жағынан шунттауды қолдану ұсынылады. Бұл кезде зақымданған фаза жерге екі нүктеде тұйықталады: қосалқы станцияда және тұтынушы жағынан.

Жерге тұйықталған фазадағы кернеуді төмендетуге негізделген оқшауланған бейтараптамасы бар торапта бір фазалы тұйықталуларды шунттау тәсілі де кең тараған. Бұл кезде қорғаныстық шунттау орнынан тұйықталу орнына дейінгі аралықта жүктеме тогының жүруінен пайда болатын қалдық кернеу де төмендетіледі. Қалдық кернеу деңгейін төмендету мақсатымен қорғаныстық шунттау орнынан тұйықталу жерге дейінгі аралықтағы жүктеме тогынан кернеудің түсу векторының модулі мен аргументін қосымша өлшейді. Ал шунтталған жерге модулі мен аргументі бойынша жүктеме тогынан кернеудің түсу векторымен ұқсас болатын қосымша кернеу қосылады.

Бірінші тәсілді қолдану үшін тез әсерлесуші жоғары вольтты аппаратуралар тек қосалқы станция шиналарында ғана емес, сонымен бірге тұтынушы жағындағы әрбір қосылымда да болуы керек. Екінші тәсіл желідегі жүктеме тогынан кернеудің түсуін модулі және аргументі бойынша өлшеумен, сондай-ақ активтік және индуктивтік қарымталау кедергілерін реттеумен байланысты. Осы көрсетілген тәсілдер ашық кен жұмыстарындағы 6–10 кВ-тық тораптар үшін өте күрделі, әрі жүзеге асыруда қиындықтар туындайды.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Фазаның қалдық кернеуін төмендету мақсатымен қорғаныстық шунттауды желі ($Z_{жс}, \phi_{жс}$) және жүктеме параметрлерімен ($Z_{жст}, \phi_{жст}$) анықталатын қандай да бір активтік кедергілер арқылы жүзеге асыру ұсынылған [2, 3].

[4]-де қорғаныстық шунтталуы бар тораптағы $R_{ш}$ қысқа тұйықтағыш кедергісіне таңдауға арналған теңдеу берілген. Авторлардың пікірі бойынша ол адам денесінің тізбектегі қалдық жанасу кернеуін төмендетеді:

$$R_{ш} = \frac{Z_o Z_{жс}}{Z_{жст}} \cos(\varphi_{жс} + \varphi_o + \varphi_{жст}), \quad (1)$$

мұндағы $Z_o, \phi_o, \phi_{жс}, Z_{жст}, \phi_{жст}$ – сәйкесінше тораптың, желінің және жүктеменің нөлдік тізбектілік параметрлері.

$R_{ш}$ кедергісін таңдаудың бұл тәсілінің басты кемшілігі – оны тек таза активтік жүктеме кезінде ғана қолдануға болатындығы. Жалпы жағдайда карьерлердің әуе-кабельдік тораптарындағы жүктемелер активті-индуктивті болып келеді. Бұл кезде бұл әдісті қолдану тиімсіз.

Адам денесіндегі қалдық кернеуді тереңірек төмендету үшін (қазіргі кездегі қолданылып жүрген қауіпсіздік нормативтері бойынша ең шекті

рұхсат етілген деңгейге дейін) активті-сыйымдылық кедергіні шунттаушы ретінде қолдануға болады. Бірақ бұл кен кәсіпорнының әртүрлі тораптарына арналған шунттың кешендік кедергілер мәндерін таңдауды қиындатады, өйткені желілердің параметрлері, ұзақтығы мен жүктемелері әртүрлі.

Жоғарыда айтылып кеткеніндей, ашық кен қазбаларында бейтараптаманы жоғарғы кедергілі жерлендіру (« $R_{жс}$ – торап») жиі қолданылып келеді. Бейтараптаманың мұндай режімін қолдану қорғаныстық шунттау 3ФА құрылымының сезгіштігін 1,5–2 есе жоғарылатуға және торап параметрлері мен жерлендіруші резистордың белгілі бір ара қатынасы кезінде желідегі қалдық кернеуді төмендетуге мүмкіндік жасайды.

1-ші суретте зақымданған фазаның қорғаныстық шунтталуы кезінде бейтараптамасы резисторлы жерлендірілген 6–10 кВ-тық тораптың есептік сұлбесі көрсетілген. Бұл кезде торап фазаларының жермен салыстырғанды сыйымдылығы тоғырландырылған, ал торап оқшауламасының активтік өткізгіштігі нөлге тең ($R_{ок} = \infty$) деп қабылданған.

Қорғаныстық шунтталу кезінде адам денесіне әсер ететін қалдық кернеу торап фазасына жанасу орнына тәуелді болады және желі ұзындығының функциясы болып табылады (жанасу орны мен шунттау нүктесіне дейінгі қашықтық). Зақымданған фаза мен жер арасындағы потенциалдар айырмасы мынаған тең болады [5]:

$$\underline{U}_{а\delta} = \underline{I}_m R_{ш} + \underline{I}_{жст} Z'_{жс}, \quad (2)$$

мұндағы I_m – жерге металдық тұйықталу тогы, А;

$I_{жст}$ – зақымданған фазада жүретін жүктеме тогы, А;

$R_{ш}$ – шунттың активтік кедергісі, Ом;

$Z'_{жс}$ – қоректендіруші қосалқы станциядағы шунтталу нүктесінен адамның жанасу орнына дейінгі желінің кедергісі, Ом ($Z_{жс}$ – бүкіл желінің кешендік кедергісі).

Зақымданған фазадағы жүктеме тогы мынаған тең:

$$\underline{I}_{жст} = \frac{\underline{E}_B + \underline{E}_C}{Z_{жс} + Z_{жст}} = \frac{-\underline{E}_A}{Z_{жс} + Z_{жст}} = \frac{U_{\Phi}}{Z_{жс} + Z_{жст}}, \quad (3)$$

мұндағы $Z_{жст}$ – жүктеме кедергісі, Ом;

E_A, E_B, E_C – фазалық ЭҚК-лер, В.

Жерге тұйықталу тогы мына теңдеумен анықталады:

$$\underline{I}_m = \frac{-\underline{U}_\Phi(1+3j\omega CR_N)}{R_{uu} + R_N + 3j\omega CR_{uu}} = -\frac{\underline{U}_\Phi}{Z_0 + R_{uu}}, \quad (4)$$

мұндағы C – торап фазасының жермен сыйымдылығы, Φ ;

R_N – торап бейтараптама мен жер арасындағы активтік кедергі, Ом;

$$Z_0 = \frac{R_N}{1+3j\omega CR_N} - \text{нөлдік тізбектілік кедергісі, Ом.}$$

(3) және (4) теңдеулерін ескергенде (2) теңдігі былайша өзгереді:

$$\underline{U}_{a\phi} = U_\Phi \left(\frac{Z'_{\text{жс}}}{Z_{\text{жс}} + Z_{\text{жт}}} - \frac{R_{uu}}{R_{uu} + Z_0} \right), \quad (5)$$

Ашық кен жұмыстарын электрмен қамдау жүйелері үшін адамның торап фазасымен жанасуы жиі болатын жері – ауыстырып қосу пунктi аймағы, яғни желі соңында орналасады. Сондықтан $Z'_{\text{жс}} = Z_{\text{жс}}$ деп қабылдаймыз.

$U_{a\phi} = 0$ болатын Z_0 мәнін табамыз:

$$Z_0 = \frac{R_{uu} Z_{\text{жт}}}{Z_{\text{жс}}}, \quad (6)$$

Яғни R_{uu} , $Z_{\text{жт}}$, $Z_{\text{жс}}$ шамаларының белгіленген мәндері кезінде нөлдік тізбектілік кедергісін өзгерту жолымен зақымданған фазаның жермен салыстырған потенциалын тораптың белгілі бір нүктесінде нөлге дейін төмендетуге болады. Бұл кезде бұл фазаның қоректендіруші қосалқы станцияда қорғаныстық шунтталуы болуы керек.

Тораптың нөлдік тізбектілік кедергісін мына түрде жазуға болады:

$$Z_0 = \frac{jX_C}{-1+jI_a^*}, \quad (7)$$

мұндағы $X_C = 1/3\omega C$ – тораптың жермен салыстырғандағы сыйымдылық кедергісі, Ом;

$$I_a^* = \frac{I_a}{I_C} - \text{БЖТ тогының активтік құрамдасының салыстырмалы}$$

мәні, А.

(6) теңдеуін ескере отырып:

$$Z_0 = \frac{jX_C}{-1+jI_a^*} = \frac{R_{uu} Z_{\text{жт}}}{Z_{\text{жс}}} (\cos(\varphi_{\text{жт}} - \varphi_{\text{жс}}) + j \sin(\varphi_{\text{жт}} - \varphi_{\text{жс}})), \quad (8)$$

Түрлендірулерден соң (8) теңдеуінің оң және сол жақтарындағы кешендердің нақты және жалған бөліктерін теңестіріп, активтік токтың салыстырмалы мәнін аламыз:

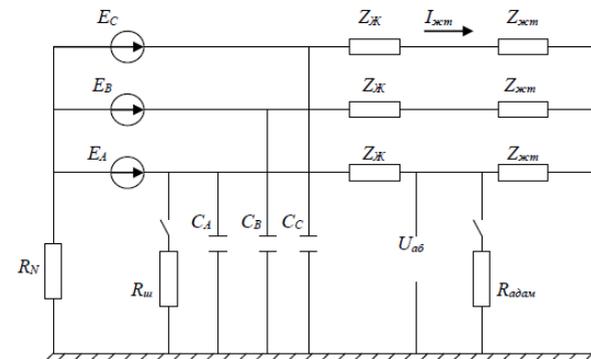
$$I_a^* = \frac{1}{\text{tg}(\varphi_{\text{жс}} - \varphi_{\text{жт}})}, \quad (9)$$

Бұл кезде $U_{a\phi}$ кернеуі минимал болады. Сонымен бірге $U_{a\phi}$ кернеуінің минимумына сәйкес келетін желі ұзындығы l мына формуламен анықталады:

$$l = \frac{I_C}{I_{\text{жт}}} \times \frac{R_{uu}}{Z_{\text{жс}}^* + \sin(\varphi_{\text{жс}} - \varphi_{\text{жт}})}, \quad (10)$$

мұндағы $Z_{\text{жс}}^*$ – желінің үлесті кедергісі, Ом/км;

$\varphi_{\text{жс}}$, $\varphi_{\text{жт}}$ – желі мен жүктеменің бұрыштық параметрлері;



Сурет 1 – Фазаны қорғаныс шунттау кезіндегі бейтараптама резисторлық тұйықталуы бар 6-10 кВ торабының есептеу сұлбесі

(5) теңдеуінен, кешендік жазу формасынан нақты мәндерге ауысып, мынаны аламыз:

$$U_{a\bar{b}} = U_{\Phi} \sqrt{\frac{R_{ш}(R_{жс} + R_{жст} - R_{жс} + I_a^* (X_{жс} + X_{жст} - X'_{жс})) - X_c X'_{жс}}{[(R_{ш} I_a^* + X_c) (R_{жс} + R_{жст}) - R_{ш}(X_{жс} + X_{жст})]^2 + [R_{ш}^* (X_{жс} + X_{жст} - X'_{жс} - I_a^* (R_{жс} + R_{жст} - R'_{жс})) + X_c R'_{жс}]^2} + [R_{ш}^* (R_{жс} + R_{жст}) + (R_{ш}^* I_a^* + X_c) (X_c + X_{жст})]^2} \quad (11)$$

мұндағы $R_{жс}, R'_{жс}, R_{жст}$ – желі (бүкіл ұзындығы мен жанасу орнына дейінгі ұзындығы) және жүктеменің активтік кедергілері, Ом;

$X_{жс}, X'_{жс}, X_{жст}$ – бұл да сол, тек индуктивтік кедергілер үшін.

(11) теңдеуін пайдаланып, тораптың қосалқы станциядағы қорғаныстық шунтталуынан кейінгі $Z'_{жс} = R'_{жс} + jX'_{жс}$ желісінің кез-келген нүктесінде адам денесі тізбегіндегі кернеуді есептеуге болады.

Адам денесі арқылы өтетін ток

$$I_{адам} = \frac{U_{a\bar{b}}}{Z_{к\bar{п}} + R_{адам}} \quad (12)$$

мұндағы $Z_{к\bar{п}} = \frac{Z_o * R_{ш} + 0,5Z_{жс} + 1,5Z_{жст}}{Z_o + R_{ш} + 1,5(Z_{жс} + Z_{жст})}$, Ом;

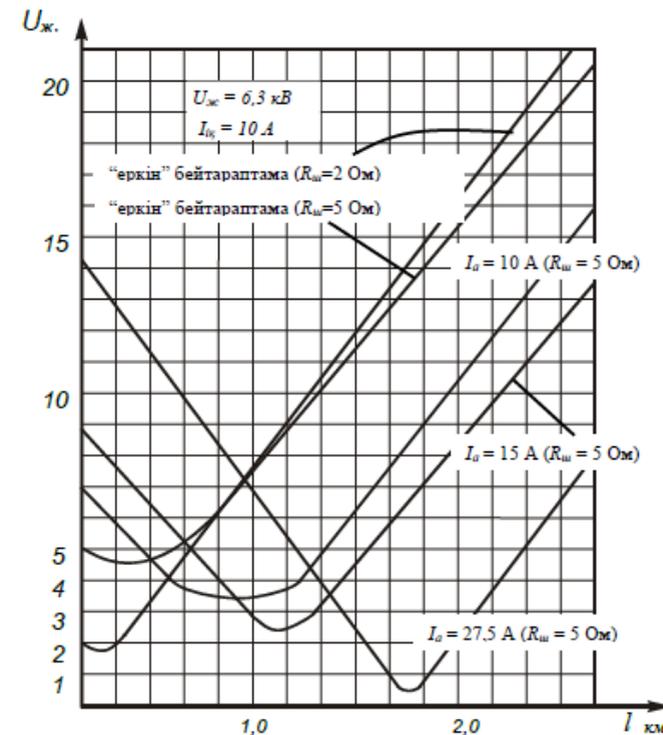
$R_{адам} - U_{жс} > 1кВ$ кезде адам денесінің есептік кедергісі, Ом.

6-10 кВ-тық карьерлік электр тораптарының желі мен жүктеме $Z_{жс}, Z_{жст}$ нақты параметрлері үшін, сондай-ақ адам денесі үшін ($R_{адам} = 0,7 - 1кОм$) $Z_{к\bar{п}} \ll Z_{адам}$ болады. Сондықтан былайша қабылдаймыз:

$$I_{адам} \approx \frac{U_{a\bar{b}}}{R_{адам}} \quad (13)$$

2-ші суретте (11) теңдеуіне сәйкес есептелген, жерге жалғану тогының активтік құрамдасының әртүрлі мәндеріне арналған, тораптың шунтталған

фазасына адам жанасқандағы жанасу кернеуінің желі ұзындығына тәуелділіктері көрсетілген.



Сурет 2 – Шунтталған тораптың фазасына адамның тиген кезіндегі, жанасу кернеуінің, БЖТ тогының активті құраушының әр түрлі мәндері үшін байланыс жолдарының ұзындығынан тәуелділігі

Мысалы, $I_a = 10 А$ кезде ұзындық 1 км шамасында жанасу кернеуі 30 В-қа дейін төмендейді. $I_a = 15 А$ кезде ұзындық 1 км-ден астам болғанда жанасу кернеуі 22 В-қа, ал желі ұзындығы 2 км-ге жақын кезде $I_a = 27,5 А$ болса, жанасу кернеуі нөлге дейін төмендейді.

Оқшауланған бейтараптама кезінде шунттаушы $R_{ш}$ кедергісін азайту электрлік қауіпсіздік мәселелерін шеше алмайды. Оны 30-ші суреттен көруге де болады. Торап ұзындығы 1 км-ден асқан сайын $R_{ш} = 5 Ом$ және $R_{ш} = 2 Ом$ кездегі қисық сызықтар арасындағы айырмашылық айтарлықтай емес, ал 36 В-тан төмен жанасу кернеуі тек желінің 0,5 км-ге дейінгі ұзындығына ғана қамтамасыз етіледі.

Желіні жүктемесіз шунттау кезінде торап бейтараптамасын резистор арқылы жерлендіру тәсілімен тұйықталудың активтік тогын жерге жіберу фазаның қалдық кернеуін жоғарылатады. Бұл кемшілікті жою үшін торап бейтараптамасына тек желіде жүктеме бар кезде ғана қосымша қорғаныстық резистор қосу керек.

ҚОРЫТЫНДЫ

Кен кәсіпорындарының 6–10 кВ-тық электр қондырғыларында кішігірім активтік кедергі арқылы қорғаныстық шунттау тиімділігі оны торап бейтараптамасын активтік жоғарғы кедергі арқылы жерлендірумен біріктірілген қолданған жайда айтарлықтай жоғарылайды.

Алынған аналитикалық теңдеулер тораптың бейтараптама режимінің және қысқа тұйықтағыштың шунттаушы кедергісінің оңтайлы параметрлерін таңдауға мүмкіндік береді. Бұл кезде адамның электр қондырғыларының ток тасымалдаушы бөліктерімен кездейсоқ жанасуы ең көп болатын аймақтағы жанасу кернеуінің минимумы ескеріледі.

6–10 кВ-тық электрлік тораптарда қорғаныстық шунттауды резисторлық жерлендірумен біріктіріп қолдану адамның жанасуы жиі болатын аймақтардағы (ашық кен қазбалары үшін ауыстырып қосу орындарында) жанасудың қалдық кернеулері деңгейлерін едәуір төмендетуді (адам үшін шектік рұхсат етілген шамаға дейін) қамтамасыз етіп, қорғалатын желілердің шектік ұзындығын ұзартуға мүмкіндік жасайды.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Щуцкий, В. И., Жидков, В. О., Ильин, Ю. Н. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок. М. Энергоатомиздат, 1986.

2 Osipov, D. S., Satpaev, D. S., Kisselyov, B. Y. Analysis of Single Phase-to-Ground Fault in Mixed Neutral Ground Systems Using Wavelet Transform // Moscow Polytechn Univ, Moscow, Russia. – 2018, International conference on industrial engineering, applications and manufacturing (ICIEAM).

3 Xu, ZY ; Zhang, JH; Su, ZP; Zhang, X; Iqbal, MJ; Wen, A; Yang, QX. A New Distance Relaying Algorithm for Single-phase-to-ground Faults on Series-compensated Parallel Lines without the Parameter Requirement of Mutual Coupling and Series Capacitor Device // ELECTRIC POWER COMPONENTS AND SYSTEMS. – APR 26 2014. – Volume: 42. Issue: 6. Page: 650-657. DOI: 10.1080 / 15325008.2014.880970.

4 Wojciech Bogajewski. Jozef Loveni. Mavian Mackowiak; (Archiwum elektrotechnik, 1978, tom XXVII) «Analiza zagrozeia porazeniowego w miejsen

jednofazowego zwarcia z ziemia w sieci napowietrznei sviedniego napiecia wuposazonej w asziemniki».

5 Микрюков, В. И., Зорин, Ю. И. Выбор сопротивления короткозамыкателя в устройствах защитного закорачивания. Безопасность труда в промышленности. 1984, № 3.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

V. P. Markovskiy¹, M. K. Zhankuanyshev², L. N. Esmakhanova³, A. B. Utegulov⁴, I. V. Koshkin⁵

Методы снижения остаточного потенциала в действующей фазе при защитном шунтировании

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

^{2,3}Таразский государственный университет имени М. Х. Дулати, г. Тараз, 080012, Республика Казахстан;

⁴КазАТУ имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

⁵КГУ имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

V. Markovskiy¹, M. Zhankuanyshev², L. Yesmakhanova³, A. Utegulov⁴, I. Koshkin⁵

Methods for reducing residual potential in the current phase with protective bypass

¹S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

^{2,3}M. Kh. Dulati Taraz State University, Taraz, 080012, Republic of Kazakhstan;

⁴S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan;

⁵Kostanay State University named after A. Baitursynov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Эффективность защитного шунтирования рудных предприятий в электроустановках 6-10 кВ через небольшое активное сопротивление значительно повышается в помещениях, где она применяется, совмещенная с заземлением нейтрали узла через активное

высокое сопротивление. Полученные аналитические уравнения позволяют выбрать оптимальные параметры режима нейтрали сети и шунтирующего сопротивления короткого замыкания. При этом учитывается минимум напряжения прикосновения в зоне наибольшего случайного прикосновения электроустановок человека с токоведущими частями. Ключевые слова: защитное шунтирование, режим нейтрализации, активное сопротивление, индуктивное сопротивление, остаточное напряжение.

The effectiveness of protective shunting of ore enterprises in electrical installations of 6-10 kV through a small active resistance significantly increases in the rooms where it is used combined with the neutral grounding of the node through high active resistance. The obtained analytical equations make it possible to choose the optimal parameters of the network neutral mode and short-circuit shunt resistance. At the same time, it takes into account a person's minimum touch voltage in the greatest accidental touch zone of electrical installations with live parts. Keywords: protective bypass, neutralization mode, active resistance, inductive resistance, residual voltage.

ГРНТИ 621.313

**А. Н. Новожилов¹, Т. А. Новожилов²,
Д. К. Асаинова³, Н. К. Канашев⁴**

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

²к.т.н., доцент, Энергетический институт, Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация;

³докторант, 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: ¹novozhilova_on@mail.ru; ²timokvey@mail.ru; ³diannn@mail.ru;

⁴nurik_kanash@mail.ru

УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ НА МАГНИТНОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ ТОКА С КОНТАКТОМ

Разработана и изготовлена установка для экспериментального исследования максимальной токовой защиты на магнитном трансформаторе тока с контактом, выполненным на основе магнитной системы токового реле РТ-40. Рассмотрены конструкционные особенности этой экспериментальной установки и максимальной токовой защиты, а также методы крепления магнитного трансформатора тока с контактом на ее шине. Приведены параметры магнитных трансформаторов тока с контактом, изготавливаемых из различного типа токовых реле и область их применения. Также приведены технические характеристики используемых в экспериментальной установке электрических аппаратов и измерительных приборов.

Ключевые слова: релейная защита, максимальная токовая защита, магнитный трансформатор тока.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционно для реализации максимальной токовой защиты требуется измерительный преобразователь в виде трансформатора тока и реагирующий орган в виде токового реле [1, 2]. Трансформатор тока имеет ферромагнитный сердечник и две обмотки. Его первичная обмотка подключается к цепи измеряемого тока, а вторичная – к токовым обмоткам реле защиты.

Однако современные трансформаторы тока [1, 2] имеют значительные размеры и стоимость из-за обеспечения необходимого класса изоляции первичной обмотки относительно сердечника и вторичной обмотки. В связи с этим, в ряде случаев, из-за конструктивных особенностей электротехнического оборудования, электрических машин и трансформаторов, трансформаторы тока установить не удается.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Решить эту проблему можно с помощью методов бесконтактного измерения токов в проводниках [3], которые позволяют использовать для этого более простые и дешевые устройства, имеющие небольшие размеры. Этот вопрос настолько значителен, что в 2001 году он рассматривался специально на 38 сессии СИГРЭ в Париже на заседании, посвященном теме замены трансформаторов тока новыми измерительными преобразователями тока [4].

Одним из таких измерительных преобразователей тока являются магнитные трансформаторы тока (МТТ) [5, 6]. Они представляют собой простую катушку для бесконтактного измерения тока. Что позволяет строить на их базе максимальные токовые защиты, лишённые значительной части перечисленных выше недостатков традиционных защит. Однако МТТ обладают малой отдаваемой мощностью. А потому, для реализации максимальной токовой защиты с МТТ требуется специальный реагирующий орган с дополнительным источником питания.

Избежать этого можно, если в качестве трансформатора тока и токового реле использовать герметический контакт (геркон) [7]. Однако геркон также обладает целым рядом существенных недостатков. К ним следует отнести отсутствие исследований по изменению характеристик геркона при длительной его работе в магнитном поле переменного тока, несовершенство крепления и способов выставления порога срабатывания защиты размещаемой в непосредственной близости от токоведущих частей, а также фиксированным порогом срабатывания геркона.

Этих недостатков лишено устройство максимальной токовой защиты, магнитный трансформатор тока с контактом (МТТк), выполненное на базе токового реле РТ-40, у которого вместо обмотки используется токоведущая

шина. При изготовлении МТТк от реле РТ-40 отделяют основание и часть его алюминиевой стойки, а систему контактов заключают в кожух не пропускающий пыль и влагу.

Вид МТТк и его расположение на токоведущей шине показаны на рисунке 1. МТТк содержит алюминиевую стойку 1, к которой с помощью винтов 2 прикреплены с одной стороны магнитопровод 3, а с другой стороны контактная система. Контактная система от воздействия окружающей среды защищается герметичным прозрачным кожухом 4. Неподвижная часть этой системы включает в себя неподвижные контакты 5 и шкалу 6. Подвижная часть системы состоит из закрепленного на оси 7 якоря 8 и подвижных контактов 9. Связь между подвижной и неподвижной частями осуществляется с помощью дисковой пружины 10, которая одним концом прикрепляется к оси 7 якоря 8, а другим концом с помощью поводка 11 к рычагу 12, с помощью которого выставляется порог срабатывания МТТк за счет натяжения противодействующей пружины 10.

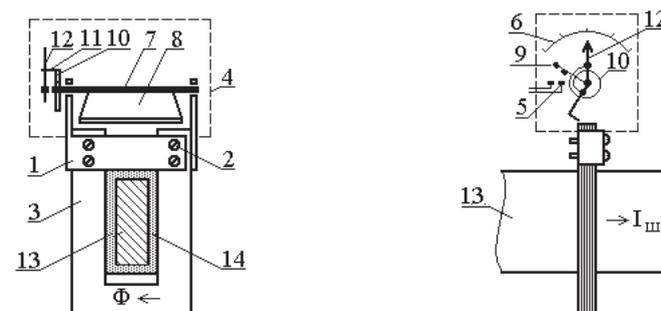


Рисунок 1 – Конструкция и установка МТТк на токоведущей шине

Установка МТТк на шину 13 осуществляется в следующей последовательности. Первоначально на шину накладывают изоляцию в виде ленты из стеклоткани, которую пропитывают эпоксидной смолой. Затем на эту изоляцию надевают МТТк. После затвердения изоляции МТТк оказывается надежно закрепленным на шине. Такая установка МТТк позволяет не только просто и надежно закрепить его на токоведущей шине, но и защитить обслуживающий персонал от поражения электрическим током при выставлении порога срабатывания.

При отсутствии тока в шине 13 якорь 8 удерживается в исходном положении пружиной 10 с силой $F_{п}$. При этом подвижные 9 и неподвижные 5 контакты находятся в разомкнутом положении. При появлении тока $I_{ш}$ в шине на якорь контактной системы МТТк начинает дополнительно

действовать электромагнитная сила $F_{эм}$, вызываемая протекающим по шине током. Эта сила по отношению к силе F_{II} направлена встречно.

Однако процесс разработки защит на МТТк невозможен без экспериментального исследования этого устройства. В связи с этим на кафедре «Электроэнергетика» Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова была разработана и изготовлена экспериментальная установка, электрическая схема которой приведена на рисунке 2.

Контур для формирования тока в шине электроустановки имеет прямоугольную форму. Он выполнен из алюминиевых шин АТ-1200 и закреплен на вертикальной стене лаборатории. Размеры контура приняты равными 0,9×2,0 м. Для обеспечения электрической безопасности персонала этот контур заземлен.

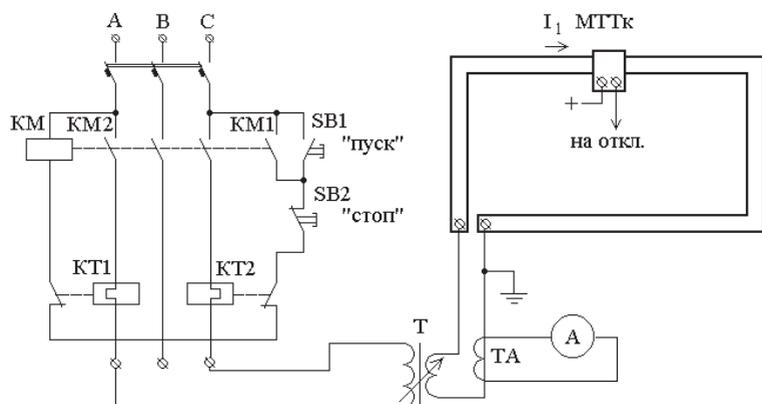


Рисунок 2 – Принципиальная схема экспериментальной установки

Плавная регулировка тока в контуре осуществляется с помощью выпускаемого промышленностью сварочного трансформатора Т марки ТДМ-317 У2. Этот трансформатор имеет встроенное устройство для двухступенчатого и плавного способа регулировки тока в пределах 75-400А в течение времени достаточного для проведения необходимых экспериментов. Кроме того, осуществляемая в настоящее время реконструкция трансформатора позволит не только расширить диапазон регулируемых токов, но и осуществлять скачкообразное изменение тока в контуре для имитации возникновения короткого замыкания в сети.

Присоединение контура к вторичной обмотке сварочного трансформатора Т осуществлено при помощи кабеля марки КГ сечением 50 мм² и медными наконечниками. Для измерения тока в контуре используется проходной

трансформатор тока ТА ТК-20 1000/5 с классом точности 0,5 и амперметр типа Э51 с классом точности 1,0.

Подключение сварочного трансформатора ТВА к электрической сети осуществляется с помощью автоматического выключателя ПА-50 и магнитного пускателя КМ типа ПМЕ-200.

Для регистрации результатов экспериментов используется двухлучевой осциллограф на базе персонального компьютера (ПК) с программным обеспечением «Елена 2012» выполненным в среде Делфи.

Анализ рисунков 1 и 2 показывает, что конструкция МТТк практически представляет собой токовое реле с обмоткой в виде одного витка выполненного из шины. Число витков в обмотке w_p и диапазон токов I_p срабатывания для реле типа РТ-40 приведены в таблице 1 взятой из [8].

Таблица 1 – Справочные данные реле типа РТ-40

Тип реле	Число витков в обмотке w_p , вит	Диапазон уставок реле I_p , А	Диапазон тока срабатывания МТТк $I_{с,МТТк}$, А
РТ-40/0,2	1560	0,05-0,1	78-156
РТ-40/0,6	440	0,15-0,3	66-132
РТ-40/2	150	0,5-1,0	75-150
РТ-40/20	16	5-10	80-160
РТ-40/50	6	12,5-25	75-150
РТ-40/200	2	50-100	100-200

То есть катушку токового реле типа РТ-40 с числом витков w_p , по которым протекает ток I_p можно заменить шиной, в которой протекает ток

$$I_{ш} = I_p w_p \cdot \tag{1}$$

В связи с этим, выбор типа токового реле для МТТк и процесс определения порога срабатывания для него осуществляется следующим образом. Например, если известно, что МТТк предназначен для реализации максимальной токовой защиты шинопровода. В этом случае [2] ток срабатывания МТТк определяется как

$$I_{с,МТТк} = \frac{k_n k_z}{k_g} I_{ш,макс} \tag{2}$$

где k_n – коэффициент надежности отстройки защиты принимаемый равным 1,1-1,25; k_z – коэффициент запаса принимаемый равным 2-3;

k_B – коэффициент возврата, который для реле РТ-40 равен 0,85; $I_{ш, \max}$ – максимальный ток в шинпроводе.

Выбор типа реле используемого для изготовления осуществляется по величине $I_{ш, \max}$ и диапазону тока срабатывания МТТк в таблице 1. Проверка работоспособности МТТк и исследование внешних факторов, способных повлиять на правильность его работы, осуществляется на экспериментальном стенде.

ВЫВОДЫ

Экспериментальный стенд позволяет исследовать поведение практически всех токовых защит, в которых в качестве измерительного преобразователя и реагирующего органа используется МТТк.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М. : Высшая школа. – 1991. – 495 с.
- 2 **Беркович, М. А., Молчанов, В. В., Семенов, В. А.** Основы техники релейных защит. – М. : Энергоатомиздат – 1984. – 232 с.
- 3 **Новожилов, Т. А., Новожилов, А. Н., Волгина, Е. М.** Измерение переменного тока в проводнике для нужд релейной защиты // Омский научный вестник № 3 (147), 2016. – С. 67.
- 4 Отчет о результатах командирования специалистов России на 38-ю сессию Международной конференции по большим электрическим системам высокого напряжения (СИГРЭ). Москва, 2001.
- 5 **Кудрявцев, А. А., Кузнецов, А. П., Григорьев, М. Н.** Максимальная токовая защита с магнитными трансформаторами тока. – М. : Энергоиздат – 1981. – 56 с.
- 6 **Новожилов, Т. А., Новожилов, А. Н., Волгина, Е. М.** Область использования магнитных трансформаторов тока в электроэнергетике. // Омский научный вестник № 3 (147), 2018. – С. 67–73.
- 7 **Новожилов, Т. А.** Максимальная токовая защита на герконе [Текст] / Новожилов А. Н., Попов А. П., Малинин Н. В. // Омский научный вестник № 3 (143), 2015. – С. 251–253.
- 8 **Алексеев, В. С.** Реле защиты [Текст] / Алексеев В. С., Варганов Б. И., Панфилов Б. И., Розенблум Р. З. – Л. : Энергия, 1976. – 464 с.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

А. Н. Новожилов¹, Т. А. Новожилов², Д. К. Асаинова³, Н. К. Канашев⁴
Магниттік ток трансформаторында контактісі бар максималды ток қорғауды тәжірибелік зерттеуге арналған қондырғы

^{1,3,4}Энергетика факультеті,
 С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
 Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;
²Энергетикалық институт,
 Омбы мемлекеттік техникалық университеті,
 Омбы қ., 644011, Ресей Федерациясы.
 Материал 26.03.20 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov¹, T. A. Novozhilov², D. K. Assainova³, N. K. Kanashev⁴
Installation for experimental research of maximum current protection on a magnetic current transformer with contact

^{1,3,4}Faculty of Energy Engineering,
 S. Toraighyrov Pavlodar State University,
 Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;
²Energy Institute,
 Omsk State Technical University,
 Omsk, 644011, Russian Federation.
 Material received on 26.03.20.

РТ-40 ток релесінің магниттік жүйесі негізінде жасалған контактісі бар магниттік трансформатордағы максималды ток қорғанысын тәжірибелік зерттеу үшін қондырғы жасалды және шығарылды. Осы эксперименттік қондырғының жобалық ерекшеліктері және максималды ток қорғанысы, сондай-ақ магниттік трансформаторды өз шинасында контактімен бекіту тәсілдері қарастырылған. Әр түрлі типтегі ток релелерінен жасалған контактісі бар магниттік ток трансформаторларының параметрлері және оларды қолдану аясы келтірілген. Сондай-ақ, эксперименттік қондырғыда қолданылатын электрлік құрылғылар мен өлшеу құралдарының техникалық сипаттамалары келтірілген.

The installation for experimental research of maximum current protection on a magnetic current transformer with a contact made on the basis of the magnetic system of the current relay RT-40 was developed and manufactured. The design features of this experimental installation and

maximum current protection, as well as methods of mounting a magnetic current transformer with a contact on its bus lead are considered. The parameters of magnetic current transformers with contact made of various types of current relays and their application are given. The technical characteristics of the electrical devices and measuring devices used in the experimental installation are also given.

ГРНТИ 45.03.03

**А. Н. Новожилов¹, Е. М. Волгина², Т. А. Новожилов³,
М. Е. Волгин⁴, Д. М. Рахимбердинова⁵**

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

²докторант PhD, Электроэнергетика, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., доцент, Энергетический институт, Омский государственный технический университет, г. Омск, Российская Федерация;

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

⁵докторант PhD, Электроэнергетика, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹novozhilova_on@mail.ru; ²volgina.em@mail.ru; ³timokvey@mail.ru; ⁴volgin_m@mail.ru; ⁵di_lara83@mail.ru

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ШИНЫ С ТОКОМ

Построение защит шинопроводов от коротких замыканий на магнитных трансформаторах тока невозможно без простого и достаточно точного метода моделирования магнитного поля его шин с током. Поэтому для определения параметров магнитных трансформаторов тока предложен метод моделирования магнитного поля шины с током, основанный на законе Био-Савара-Лапласа. Для его реализации разработаны математическая модель, позволяющая рассчитывать составляющие магнитного поля плоской и круглой шины. Осуществлена проверка адекватности этой математической модели путем сопоставления результатов расчета и эксперимента. Выявлено, что погрешность моделирования составляющих магнитного поля плоской и круглой шин не превышает 5–7 %.

Ключевые слова: магнитные трансформаторы тока, математическая модель, моделирование магнитного поля, релейная защита.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, несомненными достоинствами ТТ являются высокая точность измерения, значительная отдаваемая мощность, высокая надежность, а также хорошая помехозащищенность от влияния внешних магнитных полей вызванных токами в других токоведущих частях установленного электрического оборудования [1]. Однако, ввиду ряда недостатков, присущих ТТ, особенно высоковольтных, таких как большие габариты, материалоемкость, высокая стоимость, а также главным среди них ограничение на установку вызванное необходимостью врезки в измеряемую цепь, применение ТТ порой бывает невозможным. Последнее вызвано тем, что ТТ очень сложно установить там, где есть ограничение по размерам места установки, а проводник имеет значительные размеры, по которому проходят большие токи. К таким местам, например, можно отнести короткую сеть рудотермических печей ферросплавного производства, токопроводы электролизных установок и электрических станций.

Значительной части недостатков ТТ лишены магнитные трансформаторы тока (МТТ) различного вида [2–4]. Однако, для построения защит шинопроводов от коротких замыканий на МТТ, например, для рудотермического и электролизного производства необходим простой и достаточно точный метод моделирования магнитного поля шины с током.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как известно [5, 6] конструкция токопроводов представляет собой жесткие неизолированные проводники, из которых выполняются сборные шины распределительных устройств, а также осуществляющие электрическое соединение между аппаратами и сборными шинами. Основные формы поперечного сечения шин используемых в электроэнергетике приведены на рисунке 1.

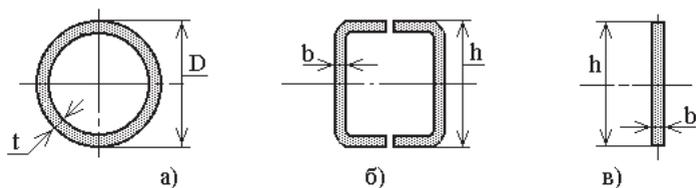


Рисунок 1 – Формы поперечного сечения шин

Самыми распространенными являются шины форма поперечного сечения которых изображена на рисунках 1,а и 1,в. Первые называют трубошинами. Они охлаждаются водой. При правильном выборе

соотношения толщины стенки t и диаметра трубы D обеспечивается хороший отвод тепла и высокая механическая прочность. Как правило, трубчатые шины используются в коротких сетях рудотермических производств и размещаются в короткой сети. Там они размещаются на опорных стержневых или штыревых изоляторах, а также могут крепиться к опорным конструкциям на подвесных изоляторах.

Вторые называются плоскими. Они обеспечивают хороший отвод тепла в окружающую среду, так как имеют большую поверхность охлаждения. Основной их характеристикой является соотношение сторон b и h . Именно из таких шин выполнены токопроводы переменного тока электролизного производства.

В основе предлагаемого метода моделирования магнитного поля шины с произвольным сечением лежит метод Био-Савара-Лапласа [7]. В соответствии с этим законом индукция магнитного поля элементарного проводника бесконечной длины с током определяется как

$$B_z = \mu_0 I_z / (2\pi r_z), \tag{1}$$

где μ_0 – магнитная проницаемость вакуума; r_z – расстояние от элементарного проводника с током I_z до точки A , в которой рассчитывается индукция магнитного поля.

Если допустить, что шина плоская шириной $h_{ш}$ имеет бесконечную длину, то с учетом закона Био-Савара-Лапласа и расчетной схемы на рисунке 2 составляющие индукции магнитного поля в точке A можно рассчитать приближенно, как магнитное поле от N элементарных проводников с током I_z

$$B_{xA} = \sum_{n=1}^N \frac{\mu_0 I_z}{2\pi r_{zn}} \frac{y_A}{r_{zn}} \text{ и } B_y = \sum_{n=1}^N \frac{\mu_0 I_z}{2\pi r_{zn}} \frac{|x_A - x_{zn}|}{r_{zn}}, \tag{2}$$

где X_A и y_A – координаты точки A , в которой рассчитывается индукция магнитного поля; $r_{zn} = \sqrt{y_A^2 + (x_A - x_{zn})^2}$ – расстояние между n – им элементарным проводником шины с током $I_z = I_{ш} / N$ и точкой A ; $I_{ш}$ – ток в шине.

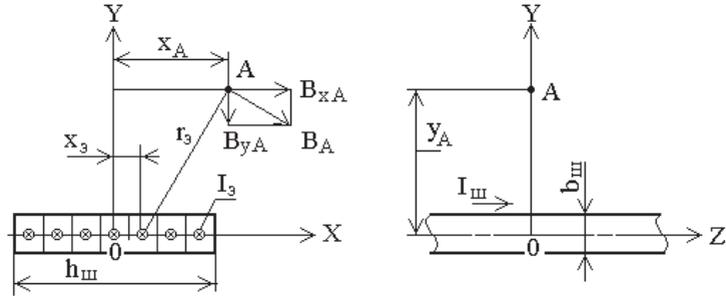


Рисунок 2 – Расчетная схема для моделирования магнитного поля плоской шины

Результаты моделирования составляющих индукции магнитного поля шины шириной $h_{III} = 0,12$ м при расстоянии $y_A = 0,04$ м и токе в ней $I_{III} = 300$ А приведены на рисунке 3, где линиями 1 и 2 показаны зависимости $B_{xA} = f(x_A)$ и $B_{yA} = f(x_A)$.

Экспериментальные значения индукция магнитного поля получались путем измерения ЭДС катушки от реле РП-11 [8–10] помещенной в магнитное поле из уравнения

$$B_A = \frac{E_A}{4,44f_c w_k a_x a_y} = \frac{E_A}{k_w}, \quad (3)$$

где E_A – действующее значение ЭДС измерительной катушки в точке А; f_c – частота сети; w_k – число витков катушки; a_x и a_y – размеры витка катушки вдоль осей X и Y расчетной схемы на рисунке 2.

Параметры измерительной катушки приведены в таблице.

Таблица – Параметры измерительной катушки

Тип реле	Усредненные размеры витка катушки, $a_x \times a_y$, м	Число витков w_k , вит	Коэффициент k_w
РП-11	0,026 × 0,021м	12500	1515

Результаты полученных экспериментально зависимостей $B_{xA} = f(x_A)$ и $B_{yA} = f(x_A)$ на рисунке 3 показаны точками. Сопоставление этих зависимостей полученных расчетным путем и экспериментально показывает, что погрешность моделирования с помощью разработанной методики не превышает 5–7 %.

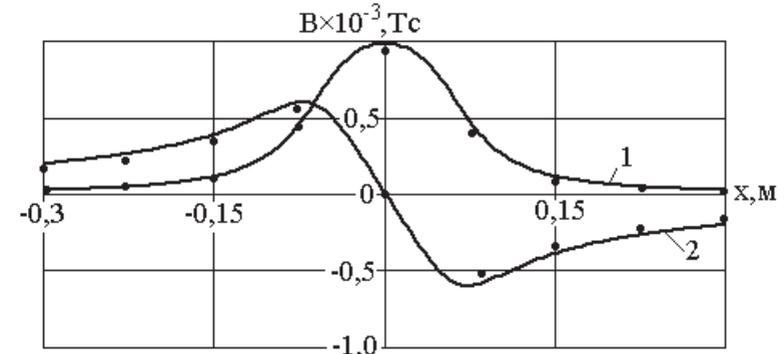


Рисунок 3 – Зависимость составляющих индуктивности магнитного поля плоской шины от координаты x_A

Если допустить, что шина круглая и имеет бесконечную длину, то с учетом закона Био-Савара-Лапласа [7] и расчетной схемы на рисунке 4 составляющие индукции магнитного поля в точке А можно рассчитать приближенно, как магнитное поле от N элементарных проводников с током I_3

$$B_x = \sum_{n=1}^N \frac{\mu_0 I_3}{2\pi r_{3n}} \frac{|y_A - y_{3n}|}{r_{3n}} \quad \text{и} \quad B_y = \sum_{n=1}^N \frac{\mu_0 I_3}{2\pi r_{3n}} \frac{|x_A - x_{3n}|}{r_{3n}}, \quad (4)$$

где $r_{3n} = \sqrt{(y_A - y_{3n})^2 + (x_A - x_{3n})^2}$ – расстояние между n – им элементарным проводником шины с током I_{III} / N и точкой А; x_A и y_A – координаты точки А; I_{III} – ток в шине.

Результаты моделирования составляющих индукции магнитного поля круглой шины шириной диаметром 0,06 м при расстоянии $y_A = 0,04$ м и токе в ней $I_{III} = 300$ А приведены на рисунке 5, где линиями 1 и 2 показаны зависимости $B_{xA} = f(x_A)$ и $B_{yA} = f(x_A)$.

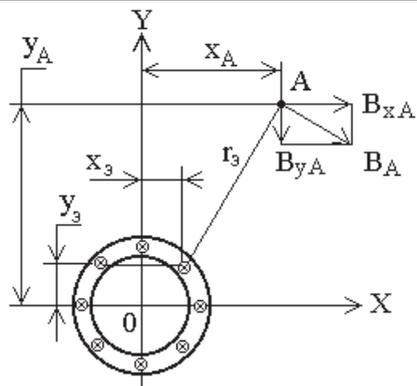


Рисунок 4 – Расчетная схема для моделирования магнитного поля круглой шины

Результаты полученных экспериментально зависимостей $B_{xA} = f(x_A)$ и $B_{yA} = f(x_A)$ на рисунке 5 показаны точками. Сопоставление этих зависимостей полученных расчетным путем и экспериментально показывает, что погрешность моделирования с помощью разработанной методики не превышает 5–7 %.

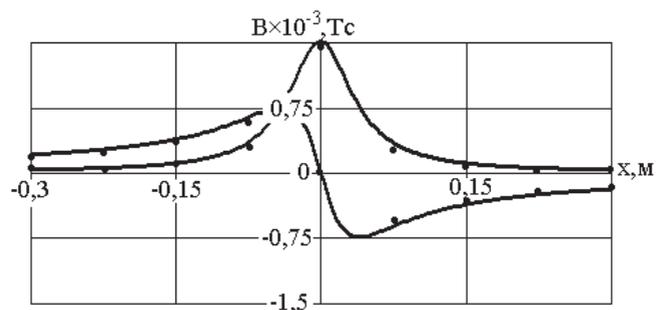


Рисунок 5 – Зависимость составляющих индуктивности магнитного поля круглой шины от координаты x_A

ВЫВОДЫ

1 В связи с тем, что строгое математическое решение задачи по определению составляющих магнитного поля плоской и круглой шины отсутствует предлагается для этого использовать закон Био-Савара-Лапласа.

2 Погрешность предложенного метода моделирования составляющих магнитного поля плоской и круглой шины с током не превышает 5–10 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Федосеев, А. М. Релейная защита электрических систем. – М. : Энергия, 1976. – 559 с.
- 2 Казанский, В. Е. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты. – М. : Энергия, 1969. – 184 с.
- 3 Кудрявцев, А. А. Максимальная токовая защита на магнитных трансформаторах тока. – М. : Энергоиздат, 1981. 56 с.
- 4 Григорьев, М. И., Кудрявцев, А. А., Кузнецов, А. И. и др. / Применение защиты МТЗ-М с магнитными трансформаторами тока.: Электрические станции, 1974, № 10, – с. 61–63.
- 5 <http://www.moselectroshield.ru> Токо- и шинопроводы 0,4-35 кВ с воздушной изоляцией.
- 6 <http://www.abs-zeim.ru> Комплектные токопроводы и шинопроводы.
- 7 Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. – М. : Высшая школа, 1967. – 775 с.
- 8 Какуевичкий, Л. И., Смирнова, Т. В. Справочник реле защиты и автоматики. – М. : Энергия, 1972. – 344 с.
- 9 Басс, Э. И., Жданов, Л. С. Катушки реле защиты и автоматики. – М. : Энергия, 1974. – 78 с.
- 10 Алексеев, В. С., Варганов, Б. И., Панфилов, Б. И., Розенблюм, Р. З. Реле защиты. – Л. : Энергия, 1976. – 464 с.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

А. Н. Новожилов¹, Е. М. Волгина², Т. А. Новожилов³, М. Е. Волгин⁴,
Д. М. Рахимбердинова⁵

Магниттік өрісті токпен шиналы модельдеу әдісі

^{1,2,4,5}Энергетика факультеті,

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

³Энергетика институты

Омск мемлекеттік техникалық университеті,
Омбы қ., 644000, Ресей Федерациясы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov¹, E. M. Volgina², T. A. Novozhilov³, M. E. Volgin⁴,
D. M. Rakhimberdinova⁵

Method of current's magnetic field simulation

^{1,2,4,5}Energy Faculty,
S. Toraighyrov Pavlodar state University
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;
³Energy Institute,
Industrial Enterprises's Power Supply Department,
Omsk State Technical University,
Omsk, 644000, Russian Federation.
Material received on 26.03.20.

Магниттік ток трансформаторларындағы қысқа тұйықталулардан сымдарды ғимараттың қорғанысы ток сымдарының магнит өрісін модельдеудің қарапайым және жеткілікті дәл әдісінің мүмкін емес. Сондықтан, магниттік ток трансформаторларының параметрлерін анықтау үшін Био-Савард-Лаплас заңына негізделген сымның магнит өрісін модельдеу әдісі ұсынылады. Оны жүзеге асыру үшін жазық және дөңгелек сымның магнит өрісінің компоненттерін есептеуге мүмкіндік беретін математикалық модель жасалды. Бұл математикалық үлгінің жеткіліктілігі есептеу мен эксперимент нәтижелерін салыстыру арқылы тексерілді. Тегіс және дөңгелек сымның магнит өрісінің компоненттерін модельдеу кезіндегі қателік 5–7%-дан аспайтыны анықталды.

The construction of wire protections against short circuits on magnetic current transformers is impossible without a simple and sufficiently accurate method for modeling the magnetic field of its current wires. Therefore, to determine the parameters of magnetic current transformers, a method is proposed for modeling the magnetic field of a wire with current, based on the Bio-Savard-Laplace law. For its implementation, a mathematical model has been developed that allows calculating the magnetic field components of a flat and round wire. The adequacy of this mathematical model was verified by comparing the results of calculation and experiment. It was revealed that the error in modeling the components of the magnetic field of a flat and round wire does not exceed 5–7 %.

ГРНТИ 621.313

**А. Н. Новожилов¹, Т. А. Новожилов²,
Д. К. Асаинова³, Н. К. Канашев⁴**

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

²к.т.н., доцент, Энергетический институт, Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация;

³докторант, 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: ¹novozhilova_on@mail.ru; ²timokvey@mail.ru; ³diannn@mail.ru; ⁴nurik_kanash@mail.ru

МАКСИМАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА НА МАГНИТНОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ ТОКА С КОНТАКТОМ

Разработано и изготовлено экспериментальное устройство максимальной токовой защиты на магнитном трансформаторе тока с контактом, выполненным на основе магнитной системы токового реле РТ-40/0,2. Рассмотрена последовательность изготовления магнитного трансформатора тока с контактом из реле РТ-40/0,2, а также способы крепления этого магнитного трансформатора тока на ее токоведущей шине. Разработана расчетная схема и методика определения параметров МТТк. Рассмотрены процессы, протекающие в МТТк. Выявлена зависимость механической силы F_{π} от величины тока в обмотке. Определены параметры магнитных трансформаторов тока с контактом, изготавливаемых из различного типа токовых реле и область их применения. Осуществлена экспериментальная проверка работоспособности такой конструкции МТТк, которая показала, что результаты расчета тока срабатывания МТТк и его измеренное значение различаются не более чем на 5 %.

Ключевые слова: релейная защита, максимальная токовая защита, магнитный трансформатор тока.

ВВЕДЕНИЕ

Чаще всего для защиты элементов электрических станций и электроэнергетических систем от коротких замыканий используют максимальную токовую защиту. Традиционно при ее реализации используют измерительный преобразователь в виде трансформатора тока и реагирующий орган в виде токового реле [1–3].

Однако установка трансформатора тока требует врезки его первичной обмотки в цепь питания защищаемых элементов электрических станций и электроэнергетической систем. Именно это и обуславливает основные недостатки трансформаторов тока, к которым относят большие размеры и стоимость трансформаторов тока. Кроме того, из-за конструктивных особенностей целого ряда элементов электроэнергетических систем трансформаторы тока, а следовательно и защиты на них установить вообще невозможно [4, 5].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В ряде случаев эту проблему удастся решить, используя в качестве измерительного преобразователя и реагирующего органа герметичный контакт (геркон). Примером использования такого датчика для построения максимальной токовой защиты может служить устройство, которое разработано на кафедре «Электроэнергетика» в Павлодарском государственном университете им. С. Торайгырова для установки его в ячейке комплектного распределительного устройства [6].

Однако и такая реализация максимальной токовой защиты обладает целым рядом недостатков, к которым следует отнести отсутствие исследований в области изменения характеристик геркона в процессе эксплуатации, несовершенство крепления и способов выставления порога срабатывания защиты, размещаемой в непосредственной близости от токоведущих частей, а также фиксированным порогом срабатывания геркона.

В значительной мере, избежать перечисленных недостатков можно, если максимальную токовую защиту реализовать на магнитных трансформаторах тока (МТТ) [7, 8]. Однако МТТ таких защит имеют малую отдаваемую мощность. А потому их реализация сопряжена со значительными техническими трудностями.

Избежать этого можно, если максимальную токовую защиту реализовать на МТТ с контактом (МТТк), выполненную на базе магнитной системы и контактов токового реле РТ-40. На рисунке 1, а схематично представлена

конструкция МТТк и ее размещение на плоской токоведущей шине 1 напряжением 0,4 кВ. Это устройство содержит алюминиевую стойку 2, к которой с помощью винтов 3 прикреплены с одной стороны магнитопроводы 4 и 5, а с другой стороны неподвижная и подвижная части контактной системы 6. Неподвижная часть этой системы включает в себя неподвижные контакты 7 и шкалу 8. Подвижная часть системы состоит из закрепленного на оси 9 якоря 10 и подвижных контактов 11. Связь между подвижной и неподвижной частями осуществляется с помощью дисковой пружины 12, которая одним концом прикрепляется к оси 9 якоря 10, а другим концом с помощью поводка 13 к рычагу 14, с помощью которого выставляется порог срабатывания за счет натяжения противодействующей пружины 12. Таким образом, при отсутствии тока в шине 1 якорь 10 удерживается в исходном положении пружиной 12, при этом подвижные 11 и неподвижные 7 контакты находятся в разомкнутом положении. На концах магнитопроводов 4 и 5 с помощью алюминиевой планки 15 и винтов 16 закрепляется магнитопровод 17. Такая конструкция значительно облегчает установку и крепление МТТк на шине. При установке МТТ с целью защиты обслуживающего персонала от поражения электрически током, например, при выставлении порога устройства защиты срабатывания на шину 1 накладывается изоляция 18.

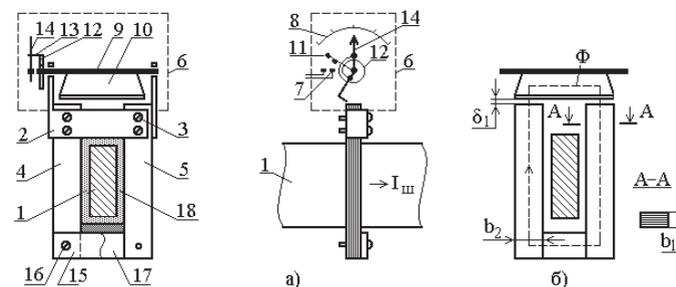


Рисунок 1 – Конструкция и установка МТТ с контактами и его расчетная схема

При изготовлении МТТ с контактами из реле РТ-40, у него отделяют основание реле, часть алюминиевой стойки и перемычку 17 магнитопровода, которая затем устанавливается на место с помощью планки 15 и винтов 16.

В этом устройстве защиты на якорь контактной системы МТТк во время работы будет действовать две силы, направленные на встречу. С одной стороны это сила F_{II} сжимающейся при повороте якоря пружины, а с другой стороны электромагнитная сила $F_{эм}$, вызываемая протекающим по шине током I_p .

Для определения параметров МТТ используется расчетная схема на рисунке 1,б. При прохождении тока по шине из алюминия или меди в магнитной системе МТТк на рисунке 1,б возникает магнитный поток Φ . Этот магнитный поток замыкается через якорь 10, магнитопроводы 4, 5 и 17, а также воздушные два зазора величиной δ_1 . В результате создается электромагнитная сила, стремящаяся притянуть якорь к магнитопроводам. Величину этой силы с учетом [3, 9] можно определить из выражения

$$F_{эм} = 0,5I_{ш}^2 d\lambda / d\delta_1 = 0,5I_{ш}^2 G_M, \quad (1)$$

где $I_{ш}$ – ток в шине; λ – магнитная проводимость; δ_1 – длина силовой линии; G_M – магнитная проводимость магнитной системы МТТк.

Если считать, что ферромагнитные якорь и магнитопроводы выполнены из магнетомягкого материала и не насыщены, то тогда

$$d\lambda / d\delta_1 = 4\pi S_{\delta_1} / \delta_1^2, \quad (2)$$

а электромагнитная сила МТТк

$$F_{эм} = 2\pi S_{\delta_1} I_{ш}^2 / \delta_1^2 = k_{эм} I_{ш}^2 / (2\delta_1)^2, \quad (3)$$

где $S_{\delta_1} = b_1 b_2$ – площадь сечения воздушного зазора в области расположения якоря.

Механическую силу $F_{пр}$ сжимающейся при повороте якоря пружины для конкретного типа реле обычно определяют по его тяговой характеристике, получаемой, как правило, экспериментальным путем. Пример такой характеристики для реле типа РТ-40/0,2 с воздушным зазором $\delta_1 = 0,6$ мм [10], приведен на рисунке 2,а. Следует заметить, что при последовательном соединении катушек обмотки реле, ток срабатывания этого реле будет располагаться в интервале 0,05-0,1 А. Этот интервал отмечен на графике токами «а» и «б». Таким значениям тока в обмотке по математическому выражению (3) соответствует электромагнитная сила равная 0,026–0,134 Н. Коэффициент k в выражении (3) можно определить из этого выражения для момента срабатывания реле, при котором электромагнитная сила $F_{эм}$ становится равной механической силе $F_{пр}$ пружины. В результате

$$k_{эм} = F_n (2\delta_1)^2 / (I_p w_p)^2, \quad (4)$$

где w_p и I_p – число витков и ток в обмотке реле. У реле РТ-40/0,2 $w_p = 1560$ вит.

Зависимость величины коэффициента $k_{эм}$ от тока в обмотке реле типа РТ-40/0,2, рассчитанная по выражению (3) приведена на рисунке 2,б. Используемое в расчетах параметров МТТк значение этого коэффициента k_p принимается равным его средней величине в интервале «а-б». Из этого следует, что для реле РТ-40/0,2 k_p можно принимать равным $8,53 \times 10^{-12}$.

Момент срабатывания МТТк возникает тогда, когда электромагнитная сила $F_{эм}$ становится равной механической силе пружины $F_{пр}$. Приняв это в (3) для МТТк на базе реле РТ=40/0,2 с воздушным зазором $\delta_1 = 0,6$ мм можно получить

$$F_n = k_{эм} I_{ш}^2 / (2\delta_1)^2 = 8,53 \times 10^{-12} \times 0,05^2 \times 1580 / (2 \times 0,6 \times 10^{-4})^2 = 3,6039 Н. \quad (5)$$

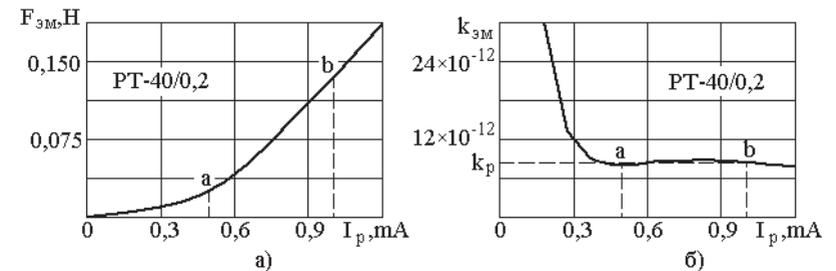


Рисунок 2 – Зависимости $F_{эм} = f(I_p)$ и $k_{эм} = f(I_p)$ для реле РТ-40/0,2

При этом ток срабатывания МТТк

$$I_{ср} = \sqrt{F_n (2\delta_1)^2 / k_{эм}} = \sqrt{F_n (2 \times 0,6 \times 10^{-4})^2 / (8,53 \times 10^{-12})} = 78 А \quad (6)$$

Экспериментальная проверка работоспособности такой конструкции МТТк показала, что результаты расчета тока срабатывания МТТк и его замеренное значение различаются не более чем на 5 %. Есть основание полагать, что такое различие вызвано наличием дополнительных воздушных зазоров из-за технологического разреза магнитопровода.

ВЫВОДЫ

1 Разработанная математическая модель магнитного поля шины дает возможность рассчитывать параметры МТТ с точностью, удовлетворяющей требования релейной защиты.

2 Предложенная максимальная токовая защита на МТТ проста и позволяет использовать ее там, где существуют ограничение на установку

трансформатора тока по размерам места установки и конструкции проводника, в разрыв которого он устанавливается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Федосеев, А. М.** Релейная защита электрических систем. – М. : Энергия, 1976. – 559 с.

2 **Беркович, М. А., Молчанов, В. В., Семенов, В. А.** Основы техники релейных защит. – М. : Энергоатомиздат 1984. – 232 с.

3 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М. : Высшая школа. – 1991. – 495 с.

4 **Казанский, В. Е.** Измерительные преобразователи тока в релейной защите. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 240 с.

5 **Новожилов, Т. А., Новожилов, А. Н., Волгина, Е. М.** Область использования магнитных трансформаторов тока в электроэнергетике. // Омский научный вестник. – 2018. – № 3 (147). – С. 67–73.

6 **Новожилов, Т. А.** Максимальная токовая защита на герконе [Текст] / Новожилов А. Н., Попов А. П., Калинин Н. В. // Омский научный вестник. – 2015. – № 3 (143). – С. 251–253.

7 Пат. 2 705 213 Российская Федерация МПК H02H 3/28, H02H 7/08. Устройство максимальной токовой защиты электрической установки [Текст] / Никитин К. И., Иванов Г. В., Новожилов А. Н., Новожилов Т. А., Волгина Е. М.: Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет» (ТИУ) (RU). – №2019104224; заявл. 14.02.2019; опубл. 06.11.2019, Бюл. № 31. – 10 с.: ил.

8 **Кудрявцев, А. А.** Максимальная токовая защита на магнитных трансформаторах тока. – М. : Энергоиздат, 1981. – 56 с.

9 **Бессонов, Л. А.** Теоретические основы электротехники. – М. : Высшая школа, 1967. – 775 с.

10 **Алексеев, В. С.** Реле защиты [Текст] / Алексеев В. С., Варганов Б. И., Панфилов Б. И., Розенблюм Р. З. – Л. : Энергия, 1976. – 464 с.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

А. Н. Новожилов¹, Т. А. Новожилов², Д. К. Асаинова³, Н. К. Канашев⁴

Контакті бар магниттік ток трансформаторындағы максималды ток қорғанысы

^{1,3,4}Энергетика факультеті,

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

²Энергетикалық институт,

Омбы мемлекеттік техникалық университеті,
Омбы қ., 644011, Ресей Федерациясы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov¹, T. A. Novozhilov², D. K. Assainova³, N. K. Kanashev⁴

Overcurrent protection on a magnetic current transformer with a contact

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

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

²Energy Institute,

Omsk State Technical University,
Omsk, 644011, Russian Federation.

Material received on 26.03.20.

РТ-40/0,2 ток релесінің магниттік жүйесі негізінде орындалған контактсі бар токтың магниттік трансформаторында максималды ток қорғанысының эксперименталдық құрылысы әзірленді және дайындалды. РТ-40/0,2 релесі бар токтың магнит трансформаторын жасау реті, сондай-ақ осы токтың магнит трансформаторын ток өткізгіш шинасына бекіту тәсілдері қарастырылды. Есептік сызба және контактпен магниттік ток трансформаторының параметрлерін анықтау әдістемесі әзірленді. Магниттік ток трансформаторында контактпен өтетін процестер қарастырылған. Механикалық күштің орамадағы ток шамасына тәуелділігі анықталды. Әр түрлі ток релелерінен жасалынатын контактсі бар магниттік трансформаторларының параметрлері және олардың қолданылу саласы анықталды. Контактсі бар магниттік ток трансформаторының жұмыс істеу қабілетін эксперименттік тексеру жүзеге асырылды, ол контактсі бар магниттік ток трансформаторының жұмыс істеу тогын есептеу нәтижелері және оның өлшенген мәні 5 %-дан артық емес екенін көрсетті.

An experimental device for overcurrent protection on a magnetic current transformer with a contact made on the basis of the magnetic system of the current relay RT-40/0.2 was developed and manufactured. The sequence of manufacturing a magnetic current transformer with a contact from the RT-40/0.2 current relay, as well as methods for attaching this magnetic current transformer to its current-carrying bus are considered. A design scheme and methodology for determining the parameters of magnetic current transformer with a contact are developed. The processes occurring in the magnetic current transformer with a contact are considered. The dependence of the mechanical force on the value of the current in the winding has been identified. The parameters of magnetic current transformers with a contact made of various types of current relays and the scope of their application are determined. An experimental test of the performance of such design of the magnetic current transformer with a contact was carried out, which showed that the results of calculating the seal-in current of the magnetic current transformer with a contact and its measured value differ by no more than 5 %.

ГРНТИ 68.85.35

**С. О. Нукешев¹, А. М. Абдыров², Д. З. Есхожин³,
Е. С. Ахметов⁴, Б. Ж. Сактаганов⁵, К. М. Тлеумбетов⁶**

¹д.т.н., профессор, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

²д.п.н., к. т. н., профессор, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

³д.т.н., профессор, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., доцент, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

⁵магистр, докторант, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан;

⁶магистр, докторант, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан

e-mail: ¹snukeshev@mail.ru; ²abdyrov@rambler.ru; ³deshojin@mail.ru; ⁴erzhanas_75@mail.ru; ⁵sbaxitbek@mail.ru; ⁶kleumbetov@mail.ru

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЧИЗЕЛЯ-УДОБРИТЕЛЯ ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В статье рассматриваются вопросы технологического процесса взаимодействия рабочих органов чизель-удобрителя с минеральными удобрениями и почвой. Исходя из условия минимальности энергетических расходов – тягового усилия определены оптимальные параметры рабочего органа. На основе методов классической механики определены параметры распределителя минеральных удобрений. Проведены лабораторные и полевые исследования с целью энергетической оценки рабочего

органа, проверки его работоспособности и оптимизации параметров. Опыты показали, что чизель-удобритель обеспечивает обработку почвы и внесение основных доз минеральных удобрений на глубины 6...8, 16...18, 23...25 см с неравномерностью распределения между отводами 5...8,6 %.

Ключевые слова: чизель-удобритель, минеральные удобрения, рабочий орган, рассеиватель.

ВВЕДЕНИЕ

Проведенный анализ существующих способов заделки удобрений позволяет сделать заключение о том, что в засушливых условиях необходимо отказаться от традиционных способов с хаотичным размещением туков в пахотном слое почвы и разработать новые, которые позволили бы управлять этим процессом с целью повышения эффективности вносимых туков.

Как показали исследования при разработке приемов повышающих использование удобрений из почвы, необходимо руководствоваться принципом: не удобрять почву, а питать растения через почву. Этот принцип взят за основу при разработке машин для ярусного внесения минеральных удобрений. Ученые агрохимики сходятся во мнении, что удобрения необходимо размещать в трех слоях пахотного горизонта, причем каждый слой должен иметь такое содержание NPK, которое соответствует потребности растений на каждом этапе их развития: первый для питания растений в начальный период, второй – для питания растений в течение периода роста и третий – в период развития [1].

Техническое решение этого вопроса осуществляется путем совмещения операций внесения и заделки удобрений. В нашей стране и за рубежом имеется некоторый опыт объединения этих операций. В этом случае представляется возможным заделывать туки в слои почвы, наиболее обеспеченные влагой.

Рассматривая технологический процесс внесения удобрений не как отдельную технологическую операцию, а как часть «сложного» комплекса системы земледелия, т.е. во взаимосвязи со способами обработки почвы и посева, на кафедре технической механики КАТУ им.С.Сейфуллина разработаны основные способы ярусной заделки удобрений применительно к условиям Северного Казахстана [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Чизель-удобритель содержит параллелограммную раму с установленными на нем наклонно рабочими органами, опорные колеса, бункер и прицеп.

Основным рабочим органом чизеля-удобрителя является наклонная стойка с углом наклона 40–45°. В процессе работы рабочие органы приподнимают и смещают пласт, разбивают и крошат уплотненные участки почвы. Конструкция рабочего органа позволяет получать минимальные развальные борозды. В наклонной части чизельного рабочего органа на передней фронтальной стороне закреплена накладка клиновидной формы. На конце стойки чизельного рабочего органа неподвижно размещен башмак, к которому с помощью болтового соединения прикреплено долото. С тыльной задней стороны наклонного чизельного органа закреплен прямоугольный рассеиватель минеральных удобрений, который обеспечивает равномерное распределение минеральных удобрений внутри почвы наклонной лентой на глубины 6...8, 16...18, 23...25 см. Закрепленная в наклонной части на его передней фронтальной стороне накладка клиновидной формы имеет площадь обращенной вниз грани в 2,2...2,5 раза меньшую, чем площадь обращенной вверх грани. Прямоугольный рассеиватель минеральных удобрений выполнен с обращенной вверх наклонной боковой поверхностью наклонной части чизельного рабочего органа заподлицо. А по отношению к обращенной вниз наклонной боковой поверхности наклонной части чизельного рабочего органа нижняя внешняя боковая наклонная поверхность прямоугольного рассеивателя минеральных удобрений выполнена сдвинутой в сторону обращенной вверх наклонной боковой поверхности наклонной части чизельного рабочего органа на 2...3 мм.

Анализируя действие сил при перемещении рабочего органа чизеля – удобрения внутри почвы, получена зависимость тягового усилия от его конструктивных параметров и физико-механических свойств почвы:

$$P_A \sin(\alpha + \varphi) = bh\rho(B + \frac{C}{2} \cos\varphi \cdot \sin 2\alpha) \frac{v^2}{A}, \quad (1)$$

где b – ширина захвата; h – глубина рыхления; ρ – плотность почвы; α – угол резания; φ – угол трения; l_{σ} – длина боковой грани клина; l_a – длина лезвия; $\sigma_{сж}$ – временное сопротивление почвы сжатию.

Исходя из условия минимальности тягового усилия определены оптимальные значения угла резания $\alpha=16-20^\circ$ и скорости агрегата $v=1,8-2,0$ м/с. Расстояние между стойками – 400 мм, между наклонными лентами удобрений – 140 мм.

Минеральные удобрения поступают от вертикальной части рассеивателя сверху вниз, рис.1.

Через элементарное сечение dS вертикального рассеивателя в течение определенного периода времени проходит удобрение весом Q , его расстояние

до InI-го сечения трубок рассеивателя можно считать однородным и равномерно распределенным по сечению dS [3].

Постановка задачи состоит в том, что в едином вертикальном потоке Q был разделен на равномерные потоки n после перехода в наклонное положение, т.е.:

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n &= Q, \\ Q_1 &= Q_2 = \dots = Q_n = \frac{1}{n} Q. \end{aligned} \quad (2)$$

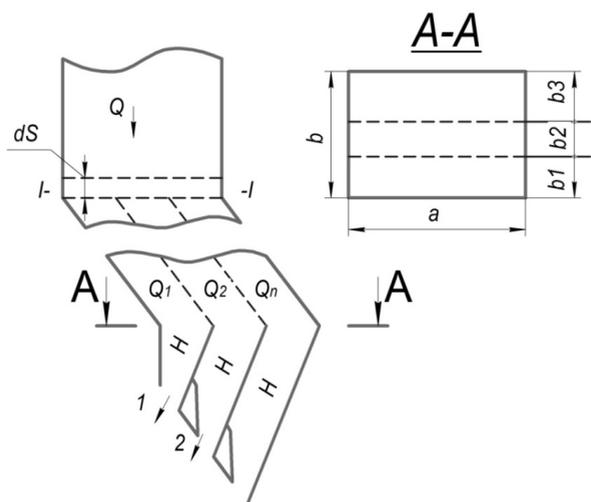


Рисунок 1 – Распределение удобрений в рассеивателе

В зависимости от конструкции рабочего органа рассеиватель имеет форму прямоугольника по A-A с размерами граней a и b.

В сечении A-A при встрече потока с направляющими H уравнение (2) можно записать в виде:

$$\begin{aligned} ab_1 \gamma_1 + ab_2 \gamma_2 + \dots + ab_n \gamma_n &= ab \gamma, \\ ab_1 \gamma_1 &= ab_2 \gamma_2 = \dots = ab_n \gamma_n = \frac{1}{n} ab \gamma. \end{aligned} \quad (3)$$

где: a – ширина трубки рассеивателя;

b₁, b₂, ..., b_n – высота условных слоев удобрений в распределенных Q₁, Q₂, ..., Q_n потоках;

γ₁, γ₂, ..., γ_n – объемный вес удобрений в распределенных Q₁, Q₂, ..., Q_n, потоках;

γ – объемная масса удобрений в потоке γ – γ.

После сокращения на получаем:

$$\begin{aligned} b_1 \gamma_1 + b_2 \gamma_2 + \dots + b_n \gamma_n &= b \gamma, \\ b_1 \gamma_1 &= b_2 \gamma_2 = \dots = b_n \gamma_n = \frac{1}{n} b \gamma, \end{aligned} \quad (4)$$

где:

$$\begin{aligned} b_1 + b_2 + \dots + b_n &= b; \\ \frac{1}{n} (\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n) &= \gamma. \end{aligned} \quad (5)$$

Очевидно, что высота трубок рассеивателя определена конструктивно. Действительный объемный вес удобрений можно определить путем измерения единичного объема.

Отсюда следует, что неизвестная высота условных слоев удобрений b₁, b₂, ..., b_n должна определяться через известные и γ.

Рассмотрим второе уравнение с b (3):

$$\begin{aligned} b_1 \gamma_1 &= b_2 \gamma_2; \frac{b_1}{b_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}; \\ b_2 \gamma_2 &= b_3 \gamma_3; \frac{b_2}{b_3} = \frac{\gamma_3}{\gamma_2}; \\ b_1 \gamma_1 &= b_3 \gamma_3; \frac{b_1}{b_3} = \frac{\gamma_3}{\gamma_1}; \\ \dots &\dots \\ b_1 \gamma_1 &= b_n \gamma_n; \frac{b_1}{b_n} = \frac{\gamma_n}{\gamma_1}. \end{aligned} \quad (6)$$

Из формулы (5) следует, что отношение высоты условных слоев равно обратному отношению объемного веса удобрений к массе примесей удобрений.

С учетом второго уравнения b (3), (5) можно выразить в виде:

$$\begin{aligned} nb_1 \gamma_1 &= b \gamma; \quad b_1 = \frac{b \gamma}{n \gamma_1}, \\ nb_2 \gamma_2 &= b \gamma; \quad b_2 = \frac{b \gamma}{n \gamma_2}, \\ \dots &\dots \\ nb_n \gamma_n &= b \gamma; \quad b_n = \frac{b \gamma}{n \gamma_n}. \end{aligned} \quad (7)$$

Учитывая зависимости (2–7), для определения размера сечений трубок прямоугольного рассеивателя минеральных удобрений определен массовый расход удобрений за 1 час при максимальной дозе 400 кг/га:

$$Q_m = W \cdot P, \quad (8)$$

$$Q_m = 4.86 \cdot 400 = 1944 \text{ кг/ч.}$$

Объемный расход минеральных удобрений за 1 час работы

$$Q = \frac{Q_m}{\rho}, \quad (9)$$

$$Q = \frac{Q_m}{\rho} = \frac{1944}{600} = 3,24 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

где $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$ плотность минеральных удобрений.

Поделив полученное значение на количество рабочих органов, можно получить объемный расход минеральных удобрений 1 рабочего органа, $n = 12$ – количество рабочих органов:

$$Q_{p.o} = \frac{Q}{n}, \quad (10)$$

$$Q_{p.o} = \frac{3,24}{12} = 0,27 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} = \frac{0,27}{3600} \text{ м}^3/\text{с} = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Площадь поперечного сечения равна

$$S = \frac{Q_{p.o}}{v}, \quad (11)$$

$$S = \frac{7,5 \cdot 10^{-5}}{10} = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Скорость подачи минеральных удобрений равна $v = 10 \text{ м/с}$. Так как рабочий орган рассеивателя состоит из 3 трубок, то требуемая площадь поперечного сечения 1 трубки:

$$S_{o.r} = \frac{7,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{3} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Рассмотрим площадь поперечного сечения трубки распределителя. Для труб круглого сечения диаметром 25 мм и 32 мм площадь поперечного сечения составит:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (12)$$

$$S_1 = \frac{3.14 \cdot 0.025^2}{4} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

$$S_2 = \frac{3.14 \cdot 0.032^2}{4} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Для трубы квадратного сечения размерами 30x30 мм (ширина трубы распределителя не должна быть больше ширины стойки рабочего органа): $S_3 = 0,03 \cdot 0,03 = 0,0009 \text{ м}^2 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$

Расчеты показали, что площадь поперечного сечения квадратной трубы больше площади круглого сечения и соответствует требуемой площади поперечного сечения трубы рассеивателя для обеспечения необходимой производительности.

На основе этих параметров разработан макетный образец заделывающего рабочего органа, рис. 2.



Рисунок 2 – Рабочий орган для внесения минеральных удобрений

Проведены лабораторные исследования по оптимизации его параметров. Для экспериментальной проверки проведено динамо-метрирование рабочего органа на почвенном канале, рисунки 3, 4.

Почвенный канал оснащен измерительной информационной системой и электронным динамометром ДЭПЗ-1Д-10Р-2 с регистрацией данных на

ПК и имеющим предельную допускаемую относительную погрешность соответствия по ГОСТ Р 8.663-2009 для 2-го класса $\pm 0,45\%$ [4].



Рисунок 3 – Определение тягового усилия на почвенном канале

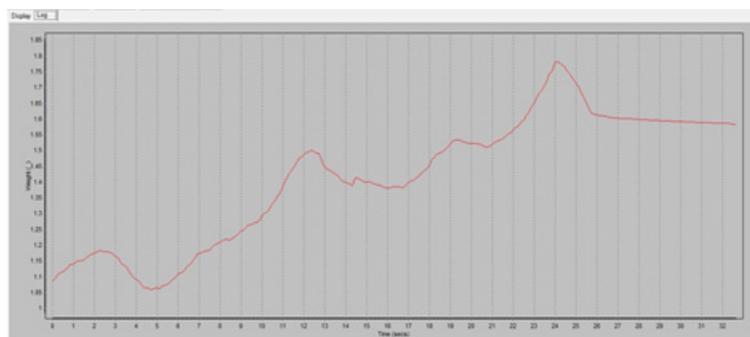


Рисунок 4 – График изменения тягового усилия на почвенном канале

Согласно результату динамометрирования максимальное усилие одного рабочего органа при глубине обработки 0,25 м составляло 1870 Н, что подтверждает удовлетворительную сходимость данных теоретических и экспериментальных исследований (95,5 %).

Лабораторная установка в соответствии с рисунком 5 состоит из рамы, на которой установлены фрагмент бункера, рабочий орган и бегущая лента. В лабораторных опытах частоты вращения туковысеивающей катушки и барабана бегущей ленты измерялись тахометром СК, время секундомером и удобрения взвешивались на весах CAS MW-II – 300 BR с точностью до 0,05 гр.

Входными факторами являлись: угол наклона, α ; угол наклона рассеивателя, β ; шаг между разделителями, мм; ширина рассеивателя, b мм.

Также рассмотрев уравнения получим следующие натуральные значения факторов в центре эксперимента: $\alpha = 42^\circ$; $\beta = 28^\circ$; $S = 15$ мм

Нестабильность внесения в центре фигуры равна 3,84 %.

Как видно из приведенных результатов, центры экспериментов для неравномерности распределения между отводами рассеивателя и нестабильности внесения практически совпадают, поэтому полученные значения параметров можно считать оптимальными.



1 – бегущая лента, 2 – туковысеивающий аппарат, 3 – бункер, 4 – тукопровод, 5 – чизельный рабочий орган с рассеивателем, 6 – привод.

Рисунок 5 – Лабораторная установка

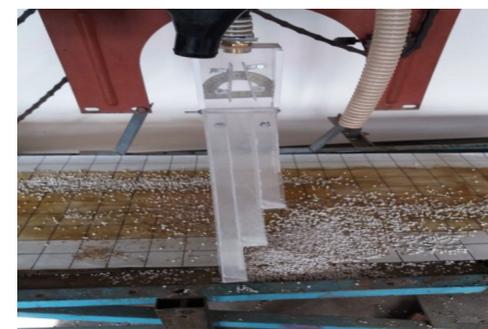


Рисунок 6 – Рассеиватель удобрений

Рассеиватель был изготовлен из частей органического стекла, шарнирно соединенных между собой и позволяющих менять параметры согласно матрице планирования экспериментов, рис. 6.

Макетный образец чизель-удобрителя содержит параллелограммную раму с установленными на нем наклонно рабочими органами, опорные колеса, бункер и прицеп.

На раме установлены 12 рабочих органов в виде наклонной стойки с углом наклона 40–45°. С тыльной задней стороны наклонного чизельного органа закреплен прямоугольный рассеиватель минеральных удобрений, который обеспечивает распределение минеральных удобрений внутри почвы наклонной лентой на глубины 6...8, 16...18, 23...25 см.

Бункер разработан на базе бункера сеялки типа СЗС, при этом он увеличен в ширине и высоте и добавлены 3 высевальные аппараты. Емкость бункера увеличена с 0,415 до 1,0 м³. Высевальные аппараты получают привод от приводного колеса посредством цепной передачи и бесступенчатого редуктора.

Дифференциация доз осуществляется за счет изменения частоты вращения катушек путем изменения положения управляющей ручки редуктора с помощью линейного актуатора, связанного с системой контроля и управления дифференциацией доз внесения минеральных удобрений в системе точного земледелия [5].

Целью полевых испытаний макетного образца чизеля-удобрителя являлось проверка работоспособности агрегата в целом, туковывсевающих устройств и тукозаделывающих рабочих органов с уточненными основными параметрами и режимами их работы.



Рисунок 7 – Полевые испытания чизеля-удобрителя

Основными рабочими органами приняты усовершенствованные желобчато-катушечные высевальные аппараты и рассеиватели чизельного рабочего органа с установленными оптимальными параметрами. Полевые испытания машины осуществлены на стерневом и паровом фонах кампуса КАТУ им. С. Сейфуллина, рисунок 7 [6, 7].

Глубина заделки удобрений и ширина ленты удобрений определены в полевых условиях. На опытных участках слой почвы (до 35 см) умеренно сухой, в среднем горизонте (5...15 см) его влажность не более 14 %, что несколько ниже, чем оптимальная по АТТ (16–21%). В отмеченных условиях чизель-удобритель обеспечивает обработку почвы и одновременно вносит гранулированные минеральные удобрения на глубины 6...8, 16...18, 23...25 см с неравномерностью распределения между отводами 5...8,6 %.

ВЫВОДЫ

1. Энергетическая оценка показала, что максимальное усилие одного рабочего органа при глубине обработки 0,25 м составляет 1870 Н. Из этого следует, что для агрегатирования разработанного технического средства необходимо использовать трактора 5 класса.

2. Опыты показали, что чизель-удобритель обеспечивает обработку почвы и одновременно вносит гранулированные минеральные удобрения на глубины 6...8, 16...18, 23...25 см с неравномерностью распределения между отводами 5...8,6 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Дементьев, А. И.** Совершенствование технологии и технических средств внесения удобрений в засушливых условиях Поволжья: дис. докт. техн. наук. – Саратов, 1995. – 70 с.

2 **Догановский, М. Г., Козловский, Е. В.** Машины для внесения удобрений. – М. : Машиностроение, 1972. – 272 б.

3 **Карпенко, А. Н., Халанский, В. М.** Сельскохозяйственные машины – М. : Агропромиздат, 1989. – 527 б.

4 **Назаров, С. И.** Экспериментально-теоретические основы механизации процессов сплошного внесения минеральных удобрений. – М. : Машиностроение, 1972. – 272 б.

5 **Завалишин, Ф. С., Мацнев, М. Г.** Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. – М. : Колос, 1982. – С. 100–136.

6 ГОСТ 28714 – 90 Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний. Введен 1991–01–07. – М. : Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1991. – 18 с.

7 Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний. Введен 2009–01–01. – М. : Межгосударственный стандарт: Стандартиформ. – 44 с.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

С. О. Нукешев¹, А. М. Абдыров², Д. З. Есхожин³, Е. С. Ахметов⁴,
Б. Ж. Сактаганов⁵, К. М. Тлеумбетов⁶

Нақты егіншілік жүйесінде минералдық тыңайтқыштарды жер ішіне дифференциалды енгізуге арналған чизельдің энерге-тикалық және агротехникалық бағасы

^{1,2,3,4,5,6}Техникалық факультеті,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

S. O. Nukeshev¹, A. M. Abdyrov², D. Z. Eskhozhin³, E. S. Akhmetov⁴,
B. G. Saktaganov⁵, K. M. Tleumbetov⁶

Energy and agrotechnical assessment of chisel-fertilizer for intra-soil differentiated application of mineral fertilizers in the precision farming system

^{1,2,3,4,5,6}Technical Faculty,

S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Мақалада чизель-тыңайтқыштың жұмыс органдарының минералдық тыңайтқыштармен және топырақпен өзара әрекеттесуінің технологиялық процесс мәселелері қарастырылады. Энергетикалық шығындардың ең аз шарттары – тартымдық күшке сүйене отырып, жұмыс органының оңтайлы параметрлері анықталды. Классикалық механика әдістерінің негізінде минералдық тыңайтқыштарды бөлу параметрлері анықталды. Жұмыс органын энергетикалық бағалау, оның жұмысқа қабілеттілігін тексеру және параметрлерін оңтайландыру мақсатында зертханалық және таптық зерттеулер жүргізілді. Тәжірибе көрсеткендей, чизель-тыңайтқыш топырақты өңдеуді және минералдық тыңайтқыштардың негізгі мөлшерін 6...8, 16...18, 23...25 см тереңдікке енгізуді қамтамасыз етеді. Таратқыштың ішіндегі бөлімдер арасындағы бөліну біркелкісіздігі 5...8,6 % аралығын құрады.

The article discusses the issues of the technological process of interaction of the working bodies of the chisel-fertilizer with mineral fertilizers and soil. Based on the condition of minimum energy costs – traction, the optimal parameters of the working body are determined. Based

on the methods of classical mechanics, the parameters of the fertilizer spreader are determined. Laboratory and field studies were carried out with the aim of energy assessment of the working body, checking its performance and optimizing parameters. The experiments showed that the chisel fertilizer provides tillage and the main doses of mineral fertilizers at depths of 6 ... 8, 16 ... 18, 23 ... 25 cm with an uneven distribution between branches of 5 ... 8.6 %.

М. Оморбек¹, Е. Р. Кендиржанов², О. М. Талипов³

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

²магистрант, Восточно-казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, 070000, Республика Казахстан;

³доктор PhD, ассоц. профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ¹omorbekmeirambek@yandex.ru; ³talipov1980@mail.ru

**ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ УЛАВЛИВАНИЯ
СЕРНИСТЫХ В УХОДЯЩИХ ГАЗАХ КОТЛОВ
С МОКРОЙ ЗОЛОЧИСТОЙ**

Рассмотрена технология использования различной сбросной воды с высоким содержанием и щелочным значением pH для повышения степени улавливания серы. Проверены варианты использования сбросной воды водоподготовительной установки (ВПУ) в качестве орошающей в типовых мокрых скрубберах.

Ключевые слова: сбросная вода, улавливание серы, ВПУ, содержание, скруббер.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе естественного кругооборота природные воды, находясь в контакте с воздухом и породами земной коры, обогащаются содержащимися в ней веществами. В ряде источников вода дополнительно загрязняется отходами производства. Перечисленные загрязнения могут находиться в воде в грубодисперсном состоянии, т.е. в виде частиц с размерами более 100 мкм или в коллоидно – дисперсном состоянии, характеризуемом размерами частиц от 1 до 100 мкм, или растворенными в виде молекул или ионов, имеющих размер менее 1 мкм. Некоторые из содержащихся в воде загрязнений находятся в концентрациях, могущих влиять на водно-химический режим объектов промышленной энергетики. Например, качество воды хозяйственно-питьевого назначения характеризуют с помощью показателей, не принимаемых во внимание при использовании воды на ТЭС и АЭС и наоборот.

Водоподготовительные установки тепловых и атомных электрических станций сбрасывают в поверхностные водоисточники большое количество минеральных солей. Кроме того, это обстоятельство вызывает огромный экономический ущерб, так как затраты на обработку стоков ВПУ для их обезвреживания приближаются к затратам на сам процесс водоподготовки. Поэтому очень актуальным встает вопрос создания безотходных водоподготовительных установок.

С каждым годом в мировом сообществе возрастает озабоченность тем, что с ростом производства и потребления топливно-энергетических ресурсов увеличивается негативное воздействие на природу. Наибольшую тревогу вызывают выбросы в атмосферу так называемых «парниковых газов», главным из которых считается углекислотный газ, объем выбросов которого за последние 20 лет увеличился почти на 40 %.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На современных тепловых электрических станциях производственными стоками являются: вода, загрязненная нефтепродуктами; вода от промывки регенеративных воздухоподогревателей и конвективных поверхностей нагрева котлов; вода от химической очистки и консервации теплоэнергетического оборудования; сточная вода ВПУ блочных обессоливающих установок (БОУ); сточная вода системы ГЗУ. Количество стоков и степень их загрязненности зависят от мощности ТЭС, качества исходной воды, типа установленного оборудования, вида сжигаемого топлива, технологии и схемы очистки воды, состояния оборудования и технического уровня его эксплуатации. Часть сточной воды можно использовать в цикле ТЭС повторно. Особый интерес представляет использование сбросной воды химводоочистки, что позволит максимально приблизить схему водоподготовки к бессточной.

На Екибастузской ТЭЦ, ВПУ которой эксплуатируется по схеме двухступенчатого натрий – катионирования без осветлителя, проводились работы по исследованию технологических режимов эксплуатации оборудования химводоочистки. Принятые расчетные удельные расходы соли на регенерацию катионита для 1 ступени – 118 г 100 %-й соли на 1 г-экв уловленных катионов солей жесткости, для 2-й ступени – 350 г/г-экв, что соответствует нормам РД.34.10.404-87 и РД 34.10.405-87. В период исследования были получены кривые зависимости величин жесткости и хлоридов в воде на сбросе за фильтром в период взрыхления, регенерации и отмывки катионита от времени и расхода воды на эти операции.

Для перевода ВПУ в режим работы, приближенный к бессточному, с экономией соли и воды на собственные нужды ТЭС, необходимо выполнить

исследования, на основании которых составить перечень работ по частичной реконструкции проектной схемы, позволяющей повторно использовать часть отмывочной воды на взрыхление любого резервного фильтра, вышедшего на регенерацию, подачи взрыхляющей воды в баки сбора взрыхляющей воды и подачи части отмывочной воды в баки исходной воды.

Так, для условий эксплуатации ВПУ Экибастузской ТЭЦ, общая экономия соли составит около 20 %. Экономия воды на собственные нужды составит: 90 % от взрыхляющей воды (в среднем 13742,5 т в месяц), около 50 % регенерационного раствора и отмывочной воды (в среднем 8713 т в месяц).

Общая экономия воды составит 22456 т в месяц или 68,7 % воды, расходуемой в настоящее время на ВПУ на собственные нужды. Остальная сбросная вода (31,3 %) должна использоваться в схеме очистки уходящих топочных газов от вредных примесей. Это позволит приблизить эксплуатацию схемы ВПУ к бессточной.

Учитывая, что стоимость исходной воды стремительно растет, следует немедленно выполнить работы по реконструкции схемы.

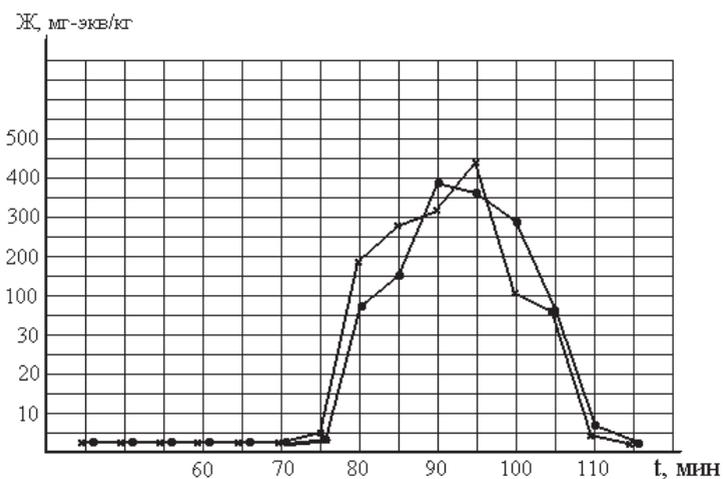


Рисунок 1 – Содержание солей жесткости в отмывочной воде при регенерации натрия – катионитного фильтра 1 ступени

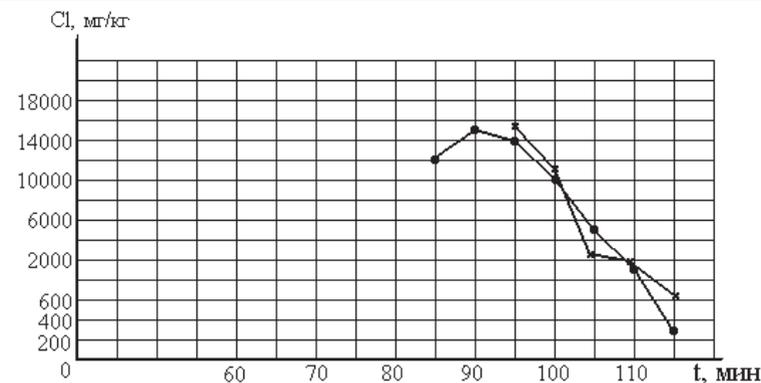


Рисунок 2 – Содержание хлоридов в отмывочной воде

В отходящих газах теплоэнергетических установок, сжигающих органическое топливо, содержащее серу, находится газ в виде SO_2 , SO_3 . Очистка газа от пыли по схеме с использованием мокрых золоулавливающих установок при орошении газа технической водой, позволяет удалить и часть сернистых составляющих, при растворении их в воде.

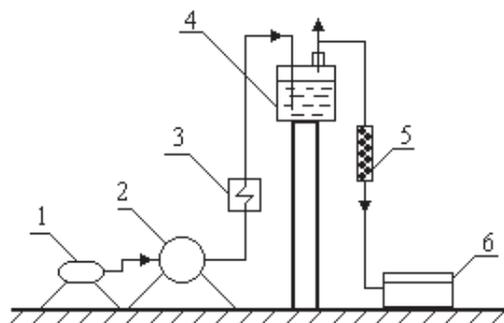
Для улавливания основной части серы рекомендуется множество технологий с использованием дополнительных реагентов и, как правило, оборудование для этого представляет собой минизаводы. В качестве конечной продукции получают удобрения или серу в твердом виде, необходимую для промышленности. Стоимость очистки газа с улавливанием серы и получением этой продукции составляет 30–50 % от стоимости основного оборудования. Это сдерживает внедрение разработок и рекомендаций по установке такого оборудования. В этой ситуации уходящие газы ТЭУ практически не очищаются от оксидов серы. Появляются кислотные дожди. Сернистые составляющие с дымовыми газами перемещаются от источника по розе ветров на соседние территории, а в Европе – и в другие государства. Ведется поиск более дешевых технологий для снижения выбросов в атмосферу сернистых составляющих.

Одним из вариантов следует рассматривать технологию использования различной сбросной воды с высоким соледержанием и щелочным значением pH для повышения степени улавливания серы. Были опробованы варианты орошения дымовых газов в мокром скруббере водой с высокой минерализацией.

При работе над созданием бессточной схемы ВПУ, эксплуатируемой по технологии умягчения, возникает проблема сброса регенерационной воды, содержащей большое количество солей жесткости (в среднем до

170 мг-экв/кг), хлоридов (до 14000 мг/кг), катионов натрия и незначительное количество сульфат анионов SO₄ (до 24 мг/л).

Были проверены варианты использования сбросной воды ВПУ в качестве орошающей в типовых мокрых скрубберах, а также в скрубберах, работающих в режиме с пенным слоем. В лабораторных условиях пропускали газы через техническую воду в соответствии с рисунком 12. При этом степень улавливания сернистых составляющих не превышала 4–6 %.



1 – вентилятор; 2 – печь; 3 – холодильник; 4 – бак пропуска газа через отработанный регенерационный раствор; 5 – емкость с силикагелем для подсушки; 6 – прибор типа MSI Elektronik GmbH для измерения количества сернистых составляющих.

Рисунок 3 – Лабораторная установка использования сбросных регенерационных вод для определения степени улавливания сернистых составляющих

В печи 2 сжигался мазут, и охлажденные топочные газы подавали в бак 4 через сбросные регенерационные воды вентилятором 1, или пропускали газ, отсасывая его прибором типа MSI Elektronik GmbH с расходом 800 литров в минуту. В начале опытов определили количество серы в газе. Схема пропуска газа через раствор – проточная, газы после бака 4 направлялись в прибор 6 через емкость 5, загруженную силикагелем, где газ подсушивался.

Любая щелочная вода повышает степень улавливания сернистых составляющих газа и может быть использована в скрубберах с мокрым золоулавливанием. Эффективность сероочистки зависит от величины щелочности (величины pH орошающей воды) и солевого состава.

На тепловых электрических станциях, эксплуатирующих барабанные котлы, в состав сбросной воды входит продувочная, имеющая высокощелочную среду. Добавление незначительного количества продувочной воды

в сбросную регенерационную воду повышает значение pH орошаемой воды и, следовательно, повышает степень улавливания серы. На Экибастузской ТЭЦ были проведены исследования по зависимости величины pH смеси от количества продувочной воды (мл), поданной в техническую воду (таблица 6).

Таблица 1 – Зависимость pH смеси от количества добавленной продувочной воды, при значениях pH продувочной воды 12,2

Объем продувочной воды в смеси, мл	pH	Объем продувочной воды в смеси, мл	pH	Объем продувочной воды в смеси, мл	pH
0	7,7	9	8,91	18	9,27
1	8,2	10	8,96	19	9,3
2	8,3	11	9,0	20	9,35
3	8,4	12	9,06	21	9,37
4	8,46	13	9,1	22	9,39
5	8,57	14	9,15	23	9,44
6	8,68	15	9,18	24	9,47
7	8,73	16	9,23	25	9,48
8	8,83	17	9,25	26	9,51

При работе 8 котлов, средняя нагрузка по станции 400 т/ч пара, следовательно количество продувочной воды 8 т/ч, а количество уходящих газов 500000 м³/ч. Для орошения скруббера (0,15 кг/м³) и трубы Вентури (0,15 кг/м³) суммарно требуется 0,3 кг/м³ газа или 150 т/ч орошающей воды. Для повышения pH до 8,5 требуется добавить 0,2 % продувочной воды или 0,3 т/ч. Общее количество продувочной воды 8 т/ч. А при использовании пенного слоя для орошения скруббера расход воды снижается до 0,1 кг/м³ на скруббер и трубу Вентури или 100 т орошающей воды.

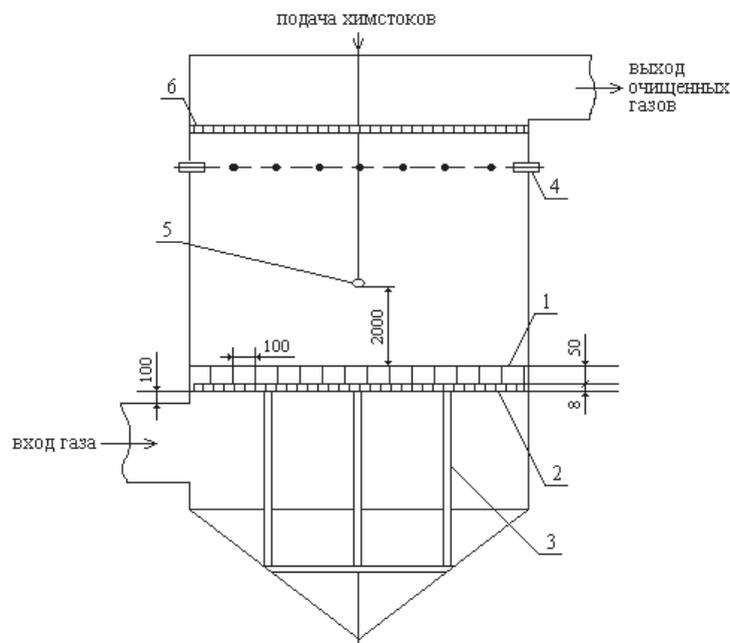
Для подтверждения лабораторных исследований и расчетов были проведены опытно – промышленные испытания на действующем оборудовании, при которых проверялась эффективность использования сбросных высокоминерализованных регенерационных и отмывочных вод схем подготовки воды для повышения степени улавливания золы и сернистых составляющих из уходящих топочных газов.

Средние анализы отмывочной воды, которую подавали в мокрый скруббер, имели жесткость на уровне 85 мг-экв/кг. При работе ТЭС с производительностью ВПУ 500 т/ч по первой ступени натрий – катионирования количество сбросной воды при повторном использовании ее для приготовления регенерационного раствора с использованием топочных

газов составляет 33 тонны на 1 регенерацию. Воду после взрыхления натрий – катионитных фильтров можно повторно использовать в качестве исходной после отстоя ее в отдельном баке, а осадок из бака направлять в мокрый скруббер в качестве орошающей воды. Количество такой воды на Экибастузской ТЭЦ около 70 м³/ч.

По данным ПТО Экибастузской ТЭЦ количество продувочной воды котлов в 2011 г. составило 1,9 %, а в 2012 г. – 2,05 %. Это составляет в среднем 7,9 т/ч.

Был реконструирован мокрый скруббер с тангенциальным подводом дымовых газов и пленочным орошением технической водой. Существующий скруббер реконструировали с установкой на входе газа дырчатой тарелки со стабилизатором пены в виде деревянной решетки (в соответствии с рисунком 13).



- 1 – стабилизатор пены; 2 – перфорированный лист;
- 3 – опора; 4 – подача орошающей воды через сопла;
- 5 – дополнительный распылитель воды; 6 – каплеотбойник.

Рисунок 4 – Модернизация скруббера

Применение стабилизатора пены позволило существенно сократить расход воды на скруббер. Подачу воды организовали так, чтобы температура

уходящих газов была выше температуры точки росы. Выполнены гидравлический и тепловой расчеты скруббера при принятом «живом» сечении тарелки 60 %. Расчеты и замеры перепада давления показали, что сопротивление скруббера дополнительно повысилось на 336 Па, что допустимо по условиям работы дымососа без его замены. Были установлены два дополнительных распылителя. Тарелка была установлена на опорах и зафиксирована в положении, позволяющем свободно стекать орошающей воде по стенкам. В верхней части скруббера установлен каплеотбойный щит. Орошающее устройство, предусмотренное проектом, не реконструировали.

ВЫВОДЫ

По результатам исследований на действующем оборудовании по использованию сбросной воды ВПУ, продувочной воды и воды из внешних источников с высоким содержанием солей в схемах очистки топочных газов можно сделать следующие выводы:

- 1 Высокое содержание орошающей воды позволяет повысить степень улавливания сернистых составляющих из топочных газов.
- 2 Использование продувочной воды в смеси со сбросной водой ВПУ в качестве орошающей позволяет без значительной реконструкции повысить степень улавливания оксидов серы до 50 %.
- 3 Использование в скруббере пенного слоя при орошении газа смесью сбросной воды ВПУ и продувочной воды котлов позволяет повысить степень улавливания сернистых составляющих до 60 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Покровский, В. И., Аракчеев, В. П.** Очистка сточных вод тепловых электростанций. – М. : Энергия, 1980.
- 2 **Мамет, А. П., Таратута, В. А., Юрчевский, Е. Б.** Принципы создания малоотходных водоподготовительных установок. – М. : «Теплоэнергетика», стр. 2–5, № 7, 1992.
- 3 **Фейзиев, Г. К.** Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды. – М. : Энергоатомиздат, 1988.
- 4 **Никитин, Д. П., Новиков, Ю. В.** Окружающая среда и человек. – М. : Высшая школа, 1986.
- 5 **Высоцкий, С. П.** Мембранная и ионитная технология водоподготовки в энергетике. – Киев : Техніка, 1989.
- 6 **Луговский, С. И., Андрианов, И. С.** Очистка газов, отходящих от вагранок и электросталеплавильных печей. – М. : Машиностроение, 1972.

7 Экспериментальные исследования содержания в топливе и продуктах их сгорания фтора, ртути и некоторых других особо опасных компонентов и подготовка проекта справочника для их учета при проектировании ТЭС. ВТИ, № ГР81034979.

8 **Мартынова, О. И.** Конференция VGB «Химия на электростанциях – 94». – М. : «Теплоэнергетика», стр. 18–21, № 11, 1995.

9 **Лавров, Н. В.** Физико-химические основы процесса горения топлива. – М. : Наука. 1971.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

М. Оморбек¹, Е. Р. Кендиржанов², О. М. Талипов³

Сулы күл тазартқышы бар қазандықтардан шығатын газдардағы күкіртті аулау дәрежесін арттыру

^{1,3}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

²Д. Серікбаев атындағы

Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Усть-Каменогорск қ., 070000, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

М. Omorbek¹, E. R. Kendirzhanov², O. M. Talipov³

Increasing the degree of capture of sulfur in the exhaust gases of boilers with wet ash cleaning

^{1,3}S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

²D. Serikbayev East Kazakhstan state technical University, Ust-Kamenogorsk, 070000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Бұл жерде күкіртті аулау дәрежесін арттыру үшін жоғары тұз мөлшері мен рН сілтілігінің жоғары деңгейіндегі ағынды сулардың әртүрлі тәсілдері қарастырылды. СДҚ ағынды суларын әдеттегі дымқыл скрубберлерде суару ретінде қолдану нұсқалары тексерілді.

The article is considered a technology of using various discharge water with high salinity and alkaline pH to increase the degree of sulfur capture. The options for using WPE discharge water as irrigation in typical wet scrubbers are tested.

ГРНТИ 44.01.11

Л. А. Потяга¹, А. Д. Бексултанов², С. И. Олейник³, В. П. Марковский⁴, Б. К. Шапкенов⁵, М. Д. Стоев⁶

¹м.т.н., Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. И. Сатпаева, г. Екибастуз, 141200, Республика Казахстан;

²м.т.н., Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. И. Сатпаева, г. Екибастуз, 141200, Республика Казахстан;

³к.т.н., Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. И. Сатпаева, г. Екибастуз, 141200, Республика Казахстан;

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

⁵к.т.н., Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁶доктор PhD, Юго-Западный Университет «Неофит Рильский», г. Благоевград, 2700, Болгария

e-mail: ¹potyaga.lyudmila@yandex.kz; ³aman_bek@mail.ru; ⁵mstoev@mail.bg

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ. РОЛЬ КАЗАХСТАНА НА МИРОВОЙ АРЕНЕ

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), такие как солнце, ветер, вода и биомасса, играют важную роль на мировом рынке электроэнергии. Ежегодно реализуемые в различных странах проекты по возобновляемой энергетике вкладывают свою долю в энергетический баланс. Отмечена роль себестоимости альтернативной энергии, как ведущий фактор в спросе на данный вид энергии.

В данной статье проводится анализ развития мировой генерации солнечной энергетики на рынке. Благодаря актуальным статистическим данным была изучена информация по развитию солнечной энергетики в мире за последние девятнадцать лет, а также прогнозы развития на дальнейшее десятилетие, с сопутствующими факторами. Рассмотрена роль Казахстана в динамике мирового развития солнечной энергетики.

Ключевые слова: энергетический микс, возобновляемая энергетика, генерация, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, солнечные электростанции, фотоэлектрические системы, альтернативная энергетика, суммарная генерация.

ВВЕДЕНИЕ

За свою почти полувековую историю солнечная энергетика проделала длинный путь, пройдя этапы от стихийного воплощения в производство проектов до превращения в полноценную самостоятельную высокотехнологичную индустрию.

Первый нефтяной кризис, пришедший на 1973 год, дал толчок для человечества к поиску новых альтернативных источников энергии. Экспериментальные масштабные проекты тех времен по строительству фотоэлектрических систем в странах Европейского Союза (США и Германия), а также разработка и внедрение отдельных положений, регламентирующих правила пользования, эксплуатации, а также рекомендации к применению фотоэлектрических установок заложили плотный фундамент, оправдывающий себя в современном мире. Подтверждением приведенному факту является непрерывное изменение состояния энергетического баланса [1] в пользу альтернативных источников энергии на сегодняшний день.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из ведущих показателей, отражающих динамику развития рынка солнечной энергетике, является суммарный объем установленной мощности солнечных электростанций, построенных и введенных в эксплуатацию по всему миру. По состоянию на 2018 год, по данным крупнейшего Международного Энергетического Агентства по фотоэлектрической солнечной энергетике – Photovoltaic Power Systems program (IEA PVPS), этот показатель превысил 500 ГВт. Динамика развития рынка солнечной энергетике (Рисунок 1) свидетельствует о стремительном росте потребления электрической энергии, производимой альтернативными источниками [2].

На Рисунке 1 показан девятнадцатилетний период стремительного развития рынка солнечной энергетике. Анализ показывает, что значительный спрос на альтернативную энергетике приходится на последнее десятилетие. Объем введенных в эксплуатацию солнечных электростанций за последние три года свидетельствует о стабильном росте спроса на возобновляемую энергетике среди представленных на рынке других видов традиционных электрических станций [2].

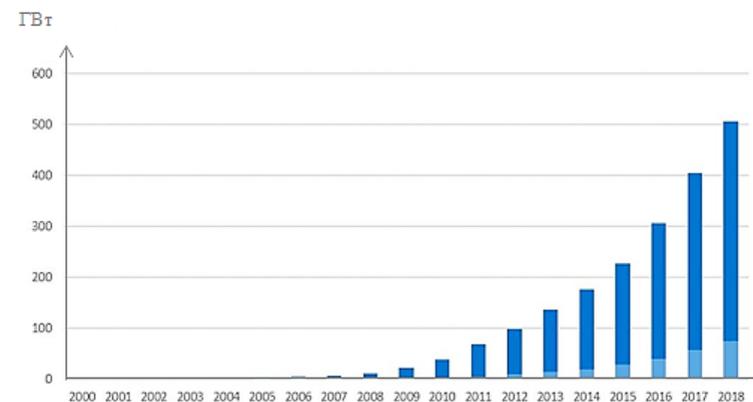


Рисунок 1 – Динамика ввода мощностей солнечной генерации в мире в период с 2000 по 2018 год (по данным IEA PVPS)

В дополнение к Рисунку 1 приводится диаграмма (Рисунок 2), отражающая долю стран в общем объеме установленной мощности введенных в эксплуатацию солнечных электростанций за 2018 год, а также суммарный объем установленной мощности в процентном соотношении за последние девятнадцать лет по странам (Рисунок 3) [2].

Ввод большого объема генерирующей солнечной энергии за последние восемнадцать лет до 2018 года обеспечивал лидирующие позиции Китая, США, Японии и Германии, на территории которых введено 131,1 ГВт, 51,6 ГВт, 49,5 ГВт и 42,4 ГВт соответственно. Позиции лидеров нетрадиционной энергетике за последний исследуемый год пополнила Индия благодаря реализации масштабных программ стимулирования солнечной энергетике. За сравнительно короткий промежуток времени в Индии были построены солнечные электростанции общей мощностью 10,8 ГВт [2].

Анализ возобновляемых источников энергии в Казахстане [2, 3] указывает на потенциальное использование солнечной энергии с помощью крупномасштабных технологических решений, таких как фотоэлектрические солнечные парки [4] и маломасштабные фотоэлектрические солнечные генераторы для получения электроэнергии.

В суммарной генерации солнечной энергии за 2018 год доля Казахстана приходится на 102 МВт [5, 6]. Согласно данным показателям Казахстан относится к числу «других стран», общая доля выработанной энергии которых приходится на 9 % от объема мировой суммарной мощности солнечной энергии за прошедший год.

Стоит отметить, что общий объем установленных солнечных электростанций в период с 2000 по 2018 годы составляет около 250 МВт, что является достаточно низким показателем на сегодняшний день [7, 8].

Казахстанский климат диктует высокую сезонную потребность населения в альтернативных способах получения энергии. В течение всего года спрос на механическую и электрическую энергию является стабильным. Казахстан является самой крупной Центрально-Азиатской республикой со значительным потенциалом гелиоэнергетики. Объем солнечных часов в год приходится примерно на 3,000 кВт/м²/год, а излучаемая солнечная энергия колеблется от 1,500 до 2,000 кВт/м²/год. Данные показатели свидетельствуют о дальнейшей перспективе развития солнечной энергетики на территории Казахстана и значительном прорыве в данной сфере в ближайшее десятилетие [9].

Доля солнечной генерации по странам мира за 2018 год (95,6 ГВт)

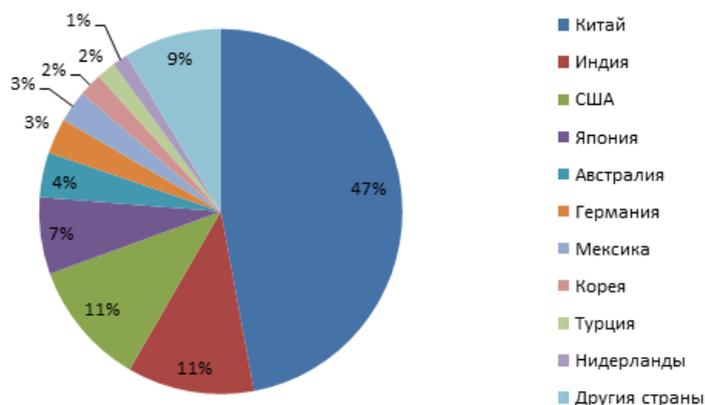


Рисунок 2 – Доля суммарной солнечной генерации по странам мира за 2018 год в процентном соотношении (по данным IEA PVPS)

Доля солнечной генерации по странам мира в период с 2000 по 2018 годы (548,9 ГВт)

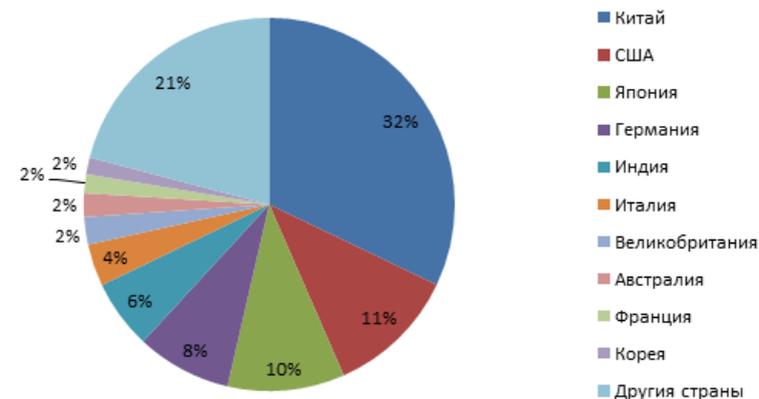


Рисунок 3 – Доля суммарной солнечной генерации по странам мира в период с 2000 по 2018 год в процентном соотношении (по данным IEA PVPS)

Анализ приведенных диаграмм отражает волнообразный прирост мощности солнечной энергии в некоторых странах (на примере Италии, в 2011 году было введено в эксплуатацию 9,3 ГВт, в 2013 году этот показатель составил всего 1,5 ГВт, а в 2017 году вновь повысился до 9,8 ГВт) [11]. Параллельно этому ежегодно появляется ряд новых реализуемых проектов в области развития зеленой энергетики в Китае и Индии. Особенностью развития солнечной индустрии приведенных стран является их мощная, целенаправленная государственная политика, сконцентрированная на повышении доли возобновляемой энергетики в общем балансе топливно-энергетического комплекса (ТЭК) страны за счет крупного финансирования в данный сектор промышленности [10, 11].

Отдельный акцент стоит уделить развитию Индии и Китая. Правительство стран продекларировало свои крупномасштабные планы перспективного развития солнечной энергетики. Согласно прогнозам, приведенным на Рисунке 4, к 2015 году Индия планировала войти в пятерку стран-лидеров по объемам суммарной мощности солнечных станций, введенных в эксплуатацию [10, 11].

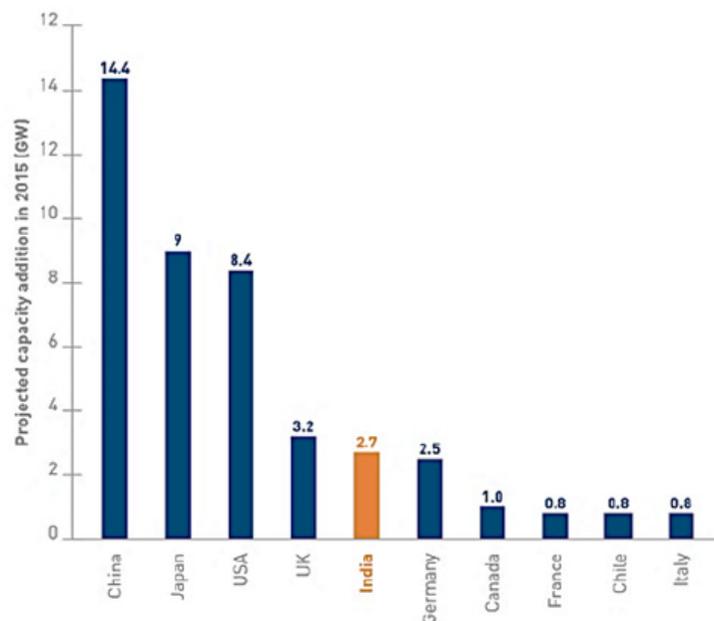


Рисунок 4 – Прогноз суммарной мощности солнечной энергетики, введенной в эксплуатацию к 2015 году (по данным агентства Bloomberg New Energy Finance)

Подтверждением данных прогнозов являются данные о введенной в эксплуатацию мощности солнечных электростанций за 2018 год, согласно которым Индия вышла на второе место по объемам электроэнергии (10,8 ГВт за 2018 год), в то время, как в доле суммарной солнечной генерации по странам мира за девятнадцатилетний период (по данным IEA PVPS) заняла почетное пятое место, запустив в работу станции общей мощностью 32,9 ГВт. Стоит отметить, что стратегический план развития возобновляемой энергетики Индии подразумевает ежегодный объем введенной мощности в размере 6 ГВт, что позволит удерживать лидирующие позиции [10, 11].

Что касается роли Китая на мировой арене, то стоит отметить, что государство активно поддерживает развитие вышеупомянутой отрасли промышленности. По данным МЭА в 2014 году суммарная мощность установленных солнечных электростанций составила 28 ГВт, спустя 4 года, в 2018 году этот показатель был равен 45 ГВт, а общий объем установленных солнечных электростанций в период с 2000 по 2018 годы составляет 176,1 ГВт [11, 12]. Также не стоит упускать тот факт, что Китай на сегодняшний

день является лидирующим звеном в производстве солнечных модулей, что ежегодно позволяет укреплять его позиции на рынке нетрадиционной энергетики.

Важным показателем, характеризующим степень активности данной отрасли в любой стране, является объем выделяемого финансирования. По данным аналитического агентства BloombergNEF (BNEF), объем мировых инвестиций (Рисунок 5) с 2014 года и в последующие пять лет составил примерно 320–360 млрд. долларов США, однако в 2018 году в отрасль возобновляемой энергетики было инвестировано около 335 млрд. долларов, что на 8% меньше показателей предыдущих лет [13].

Объем мирового финансирования в отрасль возобновляемой энергетики в период с 2004 по 2018 г.г.

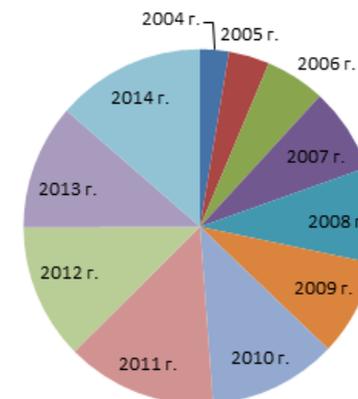


Рисунок 5 – Мировое финансирование в отрасль возобновляемой энергетики в период с 2000 по 2018 год (по данным аналитического агентства BloombergNEF)

Одна треть этих вложений приходится на солнечную энергетику. В 2014 году рост инвестиций в отрасль, по данным агентства Bloomberg New Energy Finance, составил 25 процентов, при том что аналогичный показатель в ветроэнергетической отрасли был на уровне 11 процентов. Лидером по объему инвестиций в возобновляемую энергетику, в которой ключевые позиции по установленной мощности занимают солнечная и ветроэнергетика, в 2014 году стал Китай, вложивший в ВИЭ более 90 млрд. долларов США (рост по отношению к 2013 году составил порядка 35 процентов). Второе место по объему инвестиций занимают США: объем вложений в

возобновляемую энергетику вырос на 8 % и достиг 52 млрд. долларов США. На третьем месте Япония с объемом инвестиций 41 млрд. долларов (рост по отношению к 2013 году 12 %).

Сценарий дальнейшего ввода мощностей (Рисунок 6), производимых возобновляемыми источниками энергии в сравнении с традиционными видами топлива (нефть, уголь и газ) показывает, что ископаемые виды топлива значительно снижают свою востребованность, в то время, как в отрасли ВИЭ отмечается существенный прирост. Запасы ископаемого топлива ограничены, что может в ближайшем будущем вести к повышению стоимости электроэнергии [13].

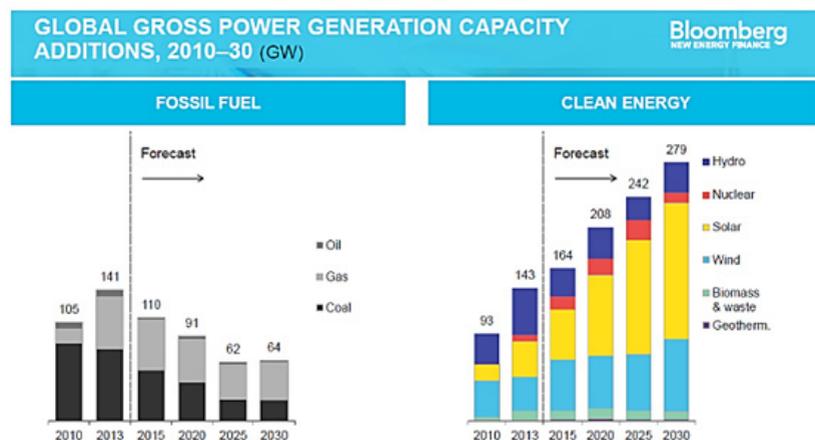


Рисунок 6 – Прогноз мировой генерации электроэнергии на основе ископаемого топлива (FOSSIL FUEL) и отрасли ВИЭ (CLEAN ENERGY) до 2030 года (по данным аналитического агентства BloombergNEF)

Проведенный анализ показывает, что ведущим фактором для развития отрасли солнечной энергетики в странах мира является стоимость производимой альтернативным путем электрической энергии. Завышенные цены на производимую «зеленую» электроэнергию не позволяют набирать масштабного роста данной отрасли во всех странах мира. Ценовая политика диктует свои правила, в связи с этим не многие страны могут позволить себе обеспечить стабильный рост данной промышленности, путем ежегодного наращивания вводимой в эксплуатацию мощности.

По прогнозам МЭА на ближайшее десятилетие позиции лидеров в данной отрасли по-прежнему будут занимать страны с наиболее развитой

и стабильной экономической обстановкой, позволяющей безболезненно и стабильно инвестировать в область ВИЭ, такие как Китай, США, Индия и Япония. Стоит также учесть факт того, что приведенные страны являются непосредственными лидерами-экспортерами на рынке оборудования для солнечных электростанций, что позволяет им оставаться в выигрыше (использование собственной продукции для постройки СЭС) и не завышать цены на производимую электроэнергию.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Энергетический микс Германии, <https://www.energy-charts.de>
- 2 **Исупова, Н. А., Нукунов, К. К.**, Анализ возобновляемых источников энергии в Казахстане, Вестник ПГУ, Серия Энергетическая, No 2, 2019, – с. 179–191.
- 3 **Karatayev M., L. Clarne M.** Current energy resources in Kazakhstan and the future potential of renewables, European Geosciences Union General Assembly 2014, EGU2014, Energy Procedia 50, 2014, – с. 97–104.
- 4 Bellini Em., 100 MW Saran solar park commissioned in Kazakhstan, PV magazine, January 24, 2019, [Электронный ресурс]. – <https://www.pv-magazine.com/2019/01/24/100-mw-saran-solar-park-commissioned-in-kazakhstan/>.
- 5 **Гианнакопулу, Е., Хенбест, С.** Обзор новой энергетики. Вестник Агентства Bloomberg New Energy Finance. Лондон, 2015. [Электронный ресурс]. – <http://renewnews.ru/bnef/>.
- 6 О развитии солнечной энергетики в 2018 году. Интернет ресурс: <http://repen.ru/on-the-development-of-solar-energy-in-2018/>.
- 7 Snapshot of global photovoltaic. Report IEA PVPS T1-33:2018. – 15 с. [Электронный ресурс]. – <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=266>.
- 8 Список электростанций Казахстана. [Электронный ресурс]. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
- 9 **Потяга, Л. А., Дюсембаева, Б. Е.** Выход Казахстана на новый уровень энергетической политики. // Сборник трудов Международной научно-практической конференции : Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве. РФ, г. Прокопьевск, 2019 г. – с. 457–461.
- 10 **Кеннинг, Т.** Обзор перспектив солнечной энергетики Индии. Лондон, 2015. [Электронный ресурс]. – http://energo.polpred.com/news/?ns=1&searchtext=%FD%ED%E5%F0%E3%E5%F2%E8%EA%E0&fulltext=on&period_count=1&page=5.
- 11 Photovoltaic Markets and Technology. [Электронный ресурс]. – PV-magazine: <https://www.pv-magazine.com>.

12 **Массон, Г., Орланди, С., Рекингер, М.** Обзор мирового рынка солнечной энергетики. Мюнхен, 2014. [Электронный ресурс]. – Ecologymd: <http://ecology.md/page/dojche-bank-prognoziruet-razvitie-mir>.

13 Инвестиции в возобновляемую энергетику в 2018 году. [Электронный ресурс]. – <http://renewnews.ru/bnef-investitsii-v-vozobnovlyae-muyu-energetiku-prevysili-300-mlrd-doll-ssha-v-2018/>.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

*Л. А. Потяга¹, А. Д. Бексултанов², С. И. Олейник³, В. П. Марковский⁴,
Б. К. Шапкенов⁵, М. Д. Стоев⁶*

**Күн генерациясының әлемдік энергетикасының дамуын талдау.
Қазақстанның әлемдік аренадағы рөлі**

^{1,2,3}Қ. И. Сәтбаев атындағы

Екібастұз инженерлік-техникалық институты,
Екібастұз қ., 141200, Қазақстан Республикасы;

^{4,5}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁶«Неофит Рильский» Оңтүстік-Батыс университеті,
Благоевград қ., 2700, Болгария.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

*L. A. Potyaga¹, A. D. Bexultanov², S. I. Oleinik³, V. P. Markovsky⁴,
B. K. Shapkenov⁵, M. D. Stoev⁶*

**Analysis of global solar energy development. Kazakhstan's role on the
world stage**

^{1,2,3}Ekibastuz Engineering and Technical Institute
named after academician K. I. Satpayev,

Ekibastuz, 141200, Republic of Kazakhstan;

^{4,5}S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar,
140008, Republic of Kazakhstan;

⁶Neofit Rila Southwestern University,
Blagoevgrad, 2700, Bulgaria.

Material received on 26.03.20.

Күн, жел, су және биомасса сияқты жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК) әлемдік электр энергиясы нарығында маңызды рөл атқарады. Жыл сайын әртүрлі елдерде іске асырылып жатқан жаңартылатын энергетика жөніндегі жобалар энергетикалық теңгерімге өз үлесін қосады. Энергияның осы түріне деген

сұраныстағы жетекші фактор ретінде балама энергияның өзіндік құнының рөлі атап өтілді.

Бұл мақалада нарықтағы күн энергетикасының әлемдік генерациясының дамуына талдау жүргізіледі. Өзекті статистикалық деректердің арқасында соңғы он тоғыз жылда әлемде күн энергетикасын дамыту жөніндегі ақпарат, сондай-ақ ілеспе факторлармен алдағы онжылдыққа арналған даму болжамдары зерделенді. Күн энергетикасының әлемдік даму динамикасындағы Қазақстанның рөлі қарастырылды.

Renewable energy sources (RES) such as solar, wind, water and biomass play an important role in the global electricity market. Every year, renewable energy projects implemented in different countries contribute to the energy balance. The role of the cost of alternative energy as a leading factor in the demand for this type of energy is noted.

This article analyzes the development of global generation of solar energy in the market. Thanks to current statistics, information on the development of solar energy in the world over the past nineteen years, as well as development forecasts for the next decade, with accompanying factors, was studied. The role of Kazakhstan in the dynamics of global development of solar energy is considered.

**Н. Н. Пудич¹, В. И. Фандюшин²,
Ю. В. Улихина³, С. И. Деревягин⁴**

¹ст. преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., доцент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³магистр, ст. преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

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

e-mail: ¹npudich@mail.ru; ²fan.vladimir@mail.ru; ³pheniks25@gmail.com; ⁴ser_der56@mail.ru

ВИЗУАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ TRACE MODE

В статье дан обзор интегрированной SCADA системы TRACE MODE. Рассматриваются вопросы эффективных программно-технических средств управления при создании АСУ ТП. Обоснована необходимость применения SCADA системы для мониторинга и управления комплексами.

Ключевые слова: SCADA-системы, контроллеры, автоматизированные системы управления.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время применение информационных технологий для решения неформализуемых или сложноформализуемых задач становится очень актуальным.

Применение систем автоматизации на современных предприятиях помогает управлять и контролировать практически всеми параметрами технологических процессов.

Основными целями автоматизации технологического процесса являются повышение эффективности и безопасности производственного процесса. Решение задач автоматизации технологического процесса осуществляется при помощи внедрения современных методов и средств автоматизации.

Исходя из вышесказанного, автоматизация производства является многокритериальной задачей, и в сегодняшних реалиях становится всё более популярным внедрение SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, диспетчерское управление и сбор данных) систем в производственные процессы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время в современном мире происходит активное развитие информационных технологий, что говорит о высокой потребности общества в них.

В первую очередь развитие информационных технологий востребовано в производстве, для решения задач по управлению современных и сложных многопараметрических и сильносвязанных систем, производственными и технологическими процессами.

Использование информационных технологий становится возможным также для решений неформализуемых или сложноформализуемых задач с применением таких свойств, как интеллектуальность, нейроподобные структуры, интеллектуальное программирование и интеллектуальные системы.

Применение различных систем автоматизации по управлению производственных и технологических процессов, как правило довольно весомо помогает уменьшить количество сотрудников предприятия, отдав предпочтение нескольким специалистам в конкретной отрасли в сфере информационных технологий. Применение систем автоматизации на современных предприятиях помогает управлять и контролировать практически всеми технологическими процессами. Это приводит к значительной экономии средств, несмотря на высокий уровень зарплат специалистам, обслуживающим данные системы.

Исходя из вышесказанного, автоматизация того или иного производства является достаточно многокритериальной задачей, и в сегодняшних реалиях становится всё более популярным внедрение SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, диспетчерское управление и сбор данных) систем в производственные процессы. SCADA система является одним из направлений и довольно эффективной технологией автоматизированного управления динамическими системами во многих отраслях промышленности, таких как энергетика, в военной отрасли, коммунальном хозяйстве и других отраслях народного хозяйства.

Таким образом SCADA-системы решают следующие задачи:

- визуализация технологического процесса;

- сбор данных с различных источников измерительной информации, например, с использованием протоколов DDE (Dynamic Data Exchange), OPC (OLE for Process Control) и фирменным протоколам;

- для создания, удаления, чтения, записи, модификации информации в таблицах БД поддержка языка SQL.

В SCADA-системах принципиально важной является работа в реальном масштабе времени.

Поэтому выбор SCADA-системы связан с поиском компромиссного решения относительно надежности, стоимости, технического уровня, удобства HMI (человеко-машинного интерфейса) и затратами на сервисное обслуживание.

Одной из самых популярных SCADA-систем для промышленной автоматизации и диспетчеризации является система Trace Mode – как интегрированный инструментальный пакет для разработки автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), а также для программирования программируемых логических контроллеров (ПЛК).

Рассматриваемая нами интегрированная среда SCADA системы Trace Mode, позволяет разрабатывать как автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), так и автоматизированные системы управления производством (АСУП).

Архитектура SCADA-системы Trace Mode условно делится на два управляющих уровня. Нижний уровень включает в себя различные датчики, специализированные исполнительные механизмы, контроллеры и устройства связи с объектом.

Сетевая технология Profibus встроенная в SCADA – систему Trace Mode используется для информационной связи контроллеров и исполнительных устройств.

Автоматизированное рабочее место оператора (АРМ), высокопроизводительный сервер со встроенной базой данных реального времени относится к верхнему уровню управления. К верхнему уровню управления также относятся различные клиентские и Web-приложения.

Сетевое взаимодействие между уровнями осуществляется с помощью технологии Ethernet.

Практически на каждом предприятии при разработке ПО которое управляет технологическим процессом, на верхнем уровне автоматизированных систем выполняется разработка автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера, а на нижнем уровне создают распределенные системы управления – локальных систем управления для отдельных технологических агрегатов.

SCADA-система Trace Mode позволяет разрабатывать базы данных реального времени и программировать различные промышленные контроллеры.

Исходя из вышесказанного, основа SCADA-системы Trace Mode – мощный сервер и база данных, работающая в реальном масштабе времени для своевременного внесения изменений в технологический процесс (рисунок 1).

Программные интерфейсы SCADA-системы Trace Mode максимально стандартизованы, это сделано для удобной связи с различными внутренними и внешними компонентами. Благодаря этому получена возможность расширять и дополнять данную систему. Через интерфейсы OPC, DDE и DCOM происходит обмен информацией между сервером Trace Mode, клиентами и независимыми приложениями.

OPC (OLE for Process Control) – промышленный стандарт, созданный консорциумом OPC Foundation в 1994 г. В его основе лежит технология Microsoft OLE (Object Linking and Embedding) – технология связывания и встраивания объектов для систем промышленной автоматизации, а интерфейсы предназначены для обеспечения универсального механизма обмена данными между датчиками, исполнительными механизмами, контроллерами, УСО и системами представления технологической информации оперативного диспетчерского управления, а также управления базами данных [1].

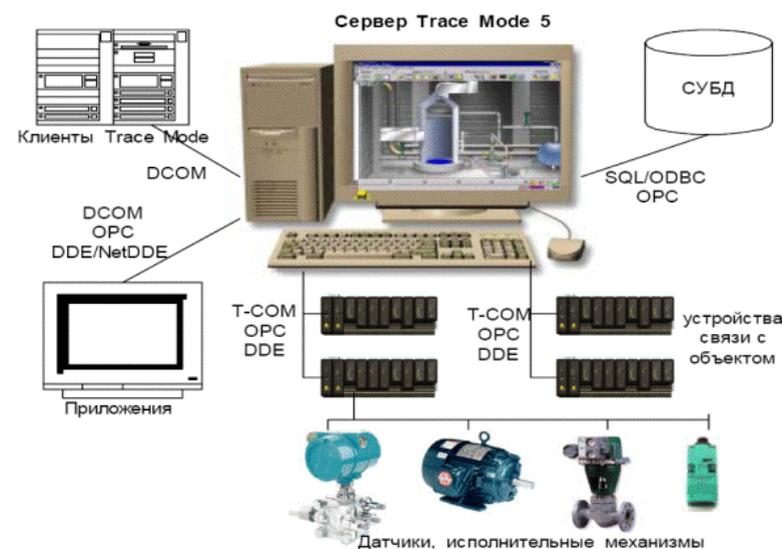


Рисунок 1 – Сервер Trace Mode 5

Связь с PLC (промышленными контроллерами) осуществляется как через интерфейсы OPC и DDE, так и через собственный высокопроизводительный интерфейс T-COM. Для связи SCADA-системы с базой данных используется стандарт SQL или ODBC.

Большое значение в SCADA-системе Trace Mode, имеет наличие собственных функций программирования программируемых логических контроллеров (ПЛК) с помощью оригинальной системы – микромонитора реального времени (МикроМРВ). Программирование контроллеров осуществляется в соответствии с международным стандартом IEC61131-3. Данный стандарт содержит пять языков программирования, среди которых имеются как текстовые, так и графические ((язык последовательных функциональных схем – SFC (Sequential Function Chart), язык функциональных блок-схем – FBD (Function Block Diagram), язык релейных диаграмм – LD (Ladder Diagram), язык структурированного текста – ST (Structured Text), язык инструкций/команд – IL (Instruction List)).

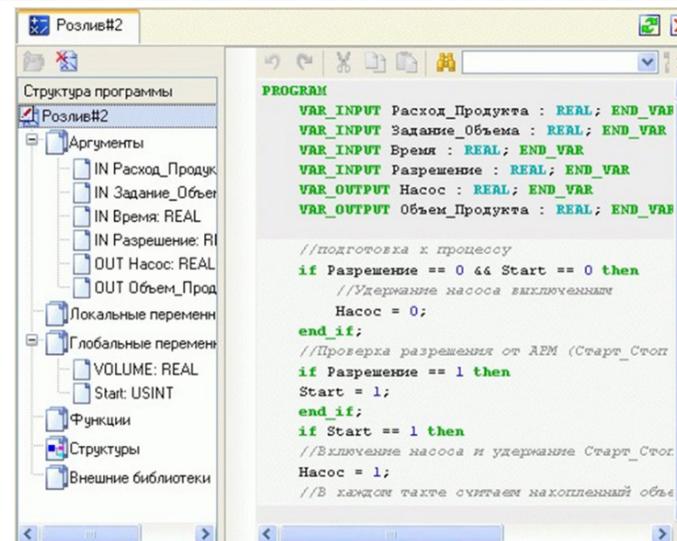


Рисунок 3 – Вид ST – программы

Все SCADA – системы предусматривают визуализацию технологического процесса на одном большом мониторе или нескольких стандартных, установленных на рабочем месте оператора. В системе Trace Mode для этого создан объектно-ориентированный редактор представления данных.

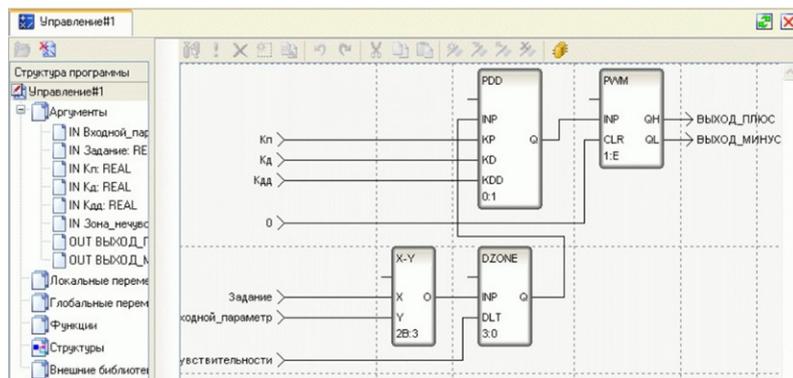


Рисунок 2 – Вид FBD программы

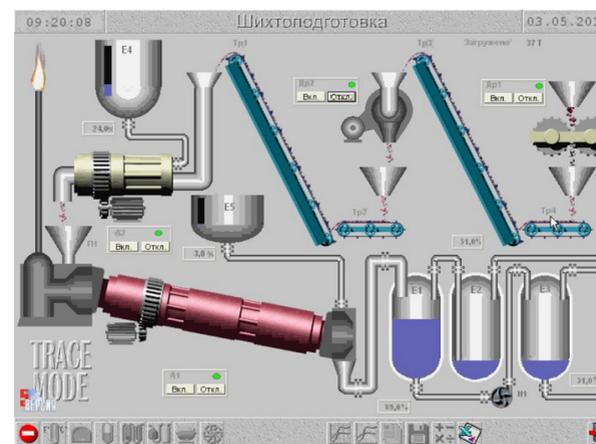


Рисунок 4 – Мнемосхема технологического процесса в редакторе представления данных

Редактор позволяет создавать мнемосхемы для всех узлов распределенной АСУ ТП, а также создавать объемные изображения. Для большего удобства и точности отображения технологического процесса имеется возможность создания собственных операторских форм ActiveX, используя Visual Basic, Visual C++ и т.д.

Графический редактор удобен и прост в освоении, любой графический элемент может менять свои свойства, размеры и положение на экране в реальном времени в зависимости от параметров, а также служить кнопкой.

Очень важным и удобным инструментом создания проекта в SCADA системе TRACE MODE, является уникальная технология автопостроения. Эта технология позволяет несколькими движениями мыши создать связи между узлами распределенной системы управления (PCY), между источниками данных SCADA и каналами, создать источники данных по известной конфигурации контроллера и т.п. В состав системы входят драйверы для более чем 2500 контроллеров и УСО.

Так как данная система обладает функцией горячего резервирования, то при неполадке одного из ПЛК или сервера, управление технологическим процессом передается аналогичным, запасным элементам управления. Таким образом, достигается высокая надежность работы диспетчерского комплекса.

В качестве АРМ оператора чаще всего используются промышленные персональные компьютеры, которые обладают повышенными показателями защиты от вредных воздействий окружающей среды – пыли, влаги и температуры.

В интегрированной среде разработки TRACE MODE более десяти редакторов, автоматически открывающихся при вызове того или иного компонента проекта. Среди них к визуальному программированию относятся:

- редактор графических экранных форм;
- редактор программ на визуальном языке Techno FBD;
- редактор программ на визуальном языке Techno SFC;
- редактор программ на визуальном языке Techno LD;
- редактор программ на процедурном языке Techno ST.

В SCADA системе TRACE MODE присутствует великолепная трехмерная графика. Графический редактор SCADA удобен и прост в освоении. Любой графический элемент может менять свои свойства, размеры и положение на экране в реальном времени в зависимости от параметров, а также служить кнопкой.

Среда разработки TRACE MODE позволяет постепенно наращивать функциональность разрабатываемого АСУ, начиная с простого мониторинга и визуализации технологического процесса на одном ПК и заканчивая реализацией сложных контуров управления и организацией распределенных вычислений.

Интегрированная среда разработки TRACE MODE – это уникальное сочетание богатейшей функциональности и интуитивности интерфейса.

ВЫВОДЫ

Внедрение SCADA системы TRACE MODE при разработке управляющих и контролируемых систем автоматизации производственными процессами того или иного предприятия, позволяет значительно сократить время на разработку данных систем. Так как система является легко расширяемой, что позволяет создавать крупные АСУ корпоративного уровня, она имеет преимущества внедрения визуального программирования в управлении технологическими процессами. Это приводит к значительной экономии средств предприятий и является комплексным средством по созданию распределенных систем управления технологическими процессами и контроля за ними на предприятиях различных отраслей промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Андреев, Е. Б., Куцевич, Н. А., Синенко, О. В.** SCADA-системы: взгляд изнутри / Е. Б. Андреев, Н. А. Куцевич, О. В. Синенко – М. : Издательство «РТСофт», 2004 г. – 176 с.

2 **Егоров, В. Б.** Управление процессом помола муки: анализ показателей качества сырья как случайных процессов // Автоматизация технологических и бизнес-процессов, 2014 г.

3 <http://www.adastra.ru> – [Электронный ресурс] сайт разработчика SCADA системы Trace Mode.

4 <http://www.asutp.ru> – [Электронный ресурс] портал, посвященный системам автоматизации и диспетчеризации.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Н. Н. Пудич¹, В. И. Фандюшин², Ю. В. Улихина³, С. И. Деревягин⁴

Трас режиміндегі технологиялық рәсімдерді басқаруда визулы бағдарлама

^{1,2,3,4}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

Visual programming in management of technological processes based on Trace Mode

^{1,2,3,4}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Мақалада біріктірілген SCADA TRACE MODE жүйесіне шолу жасалады. Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйесін құру кезінде бағдарламалық және аппараттық құралдарды тиімді басқару мәселелері қарастырылады. Кешендерді басқару және басқару үшін SCADA жүйесін пайдалану қажеттілігі негізделген.

The article provides an overview of the integrated SCADA system TRACE MODE. The issues of effective software and hardware management are considered when creating an automated process control system. The necessity of using a SCADA system for monitoring and managing complexes is justified.

М. А. Рахимов¹, З. А. Сулеймбекова²

¹к.т.н., доцент, Архитектурно-строительный факультет, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

²докторант, 2 курс, специальность «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», Архитектурно-строительный факультет, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан

e-mail: ¹rahimov67@mail.ru; ²kamila9013@gmail.com

**АНАЛИЗ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ**

В статье проводится анализ сырьевых материалов для производства шпал методом стандартного натяжения по итальянской технологии. Проведен обзор требований к сырьевым материалам с учётом требований нормативно-технических документов и особенностей технологии. Показаны результаты лабораторных испытаний вяжущих веществ, крупных и мелких заполнителей для производства шпал. Отражена проблематика отсутствия на территории Республики Казахстан проволоки гладкого профиля из высокоуглеродистой стали необходимой для армирования шпал и проведен обзор статей, направленных на решение данной проблемы. В статье отмечено, что в связи с особенностью технологического оборудования применяемого в процессе производства шпал, необходимо применение проволоки мерной длины, что является одним из сложных в исполнении требований. Также, по результатам лабораторных испытаний выбраны оптимальные сырьевые материалы, приведено обоснование выбора конкретных видов материалов.

Ключевые слова: портландцемент, щебень, песчано-гравийная смесь, шпалы железобетонные, проволока, добавки на основе эфиров поликарбонатов.

ВВЕДЕНИЕ

В ходе реализации Государственной программы развития и интеграции инфраструктуры транспортной системы Республики Казахстан до 2020 года и стратегии развития АО НК «ҚТЖ» до 2025 года, была актуализирована

«Программа скоростного пассажирского движения», главная цель которой – это ускорение темпов экономического роста и повышение качества жизни населения Казахстана за счет создания сети скоростного железнодорожного сообщения, обеспечивающего оптимальное для пассажиров соотношение скорости и безопасности, комфорта и стоимости проезда [1].

Железнодорожные линии Казахстана построенные ранее, были проектированы для движения поездов со скоростью не более 100 км/ час, что сравнительно ниже скорости движения поездов в странах Европы, где скорость достигает 250 км/час. Для обеспечения движения поездов на высоких скоростях должно быть обеспечено соответствующее качество материалов верхнего строения пути, а именно железобетонных шпал.

Одним из важных характеристик железобетонной шпалы является трещиностойкость, что на данный момент согласно ГОСТ 33320-2015 «Шпалы железобетонные для железных дорог» составляет 123 кН (12,5 тн.) на одну подрельсовую площадку, соответственно осевая нагрузка – 25 тонн на ось. Класс по прочности на сжатие бетона шпал – В 40, марка по морозостойкости – F 200.

Железобетонные шпалы эксплуатируются в сложных условиях, ежедневно испытывая динамические нагрузки от подвижного состава и воздействий окружающей среды. Поэтому данные конструкции должны обладать высокой прочностью, трещиностойкостью и морозостойкостью [2].

В 2011 году в г. Темиртау был запущен завод по производству железобетонных шпал по конвейерной технологии (карусельный способ) на новейшем итальянском оборудовании компании Plan. Шпалы производятся по системе предварительного натяжения, где при армировании используются 8 стержней проволоки гладкого профиля диаметром 7 мм, их концы надевают на анкерные пластины и высаживают полукруглые анкерные головки. При такой схеме армирования полностью исключаются потери от предварительного напряжения, так как анкерные пластины расположенные по торцам изделия предупреждают проскальзывание проволоки в момент передачи предварительного напряжения на бетон. По техническим характеристикам шпалы, производимые на данной линии запроектированы для высокоскоростных магистралей.

В 2019 году в г. Алматы на базе Алматинского завода мостовых конструкций (АЗМК) был запущено производство железобетонных шпал для высокоскоростных дорог. Данные шпалы производятся по немецкой технологии Vollert.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Требования к сырьевым материалам шпал отражены в ГОСТ 33320-2015 «Шпалы железобетонные для железных дорог» (пункт 5.2), согласно данным требованиям в качестве вяжущего вещества применяется портландцемент ПЦ-Д0 марки не ниже 500, полученный на основе клинкера нормированного состава – Н по ГОСТ 10178 или ЦЕМ I класса не ниже 42,5 по ГОСТ 31108.

На цементном рынке Карагандинской области представлены АО «Central Asia Cement», АО «Jambyl Cement».

Выбор цемента осуществлялся по ограничению содержания в минералогическом составе клинкера С3А не более 8 %, как известно, содержание данного минерала отвечает за гидратацию и дальнейшую кинетику твердения цементных систем. Также, содержание оксида магния MgO в клинкере не должно быть более 5 % массы клинкера. По данным показателям соответствует требованиям портландцемент ПЦ 500 Д0-Н АО «Central Asia Cement». В таблицах 1–2 представлены химический и минералогический состав портландцементных клинкеров.

Таблица 1 – Химический состав цементов

Наименование завода изготовления	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	CaO _{св}
АО «Central Asia Cement» (п. Актау)	63,5	21,5	2,5	3,98	4,5	2,45	0,5
АО «Jambyl Cement»	61,1	22,7	3,65	4,04	4,3	2,3	0,6

Таблица 2 – Минералогический состав цементов

Наименование завода изготовления	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
АО «Central Asia Cement» (п. Актау)	61,14	17,72	6,5	14,64
АО «Jambyl Cement»	62,2	16,27	8,2	13,33

По результатам приведенным в таблицах 1–2, можно сделать вывод о том, что портландцемент ПЦ 500 Д0-Н АО «Central Asia Cement» удовлетворяет требованиям ГОСТ 33320-2015 «Шпалы железобетонные для железных дорог», но в портландцементе АО «Jambyl Cement», имеется превышение содержания трехкальциевого алюмината (С3А) на 0,2% от предельно-допустимой нормы.

Результаты испытаний цементов, с целью определения их свойств, на соответствие требованиям, предъявляемым к цементам для изготовления бетонов шпал, приведены в таблице 3. Испытания проводили по ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной плотности, сроков

схватывания и равномерности изменения объема». Основные механические характеристики определялись по ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии».

Таблица 3 – Результаты испытаний цементов

№	Показатели, ед. изм.	АО «Central Asia Cement» ПЦ 500 Д0-Н	АО «Jambyl Cement» ПЦ 500 Д0
1	Насыпная плотность, кг/м ³	1300	1310
2	Тонкость помола, остаток на сите № 008, %	3,2	2,1
3	Нормальная густота цемент. теста, %	27,5	29,5
4	Сроки схватывания цементного теста нормальной густоты, час-мин начало конец	2-16 4-21	2-35 4-10
5	Распływ конуса, мм	114	113
6	Равномерность изменения объема	трещины отсутствуют	трещины отсутствуют
7	Предел прочности при изгибе, МПа, в возрасте 3 суток	4,2	4,0
8	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте 3 суток	36	33
9	Предел прочности при изгибе, МПа, в возрасте 28 суток	6,3	6,0
10	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте 28 суток	55,8	52,1

Данные цементы, как видно из результатов испытаний соответствуют требованиям ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия».

В качестве мелкого заполнителя рассмотрены песчано-гравийные смеси (ПГС) КХ «Нур-Адил», ТОО «Импульс» и в качестве крупного заполнителя – щебень фракции 5–20 мм ТОО «Строй Кам» и ТОО «Техноиндустрия».

Результаты испытания мелкого и крупного заполнителей разных карьеров приведены в таблицах 4–7.

Таблица 4 – Результаты испытаний песчано-гравийных смесей

№ п/п	Наименование показателя	Требования ГОСТ 8736	КХ «Нур-Адил»	ТОО «Импульс»
1	Модуль крупности	не нормируется	2,7	3,5
2	Насыпная плотность, кг/м ³	не нормируется	1510	1620

3	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	не более 2,0	1,8	2,0
4	Содержание зерен крупностью свыше 10 мм, %	не более 5,0	5,1	5,5
5	Содержание зерен крупностью свыше 5 мм, %	не более 15,0	12,9	12,1
6	Истинная плотность, кг/м ³	не нормируется	2,65	2,65
7	Глина в комках, %	не более 0,25	0,19	0,1

Таблица 5 – Гранулометрический состав песчано-гравийной смеси (КХ «Нур-Адил»)

№ сита	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	<0,16
Полные остатки, %	17,2	31,3	48,5	83,5	98	1,9
Норма по НД	-	-	45-65	-	-	0-15

Согласно ГОСТ 33320-2015 «Шпалы железобетонные для железных дорог» для бетона железобетонных шпал следует использовать пески I класса с модулем крупности 2,0–3,25. В связи с этим была выбрана песчано-гравийная смесь КХ «Нур-Адил», стоит отметить, что у данной ПГС имеется превышение содержания зерен крупностью свыше 10 мм на 0,1 %.

Таблица 6 – Результаты испытаний щебня (ТОО «СтройКам»)

№ п/п	Наименование показателей	Требования НД	Результат				
			Диаметр контрольных сит, мм	d	0,5 (d+D)	D	1,25D
1	Зерновой состав	см. графу «Результат»	Полные остатки на ситах, % по массе	от 90 до 100	От 30 до 60	До 10	До 0,5
			96,3	51,84	7,64	0,12	
2	Пылевидные и глинистые частицы, % по массе, не более	1	1,7				
3	Пластинчатые (лещадные) и игловатые зерна, % по массе, не более для I группы	10	8,2				
4	Насыпная плотность, кг/м ³	не нормируется	1482				

5	Марка по дробимости в сухом состоянии	не нормируется	Др1200
6	Марка по морозостойкости	не менее F200	F150

Таблица 7 – Результаты испытаний щебня (ТОО «Техноиндустрия»)

№ п/п	Наименование показателей	Требования НД	Результат				
			Диаметр контрольных сит, мм	d	0,5 (d+D)	D	1,25D
1	Зерновой состав	см. графу «Результат»	Полные остатки на ситах, % по массе	от 90 до 100	От 30 до 60	До 10	До 0,5
			96,3	50,6	8,2	0,3	
2	Пылевидные и глинистые частицы, % по массе, не более	1	0,9				
33	Пластинчатые (лещадные) и игольчатые зерна, % по массе, не более для II группы	15	10,5				
4	Насыпная плотность, кг/м ³	не нормируется	1340				
4	Марка по дробимости в сухом состоянии	не нормируется	Др1200				
5	Марка по морозостойкости	Не менее F200	F 200				

По результатам, представленным в таблицах 6,7 видно, что марка по морозостойкости щебня ТОО «Стройкам»(отобранной пробы) ниже требуемого показателя, а щебень ТОО «Техноиндустрия» отличается высоким содержанием зерен пластинчатой и игольчатой формы и относится ко II группе. Согласно ГОСТ 33320-2015 содержание в щебне зерен пластинчатой (лещадной) и игольчатой формы не должно превышать 15 % по массе. Исходя из этого для дальнейшей работы выбран щебень ТОО «Техноиндустрия».

Вода для затворения бетонной смеси соответствует требованиям ГОСТ 23732–2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия».

В работе в качестве химических модификаторов применяли добавки водоредуцирующие и пластифицирующие на основе нафталинсульфокислот (далее – СНФ): СП-1; на основе поликарбоксилатного эфира(далее – ПКЭ): MasterGlenium ACE 430, Sika ViscoCrete T 100 KZ.

Для армирования шпал применяется проволока гладкая стальная из высокоуглеродистой стали Ø 7 мм в количестве 8 штук на одну шпалу вместо 44 штук Ø 3 мм по традиционной стендовой технологии. Поставщик – Silvery Dragon Group Technology (Китай)

Таблица 8 – Требования по механическим свойствам проволоки

№	Наименование показателя	Требования по ГОСТ 7348-81	Фактические показатели (согласно паспорту качества)
1	Временное сопротивление разрыву	не менее 1570 МПа	1711
2	Условный предел текучести	не менее 1420 МПа	1483
3	Относительное удлинение при разрыве	не менее 6,0 %	7,0
4	Модуль упругости арматурной стали	не менее 2,0*10 ⁵ Н/мм ²	-
5	Разрывное усилие, Н (кгс)	не менее 60400 (6160)	6320
6	Длина, мм	2610±1	2611

На данный момент проволока импортируется с КНР в связи с тем, что по конвейерной технологии производства она должна поставляться мерной длины (2610 мм) и допустимое отклонение по длине составляет лишь ±1 мм, также проволока должна быть плотно упакована для недопущения коррозии металла и возникновения непрямолинейности прутков во время транспортировки, а по остальным характеристикам ведутся работы по мониторингу альтернативных поставщиков.

В работах Мезина И. Ю., Чукина В. В. приводится анализ вариантов формирования технологических процессов производства высокопрочной арматуры для железобетонных шпал, а также проведена наработка исходных данных по режимам патентирования катанки из углеродистых сталей (0,7–0,85 % С) диаметром более 15 мм [4].

ВЫВОДЫ

По результатам испытаний можно сделать о том, что сырьевая база Карагандинской области по техническим показателям располагает качественными материалами для производства железобетонных шпал. Из рассмотренных видов сырьевых материалов наиболее подходящими

являются портландцемент АО «Central Asia Cement», в качестве мелкого и крупного заполнителей – песчано-гравийная смесь КХ «Нур-Адил», щебень ТОО «Техноиндустрия», в качестве химических модификаторов – СП-1, Sika ViscoCrete T 100 KZ. При изучении данного вопроса было установлено, что имеется проблема отсутствия производства в Республике Казахстан высокопрочной проволоки гладкого профиля мерной длины диаметром 7 мм. Данная проблема требует более детального дальнейшего анализа с целью разработки технологии получения проволоки для армирования железобетонных шпал.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Киселёва, О. Г., Вахитова, Л. В.** Развитие транспортной инфраструктуры для организации скоростного движения. Материалы XLI Международной научно-практической конференции КазАТК им. М. Тынышпаева – 3–4 апреля 2017 г. – Т. 2. – С. 250–253.

2 **Соловьёв, В. Г., Шувалова, Е. А., Нелогов, С. К., Гацоев, Г. Б.** Способы повышения межремонтного срока железобетонных шпал. Технические науки. // Материалы XVIII международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 70–72.

3 **Ткач, Е. В., Рахимов, М. А., Иманов, М. О., Серова, Р. Ф., Рахимова, Г. М.** Карагандинский государственный технический университет. Проблемы получения модифицированных цементных материалов. [Электронный ресурс]. – http://www.rusnauka.com/3_ANRR_2009/Stroitelstvo/36647.doc.htm.

4 **Мезин, И. Ю., Чукин, В. В.** Анализ вариантов формирования свойств исходной заготовки при производстве высокопрочной стальной арматуры для железобетонных шпал. Вестник МГТУ им. Г. И. Носова. – 2011. – № 4 – С. 30–34.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

М. А. Рахимов¹, З. А. Сулеймбекова²

Темірбетон шпал өндірісіне арналған шикізат материалдарын талдау

^{1,2}Сәулет-құрылыс факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

М. А. Rakhimov¹, Z. A. Suleimbekova²

Analysis of raw materials for the production of concrete sleepers

^{1,2}Faculty of Architecture and Construction,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Мақалада еуропалық технология бойынша стандартты тарту әдісімен шпал өндірісі үшін шикізат материалдарына талдау жүргізіледі. Нормативтік-техникалық құжаттардың талаптарын және технологияның ерекшеліктерін ескере отырып, шикізат материалдарына қойылатын талаптарға шолу жүргізілді. Байланыстырғыш заттарды, ірі және ұсақ толтырғыштарды зертханалық сынау нәтижелері көрсетілген. Қазақстан Республикасының аумағында шпалды арматуралау үшін қажетті жоғары көміртекті болаттан жасалған тегіс пішінді сымдардың болмауы проблематикасы көрсетілген және осы проблеманы шешуге бағытталған мақалаларға шолу жүргізілді. Мақалада шпалдарды өндіру процесінде қолданылатын технологиялық жабдықтың ерекшеліктеріне байланысты өлшеуіш ұзындықтағы сымды қолдану қажет, бұл орындау үшін күрделі талаптардың бірі болып табылады. Сонымен қатар, зертханалық сынақтар нәтижелері бойынша оңтайлы шикізат материалдары таңдап алынды, материалдардың нақты түрлерін таңдау негіздемесі келтірілген.

The article analyzes the raw materials for the production of sleepers by standard tension on the European technology. The review of requirements to raw materials taking into account requirements of normative and technical documents and features of technology is carried out. The results of laboratory tests of binders, large and small fillers for the production of sleepers are shown. The problem of absence of smooth profile wire of high-carbon steel necessary for reinforcement of sleepers in the territory of the Republic of Kazakhstan is reflected and the review of articles aimed at solving this problem is carried out. In article it is noted that, in connection with feature of the processing equipment applied in the course of production of cross ties, it is necessary to use a wire of dimensional length that is one of difficult in execution of requirements. Also, according to the results of laboratory tests, the optimal raw materials are selected, the justification for the choice of specific types of materials is given.

V. V. Ryndin¹, A. H. Mustafin², G. G. Abdullina³

¹Candidate of Engineering Sciences, Professor, Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

²Candidate of Engineering Sciences, Professor, Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³Dr. PhD, assoc. Professor, Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

EXPORT ROUTES AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF KAZAKHSTAN'S MAIN OIL PIPELINES

Kazakhstan in terms of geological oil reserves ranks second in the CIS after Russia and ninth in the world. Pipeline transportation is the main one for export oil transportation outside the Republic of Kazakhstan. The article provides the diagrams of the main oil export routes and technical characteristics (throughput, length and diameter) of the main oil pipelines of Kazakhstan: Uzen-Atyrau-Samara, Omsk-Pavlodar-Shymkent-Turkmenabad, Tengiz-Atyrau-Novorossiysk (CPC), Atyrau-Kenkiyak-Kumkol-Karakoin-Atasu-Alashankou (Kazakhstan-China).

Keywords: oil main pipelines, route schemes, technical characteristics of oil pipelines, Kazakhstan.

INTRODUCTION

The most popular product on the world market is energy resources, especially oil, gas, coal, uranium. **Oil** is called the **blood of the earth**, which feeds the economy of the entire planet. Kazakhstan in terms of geological reserves ranks second in the CIS after Russia and ninth in the world. The presence of colossal hydrocarbon reserves (more than 2.2 billion tons of oil and more than 2.0 trillion) give Kazakhstan global significance. The largest reserves of Kazakhstani oil are concentrated in the zone of the Caspian region – the zone of interests of the United States, which considers the Caspian Sea as a strategic reserve field. Under the presidency of George W. Bush, the Caspian began to be called the «Inland Sea» of the United States or the «Sixth Great Lake» [1]. A feature of the Caspian

region is its remoteness from the main sales markets, the lack of direct access to the sea, and the need for transit through territories with unstable political and interethnic conditions (Georgia, Nagorno-Karabakh, Afghanistan, Kurdistan, XUAR, etc.). Therefore, the key issues of the Caspian region were the issues of oil transportation to world markets – it is they that determine the economic prospects for the development of the Caspian countries, and they act as the main factors in the formation of a new geopolitical balance of power in the region.

The success of our country's economic development depends not only on the availability of oil and gas reserves, but, above all, on ensuring the republic's transport independence when exporting hydrocarbons. Pipeline transport, which is called the transport of **black gold** and **blue fire**, is the main one for export oil transportation outside the Republic of Kazakhstan. Any pipeline must meet at least two conditions: have a guaranteed load at the beginning of the pipe in the long run and a stable market at the end of the pipe also in the long run. In addition, the selected pipe should ensure reliable delivery and have an affordable price (tariff) for delivering oil to world markets. Those **who control the production and transportation of oil** also **control the economies** of all the countries that depend on it. Namely, for the sake of control over oil in the Caspian region and in the countries of the possible laying of oil pipelines, the United States deploy its military bases [2].

To ensure the stability of supplies, it is necessary to have several alternative routes that balance the risks of each of them individually.

MAIN PART

The oil pipeline system of Kazakhstan, inherited from the USSR, consisted of two independent subsystems – Western and Eastern, between which there was a gap between the Atyrau-Kumkol section. The **western subsystem** of oil pipelines, starting at the Kalamkas field, provides oil transportation to the terminals of the port of Aktau, the Atyrau refinery and to the oil pipeline system of the Russian Federation (Samara). This system also includes the CPC, Kenkiyak-Atyrau and Kenkiyak-Orsk pipelines (Figure 1).

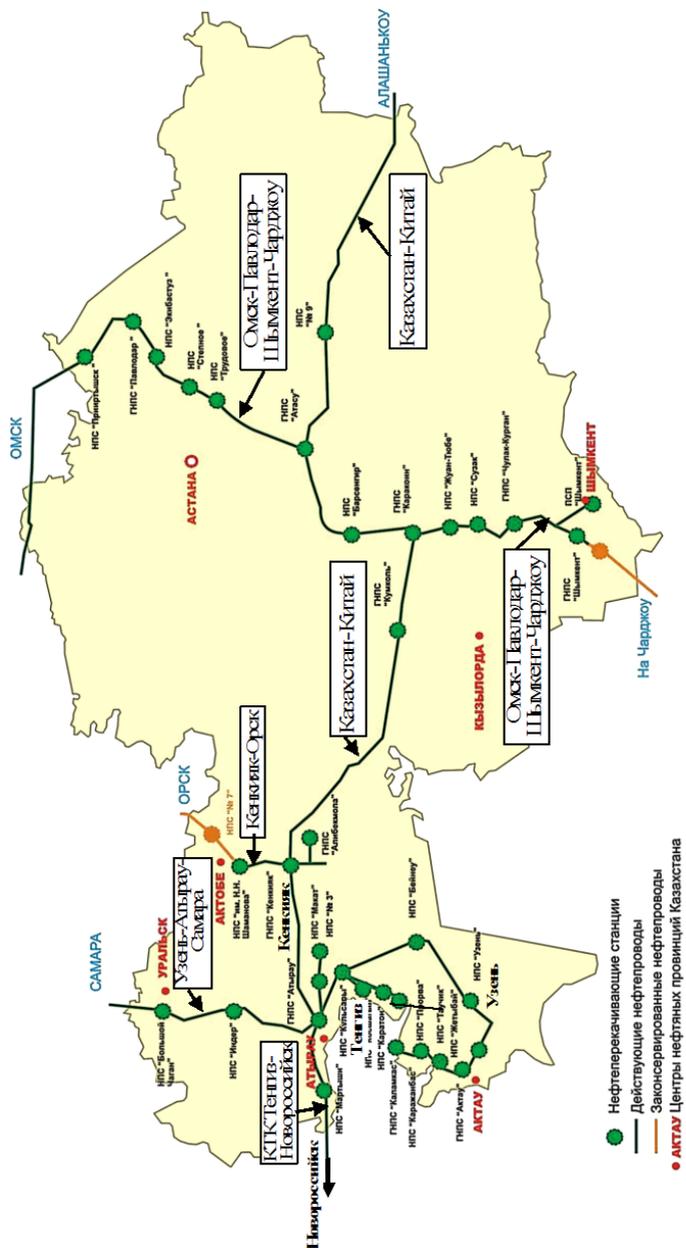


Figure 1 – Scheme of the main pipelines of the Republic of Kazakhstan

The Kenkiyak-Orsk oil pipeline (400 km, two lines with a diameter of 325 and 530 mm, 6,7 million tons / year) is intended for the supply of oil to the Orsk Refinery of the Russian Federation. After the Kenkiyak-Atyrau oil pipeline was launched in 2004, deliveries on this route were reduced to 2 million tons / year.

The eastern subsystem of oil pipelines includes the Kazakhstan part of the trans-Asian Omsk-Pavlodar-Shymkent-Chardzhou (Turkmenabad) oil pipeline, built in Soviet times to supply West Siberian oil to the refineries of Kazakhstan, Uzbekistan and Turkmenistan. West Siberian oil is supplied via the Omsk-Pavlodar pipeline to the Pavlodar refinery and the Atasu railway platform, mainly using the scheme for its replacement with Kazakhstani oil in Samara.

Transport routes of early oil. The first oil pipeline in the Republic of Kazakhstan was laid in 1911–1913. from the Dossor field to the port of B. Rakush for pumping Emba oil to the shore of the Caspian Sea with a length of 60 km, of which 16 km lay along the bottom of the Caspian Sea [3].

At the time of independence, 6300 km of oil pipelines passed through Kazakhstan (some of them are given in table 1).

Table 1 – Oil pipelines of Kazakhstan, built before 1991

Pipeline, year put into operation	Length, km (total / RK)	Diameter, mm	Throughput, mln t / year
Uzen-Zhetybai-Aktau (1966)	150		9
Uzen-Atyrau-Samara (1970)	1480/1237	710/1020	17/40
Omsk-Pavlodar-Shymkent-Chardjou (1977 to 1983)	1636/1127	820/635	17/40 (40 – проект)
Каламқас-Қаражанбас-Ақтау (1979–1986)	290	530/720	8,04/15
Zhanazhol-Kenkiyak-Orsk (1986)	810/450	377/530	7,7
Prorva-Kulsary (1986)	103		5
Kumkol-Karakoin (1990)	230 (2 линии)	530/710	2/15
Tengiz-Atyrau-Astrakhan-Grozny (1991)	678		30

The longest pipelines are Uzen-Atyrau-Samara and Omsk-Pavlodar-Shymkent-Chardzhou (see Figure 1).

The Uzen-Atyrau-Samara oil pipeline is a unique heated main oil pipeline, built in 1970, has a length of 1380 km (1237 km in Kazakhstan), and a pipeline diameter of 1020/720 mm. It starts from the Uzen field and passes through the territory of Kazakhstan and the Samara region of Russia (see Figure 1), then oil is transported via the Transneft system to the ports of Odessa, Primorsk, Novorossiysk and through the Druzhba system to the markets of North-West, Central and Eastern Europe.

The oil of the fields adjacent to this pipeline has a density of 771 to 963 kg/m³, kinematic viscosity at 20 °C from 1.14 to 920 mm²/c paraffin content

from 0.06 to 23,4 %, resins from 1,0 to 20,9 %, asphaltenes from 0,08 to 6,5 %. Due to the high content of paraffin, such oil has a very uncomfortable property – to freeze in the heat of thirty degrees. Oil leaving the well has a temperature of 65 °C and, moving along the pipe at a speed of approximately 3 km/h, cools through 145 km of the route. Therefore, fifteen heating stations were built along the entire length of the pipe, of which seven stations were combined with oil pumping stations. In addition to the use of furnaces, it is necessary to pass a scraper through the pipes every month, removing a 20 mm layer of sticky paraffin deposited on the walls in a month. But, despite this, the production of Mangyshlak oil is cost-effective and in demand on the market. At the end of 2011, the volume of oil transportation amounted to 15,75 million tons. The maximum throughput of the pipeline is 30 million tons /year [4].

The Omsk-Pavlodar-Shymkent-Chardzhou (Turkmenabad) oil main pipeline was built in stages from 1977 to 1983 with the goal of transporting West Siberian oil to the Pavlodar, Shymkent and Chardzhou oil refineries. The length of the Omsk-Pavlodar oil pipeline is 438 km, its diameter 1020 mm, throughput 45/42 million tons / year. The section of the Pavlodar-Shymkent pipeline is 1636 km, the diameter of the pipeline is 820 mm, the throughput capacity is 22 / 16,5 million tons / year. A section of the Shymkent oil pipeline – the border of Uzbekistan – 294 km, a section of the pipeline across Uzbekistan – 370 km, and a section from the Uzbekistan – Turkmenistan border to the Seydi oil refinery – 35 km, a pipeline diameter of 220 mm, and a throughput of 8/7 million tons / year.

After the collapse of the USSR and the cessation of supplies of West Siberian oil, the Shymkent-Chardzhou (Turkmenabad) oil pipeline was not operated on a section from 11 km to 294.5 km. In 1999, KazTransOil CJSC displaced oil at this section of the pipeline and preserved it.

With the commissioning of the Atasu-Alashankou section of the Kazakhstan-China oil pipeline, it became possible to export Russian oil to China from Omsk, and the construction of a two-strand pipeline on the Atasu-Karakoin section in 1990 allowed entering the markets of neighboring Afghanistan or Iran. The annual throughput of the pipeline in the Omsk-Pavlodar sections is up to 30 million tons, Pavlodar-Shymkent – 22 million tons and Shymkent-Turkmenabad – 7 million tons.

Late oil routes. The system of pipelines that has developed within the USSR did not meet the interests of an independent republic – the geographical disconnect between the places of production, processing, consumption and the full orientation of oil pipelines to Russia created big problems in the formation of energy independence. The only existing oil pipeline connecting Kazakhstan with the outside world (with Europe) passed through Russia (the Atyrau-Samara oil pipeline).

Over the years of independence, about 6000 km of oil pipelines were built: Tengiz-Atyrau-Novorossiysk (CPC), Kenkiyak-Atyrau, Kenkiyak-Kumkol,

Atasu-Alashankou (table 2). Currently, the main existing export directions of Kazakhstani oil are pipelines: Uzen-Atyrau-Samara, Tengiz-Atyrau-Novorossiysk, Atasu-Alashankou, Aktau seaport (see Figure 1).

The oil pipeline system of the **Caspian Pipeline Consortium (CPC)**. The CPC oil pipeline (**Tengiz-Atyrau-Komsomolskaya-Kropotkin-Novorossiysk**) with a diameter of 1020 mm was put into operation in experimental production mode in 2002.

Table 2 – The main oil pipelines of Kazakhstan, built after 1991

Initial, intermediate and final points	Year of commissioning	Length, km (total / RK)	Bandwidth million tons / year / diameter mm
CPC (Tengiz-Atyrau-Novorossiysk)	2001	1580/695	28-67/ 1020
Karachaganak-B. Shagan-Kalmykovo-Atyrau	2003	650	7/610
Kenkiyak-Atyrau	2004	449	6-12/610
Kazakhstan-China – site Atasu Alashankou (China)	2006	965,2 (988)	10-20/813
Kazakhstan-China – site Kenkiyak-Kumkol (KAK)	2010	761 (786)	10-20/813

The CPC oil pipeline with a total length of 1580 km (of which the length of the new pipeline is 748 km, including 695 km through the territory of the Republic of Kazakhstan) connects the Kazakhstan Tengiz oil field and the Yuzhnaya Ozereyevka oil terminal on the Russian Black Sea coast near the port of Novorossiysk (see figure) one). The number of oil pumping stations is 15: 4 in Kazakhstan, 11 in Russia. The CPC system receives oil mainly from fields in Western Kazakhstan (Kenkiyak, Zhanazhol, Karachaganak), as well as raw materials from Russian producers. CPC, unlike the Atyrau-Samara-Druzhba pipeline, allows Tengiz oil to enter the world market with its Tengiz brand.

CPC pumps over a third of Kazakhstan's total export oil annually. Since the start of the pipeline's operation (2002), 266 million tons have been transported, including 224 million tons of Kazakhstani oil, 36 million tons in 2010, of which 29,9 million tons of Kazakhstani oil. At the end of 2011, CPC tariff revenue amounted to 1,12 billion dollars.

In connection with the increase in oil production at the Tengiz and Karachaganak fields and the commissioning of the Kashagan field, the question arose of increasing the capacity of the pipeline to 67 million tons per year due to the construction of 10 additional oil pumping stations. The project will require \$ 5,4 billion.

Kazakhstan-China oil pipeline. In September 1997, an agreement was signed on a project for the transportation of Aktobe, and in the future, Caspian oil, via

the Western Kazakhstan-Western China pipeline. Around the same time, the pipeline route was agreed: Atyrau-Kenkiyak-Kumkol-Karakoin-Atasu-Aktogay-Alashankou (Figure 2). As already noted, West Siberian oil can be connected to the highway via the Omsk-Pavlodar-Atasu oil pipeline.



Figure 2 – Kazakhstan-China Oil Pipeline

In May 2002, with the participation of the Chinese side, the construction of the Kenkiyak-Atyrau pipeline began, and in 2004 it was commissioned. The capacity of this pipeline is 6 million tons / year, the length is 449 km. The immediate task of the new route is to deliver oil from Central Kazakhstan to the KKT system (Kazakhstan-China pipeline), the long-term task is to deliver Kazakhstan oil to China by reversing it and building the Kenkiyak-Aralsk-Kumkol and Atasu-Alashankou sections (Kumkol-Karakoin-Atasu section 623 km long came from the USSR).

December 15, 2005, President of Kazakhstan N. A. Nazarbayev solemnly launched the Atasu-Alashankou oil pipeline [6]. The first launch complex was put into operation in July 2006, construction was fully completed in 2008. At the end of 2011, the volume of oil transshipment to the Atasu-Alashankou oil pipeline reached 10 million 894 thousand tons of oil, including 200 thousand tons of Russian oil.

The first stage of the second stage of the Kazakhstan-China oil pipeline construction project was the implementation of the Kenkiyak-Kumkol oil pipeline project with a length of 794 km and a diameter of 813 mm. In October 2009, the launch complex was commissioned, and in December 2010, the project for the construction of the first phase of the Kenkiyak-Kumkol oil pipeline was fully completed. The capacity of the first stage of the pipeline is 5 million tons / year. In 2017, 5 million 210 thousand tons of oil was transported through the Kenkiyak-Kumkol pipeline.

The implementation of the Kenkiyak-Atyrau oil pipeline reverse project with a capacity of up to 6 million tons per year was launched in order to ensure oil supplies to the Shymkent oil refinery and Pavlodar petrochemical plants. And the expansion of the Kazakhstan-China oil pipeline will ensure oil export to China up to 20 million tons per year at the Alashankou point, completion is planned before the end of 2020.

The increase in oil production in Kazakhstan (from 90 million tons in 2020 to 100 million tons in 2024) will be provided by projects for the future expansion of the Tengiz, Karachaganak, Kashagan fields, as well as the commissioning of offshore fields [8].

CONCLUSIONS

The main pipelines currently operating for Kazakhstani oil are the following pipelines: Caspian Pipeline Consortium (CPC), Atyrau-Samara, Atasu-Alashankou and the port of Aktau. According to the results of 2018, crude oil production amounted to 77.5 million tons in physical terms and 12.2 trillion tg in monetary terms. [9].

CPC pumps over a third of Kazakhstan's total export oil annually. In 2018, more than 61 million tons of oil was shipped through the pipeline. At the end of 2018, the volume of oil transportation through the Atyrau-Samara section of the Uzen-Atyrau-Samara trunk oil pipeline amounted to 14 million 757 thousand tons of oil. In 2018, the volume of oil transportation through the pipeline system of Kazakhstan-China Pipeline LLP amounted to 16 million tons. Oil loading into tankers in the port of Aktau using the capacities of KazTransOil JSC amounted to 2 million 2 thousand tons (an increase of 810 thousand tons). 2019 is a jubilee year for the entire oil and gas industry and the country – the 120-th anniversary of Kazakhstani oil.

REFERENCES

- 1 **Syrlybaeva, B. R.** Caspian: problems and priority areas of intra-regional cooperation. Political Scientists Club – South Caucasus: <http://club.xronika.az/analitika/print:page,1,132-kaspij-problemy-i-prioritetnye-napravleniya.html>. Date: 12. 05. 2010.
- 2 Zvonimir Traykovich. How is the collapse of Russia: www.polit.nnov.ru/2005/09/05/russia/.
- 3 Kazakhstan is my Motherland: <http://www.tarih.spring.kz/ru/kazakhstan/>.
- 4 Uzen-Atyrau-Samara oil pipeline. Oil Transport Institute «(ITN): http://www.iot.kiev.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=85

5 Oil transportation. National Company KazMunayGas JSC, 2012: [Electronic resource]. – <http://www.kmg.kz/manufacturing/>.

6 Launch of the Atasu-Alashankou oil trunk pipeline. KAZINFORM: <http://ru.government.kz/site/news/2005/12/news102>.

7 **Polish, M.** KazTransOil – a course towards the prosperity of the country: [Electronic resource]. – <http://www.kazpravda.kz/c/1323824198>. Date: 14. 12.2011.

8 https://forbes.kz/process/economy/по_какому_стсценарию_бюджет_развивается_экономика_казахстана/12 September 2019. [Electronic resource].

9 <https://www.zakon.kz/4956899-neftedobycha-v-kazahstane-podskochila.html>. 03 10 2019. [Electronic resource].

Material received on 26.03.20.

В. В. Рындин¹, А. Х. Мустафин², Г. Г. Абдуллина³

Қазақстанның магистральдық мұнай құбырларының экспорттық маршруттары мен техникалық сипаттамалары

^{1,2,3}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

В. В. Рындин¹, А. Х. Мустафин², Г. Г. Абдуллина³

Экспортные маршруты и технические характеристики магистральных нефтепроводов Казахстана

^{1,2,3}Павлодарский государственный университет
имени С. Торайғырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Қазақстан мұнайдың геологиялық қорлары бойынша Ресей мен әлемде тоғызыншы орында тұр. Құбыр көлігі Қазақстан Республикасынан тысқары жерлерге мұнайды экспорттық тасымалдау үшін негізгі болып табылады. Мақалада мұнайдың негізгі экспорттық бағыттарының схемалары және Қазақстанның магистральдық мұнай құбырларының техникалық сипаттамалары (өткізу қабілеті, ұзындығы және диаметрі) келтірілген: Өзен-Атырау-Самара, Омбы-Павлодар-Шымкент-Түркменабад, теңіз-Атырау-Новороссийск (КТК), Атырау-Кеңкияқ-Құмкөл-Қарақойын-Атасу-Алашанькоу (Қазақстан-Қытай).

Казахстан по геологическим запасам нефти занимает второе место в СНГ вслед за Россией и девятое в мире. Трубопроводный транспорт является основным для экспортной транспортировки нефти за пределы Республики Казахстан. В статье приведены схемы основных экспортных маршрутов нефти и технические характеристики (пропускная способность, длина и диаметр) магистральных нефтепроводов Казахстана: Узень-Атырау-Самара, Омск-Павлодар-Шымкент-Туркменабад, Тенгиз-Атырау-Новороссийск (КТК), Атырау-Кенкияк-Кумколь-Каракоин-Атасу-Алашанькоу (Казахстан-Китай).

V. V. Ryndin¹, A. H. Mustafin², G. G. Abdullina³

¹Candidate of Engineering Sciences, Professor, Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

²Candidate of Engineering Sciences, Professor, Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³PhD, Associate Professor, Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

MAIN GAS PIPELINES OF KAZAKHSTAN AND THEIR CHARACTERISTICS

In 2017, Kazakhstan occupied the 19th place in terms of natural gas reserves – 1.9 trillion m³. Most of the natural gas reserves are concentrated in the western part of Kazakhstan at the three largest fields: gas condensate Karachaganak, oil Kashagan and Tengiz. More than half of this volume is in the Karachaganak oil and gas field. Kazakhstan was in the TOP-30 countries in gas production, occupying 30th place: 22.9 billion m³. In 2018, the volume of international gas transit amounted to 90 billion m³. Schemes and technical specifications of existing and under construction gas pipelines passing through the territory of Kazakhstan: Bukhara-Ural, Central Asia Center (CAC), Kazakhstan-China (AS), Central Asia-China (CAC), Tobol-Kokshetau-Astana, MG Saryarka.

Keywords: gas mains, route diagrams, technical characteristics of gas pipelines, Kazakhstan.

INTRODUCTION

In terms of natural gas reserves, according to OPEC, the world leader in 2017 is Russia: 50.6 trillion m³ (with a share of 25.4 %). BP (British Petroleum – a multinational oil and gas company TNK) estimates Russia's reserves at 35 trillion m³ (18.1 %). In second place is Iran: 33.8 trillion m³ (17 %), according to OPEC, and 33.2 trillion m³ (17.2 %), according to BP. Qatar closes the top three: 23.9 trillion m³ (12 %), according to OPEC, and 24.9 trillion m³ (12.9 %) by BP [1].

According to OPEC, Kazakhstan ranked 19th in world gas reserves in 2017: 1.9 trillion m³ (1 %). According to BP, Kazakhstan took the 25th place:

1.1 trillion m³ (0.6 %). Most of the natural gas reserves are concentrated in the western part of Kazakhstan at the three largest fields: gas condensate Karachaganak, oil Kashagan and Tengiz. Moreover, more than half of this volume is accounted for by the Karachaganak oil and gas field, the proven reserves of which are, according to available data, 1.36 trillion m³. Half of the total gas production is associated petroleum gas (APG).

According to OPEC estimates, the world leader in natural gas production in 2017 is the United States: 762.3 billion m³ (with a share of 20.4 % of world gas production); in second place Russia: 649.6 billion m³ (17.4 %); the third is Iran: 238 billion m³ (6.4 %). The share of OPEC countries was 21.3 %, the share of OECD countries was 36.4 %. Kazakhstan was in the TOP-30 countries in gas production, occupying 30th place: 22.9 billion m³ (with a share of 0.6 %).

According to the data of the CC MNE of the Republic of Kazakhstan, natural gas production in the liquid and gaseous state amounted to 52.9 billion m³ in 2017, of which 22.9 billion m³ natural gas in the gaseous state. Natural gas production for 11 months of 2018 in physical terms amounted to 50.6 billion m³. Of these, 42.5 % (21.5 billion m³) were in the Atyrau region, 36 % (18.2 billion m³) in the WKO, 12.4 % (6.3 billion m³) in the Aktobe region, 2.8 billion m³ in the Mangystau region [2]. Gas production in 2018 increased by 5 % compared to 2017 and amounted to 55.5 billion m³ [3].

MAIN PART

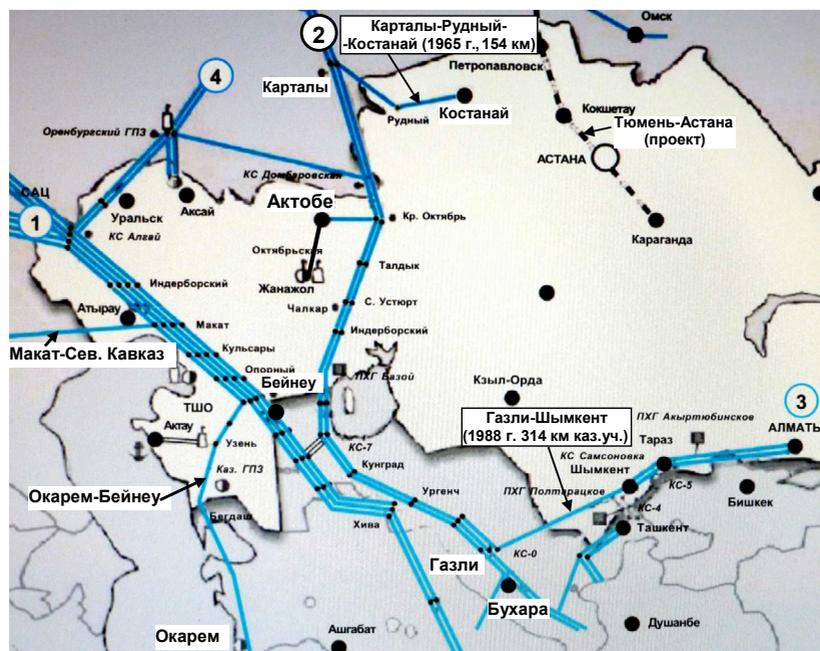
Kazakhstan is mainly a transit country (transit is about 90 %.) For the transportation of natural gas from Uzbekistan and Turkmenistan to Russia and China. In 2009, exports for the first time exceeded imports by 3.8 billion m³, reaching 8.8 billion m³ in 2012, which made Kazakhstan one of the gas exporters. In 2018, the volume of international gas transit increased to 90 billion m³.

There are two unrelated natural gas distribution systems in Kazakhstan: one in the west, which discusses production fields and used to export gas, and the second in the south, which provides gas imports to South Kazakhstan from Uzbekistan. The total length of the system of gas pipelines in Kazakhstan in single-thread terms (the product of the length of one string to the number of threads) exceeds 14 000 km (for comparison, the total length of the Russian main gas pipeline (MGP) is 150 thousand kilometer); the throughput is about 190 billion m³ [4].

The western gas transmission system is based on trunk pipelines stretching across Kazakhstan (Figures 1 and 2) in a submeridional direction from Turkmenistan and Uzbekistan to Russia: the Central Asia-Center system (CAC) and the Bukhara-Ural gas pipeline. The CAC system is connected by additional pipelines to the Caucasus (Makat-North Caucasus 371 km, 1987 year) and the

western regions of Turkmenistan «Okarem-Beineu» in 1975 (the Kazakhstan section of Begdaesh-Beineu has a length of 473 km [5].

In the northwest, the Orenburg-Novopskovsk gas pipelines (sections 319 km and 63 km along the territory of the West Kazakhstan region) and Soyuz with looping (424 km) and a separate branch linking Orenburg with the Karachaganak field (see figure 2). The Orenburg-Novopskov and Soyuz gas pipelines were built in 1975 and 1976 years, respectively, with a total throughput of 42.5 billion m³/year. In 1965, the Kartaly-Rudny-Kostanay gas pipeline was commissioned (154 km from Kartaly gas station to the «Bukhara-Ural» gas pipeline) with gas supplied from the Russian Federation in exchange for its own gas produced at the Karachaganak field, and in 1988 – «Zhanazhol-Oktyabrsk-Aktobe» with a length of 270 km (see Figure 1) [5].



1 – Средняя Азия-Центр (САЦ) 3 – БГР-ТБА
 2 – Бухара-Урал 4 – Союз и Оренбург-Новопсков

Figure 1 – Gas pipelines built in Kazakhstan before 1991 [4]

There are also three underground gas storage facilities (UGS) in the country: Bozoyskoye UGS with an active storage capacity of 4 billion m³ in Aktobe Oblast, Poltoratskoye UGS (0.35–0.4 billion m³) in South Kazakhstan Oblast

and Aktyrtobinskoye (0.3 billion m³) gas in Zhambyl Oblast (see figure 2) [6]. Underground gas storages are designed to provide consumers with natural gas during the winter seasons, as well as during periods of decreasing gas supplies.

The main gas pipelines. The main characteristics of MGP of Kazakhstan are shown in table 1.

Table 1 – The main gas pipelines of Kazakhstan

Initial, intermediate and final points	Year entered in operation	Track length *, km; number of lines	Bandwidth ability billion m ³ / year; diameter mm
Bukhara-Ural (border of Uzbekistan – Russian border)	1963, 1964	639 (578) / 2 lines	14-20 / 1015
The Kartaly-Rudnyi-Kostanay	1965	154/1 line	3,8 / 820
Zhanazhol-Oktyabrsk-Aktobe	1988	270/1 line	0,9 / 520
The Orenburg-Novopskov	1975	382/1 line	11,5 / 1220
Union (with looping 42 km)	1976	424/1 line	31 / 1420
CAC (Central Asia-Center): Beineu-Al. Guy (border. RK-border RF)	1967, 1986	823 / 5 lines	50-80 / 1420, 1220, 1015
Makat-North Caucasus	1987	371/1 line	25,5-31 / 1420
Okarem-Beineu (Begdash-Beineu)	1975	461 (473) / 1-2 lines	5-12 / 1220, 1015
Caspian (Begdash-Beineu-Al. Guy)	2012-2013	1285/1 line	30-40 / 1420
BGR-TBA (Bukhara gas-bearing district-Tashkent-Bishkek-Almaty)	1971, 1999	813/2 lines	21,6 / 720, 1015
Gazli-Shymkent (to KS-Samsonovka)	1988	314/ line	11,5-13,3 / 1220
1st section MGP Kazakhstan-China (Kazakhstan part MGP of the Turkmenistan-Uzbekistan-Kazakhstan-China)	1st, 2nd, 3rd stage: 2009, 2010, 2015	1293/3 lines	30-55 / 1420, 1020
2nd section of the Kazakhstan-China MGP (Beineu-Bozoy-Shymkent)	2011-2013	1475/2 lines	10 / 1067

* The length of the route (one line) within the borders of Kazakhstan

MG «Bukhara-Ural». The history of the main gas pipelines of the Republic of Kazakhstan dates back to 1961, when the construction of the «Bukhara-Ural» gas pipeline began on the territory of 4th republics, including Kazakhstan. In fact, this event should be considered the beginning of the creation of a domestic gas transportation system, since before the construction of this facility the republic did not have its own network of gas pipelines. The gas pipeline route has become the longest and most modern in the country – the total length of two lines is 4464 km, including the total length of two gas lines of 1175 km across Kazakhstan [5].

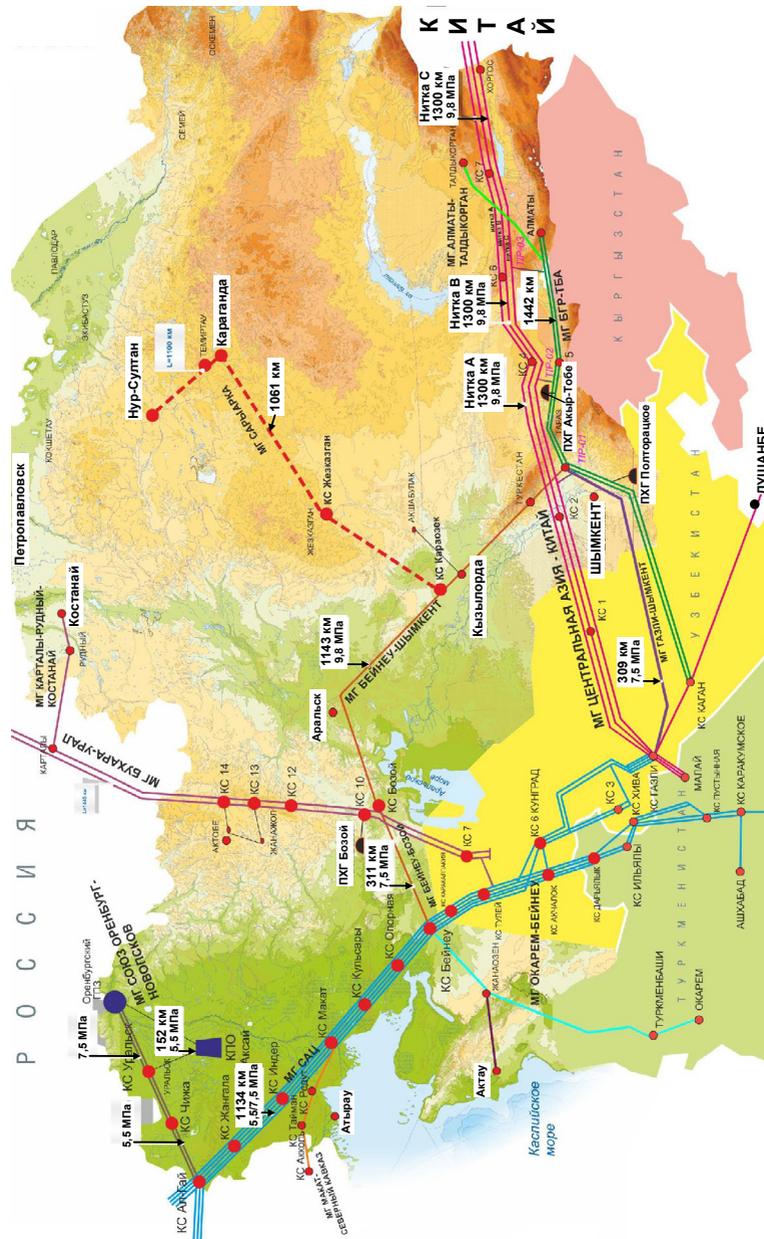


Figure 2 – Map of the gas pipelines of Central Asia [5] (modified)

Bukhara-Ural was built «by the whole world.» The pipeline crossed 625 natural and man-made barriers, including 14 rivers, 19 railways and 650 highways. A total of 17 compressor stations, 138 gas pumping units and 22 gas distribution stations were built. MG throughput reached 14–20 billion m³/year The reserves of the Gazlinskoye field were only enough for 20 years. Currently, the Bukhara-Ural transit pipeline, designed to transport gas from Uzbekistan and Turkmenistan to the industrial regions of Russia, is practically not used for transit, but is used more to supply gas to the Aktobe region.

MGP «Central Asia Center» (CAC). In October 1965, construction began on the Central Asia-Center multi-pipeline system of gas pipelines. The new gas pipeline was supposed to absorb gas from Uzbekistan and Turkmenistan and transported through Kazakhstan to the central regions of Russia. At the time the construction of the first phase was completed in 1967, the CAC was the largest gas pipeline in the world – its length was 3,180 km with a throughput of 10.5 billion m³/year. By 1985, the CAC had become a multi-line system of gas pipelines and branches with a throughput of 80 billion m³/year. Currently, the five-strand Central Asia-Center gas pipeline is a complex, branched transnational network of pipelines with a total length of 5215 km in single-thread calculation [4], according to other sources 4892 km [7]. Now the CAC with a length of 2750 km takes 6th place in the world [8].

Two branches of the CAC gas pipeline are connected in the south-west of Kazakhstan near the village of Beineu, before crossing the border with Russia in the vicinity of the village of Aleksandrov Gai and connecting to the Russian gas transmission network. The eastern branch, with a throughput of 59.5 billion m³/year starts from the southeast gas fields in Turkmenistan. The western Okarem-Beineu branch with a throughput of 5 billion m³/year starts from the Caspian coast of Turkmenistan. The length of the Kazakhstan site («Bezhevshsh-Beineu») is 473 km [5].

MGP «Bukhara gas-bearing region-Tashkent-Bishkek-Almaty» (BGR-TBA). The construction of the BGR-TBA gas pipeline began in 1961 from the Gazli field [7]. In 1968, gas came to the regional center – the city of Dzhambul (Taraz). In January 1971, the BGR-TBA gas pipeline was completed to the city of Alma-Ata. MGP BGR-TBA also provides gas supply to the north of Kyrgyzstan – more than 700 million m³/year and the southern regions of Kazakhstan – about 2 billion m³/year. This gas pipeline has a length of two lines 1585 km with a throughput of 12 billion m³/year [5].

In 1988, the construction of the Gazli-Shymkent gas pipeline was completed (see Figures 1 and 2). The Gazli-Shymkent gas pipeline connects the BGR-TBA pipeline with the Bukhara-Ural trunk pipeline and has a length of 314 km across Kazakhstan [5]. On the section between Shymkent and Almaty, the pipeline crosses the territory of Kyrgyzstan, feeding its capital Bishkek.

The Kazakhstan-China gas pipeline (KAC). China for Kazakhstan is the second most important trading partner after Russia. The trade turnover between the countries in 2018 amounted to \$12 billion. At the heart of Kazakhstan's exports to China, accounting for more than half of the turnover: oil, gas, metals and grain. About 20 billion dollars out of \$ 330 billion of foreign direct investment came from China over the years of Kazakhstan's independence. In April 2019, at the «One Belt, One Way» Forum, countries signed an agreement on the implementation of 55 projects in Kazakhstan for an additional \$27.6 billion in energy, industry and infrastructure. According to unofficial estimates, China has invested in Kazakhstan up to \$80 billion, and the share of Chinese companies is about a quarter of the country's oil and gas industry. The official debt of RK to China is about \$12 billion, however, in the debt list, China is inferior to the Netherlands (about 50 billion), Britain and the United States [11].

In early sources, the Kazakhstan-China MGP was understood to mean various pipelines: 1) the Beineu-Shymkent gas pipeline as the second stage of the Central Asia Gas Pipeline project [12];

2) the Kazakhstan part of the Turkmenistan-China gas pipeline [13];

3) at the same time, the Kazakhstan section of the Turkmenistan-China gas pipeline and the Beineu-Shymkent gas pipeline [14]. All this contributed to the appearance in the media of conflicting information about this gas pipeline.

The Kazakhstan-China gas pipeline is part of a large-scale transcontinental project of the Central Asia-China gas pipeline, which includes gas pipelines passing through Turkmenistan (188 km), Uzbekistan (525 km), and Kazakhstan (1293 km); total to China: 188 + 525 + 1293 = 2006 km and in China to Guangzhou – more than 4860 km. The Central Asia-China gas pipeline is the longest pipeline in the world (about 7,000 km). It gives Asian gas an alternative sales route bypassing Russia. Construction began in 2007, and commissioning began in December 2009. The total cost of the pipeline in 2012 reached over \$ 8.5 billion [14].

As already noted, the «Kazakhstan-China» MGP was originally understood to mean the part of the MGP «Central Asia-China», which starts from the Uzbek-Kazakh border near the town of Saryagash (15 km from Tashkent) and ends on the Kazakh-Chinese border in the vicinity of the Khorgos border post. MGP consists of three lines (see Figure 2). diameter 1067 mm, pipe wall thickness 11.9 /15.9 mm; steel grade X70.

In October 2009, the Beineu-Shymkent gas pipeline began to be considered as the second section of the Kazakhstan-China gas pipeline. Thus, starting from 2009, the Kazakhstan-China MGP began to consist of two sections: the 1st section (launched on September 7, 2013) – the Kazakhstan part of the Turkmenistan-Uzbekistan-Kazakhstan-China gas pipeline (Ugralli-Khorgos) with a length of 1293 km and with a transit capacity of Turkmen gas of 40 billion m³/year and the

2nd – northern section (launched in November 2015) – the Kazakhstani Beineu-Bozoy-Kyzylorda-Shymkent gas pipeline with a length of 1475 km and a capacity of 10 billion m³/year. The total length of two sections of the Kazakhstan-China MGP is 2768 km.

Projects of gas pipelines to the capital of Kazakhstan. The first talk about the gasification of the current capital was still in 1963. And during independence, at least three unrealized projects were developed. Kaztransgaz's proposals for the supply of gas to the north and north-east of Kazakhstan were considered: from Tyumen through Petropavlovsk to Kokshetau and Astana (see Figure 1) or through the Kostanay region directly to Astana, as well as through Kostanay to Kokshetau and Astana. Another option is to join the Beineu-Bozoy gas pipeline. Of all the options, the construction of the West-North-Center gas pipeline (Tobol-Kokshetau-Astana), the continuation of the Kartaly-Rudny-Kostanay gas pipeline from Russia, was considered more or less acceptable for economic reasons (Figure 3) [16].

It was planned to start the construction of the MGP from the point of insertion into the existing Kartaly-Rudny-Kostanay gas pipeline for 131.8 km, towards Kokshetau, with a branch to the Shchuchinsko-Borovsk resort zone, then to Astana, route length 829.5 km Bandwidth 1.5 billion m³/year. Further, the design throughput was brought to 5.3 billion m³/year. The project cost taxpayers 5 billion tenge. That is how much «Samruk-Kazyna» JSC spent on its development.

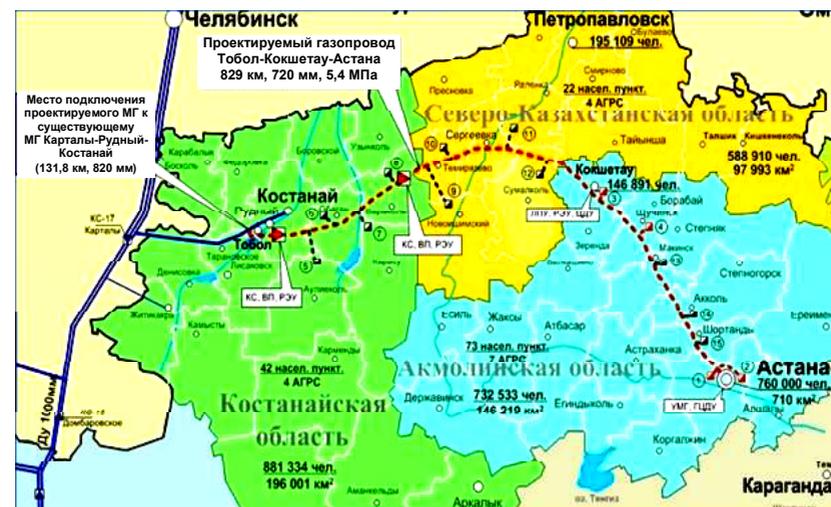


Figure 3 – The Tobol-Kokshetau-Astana gas pipeline [16]

It was supposed to transport Uzbek gas from the MGP «Bukhara-Ural», which became Russian when reversed. And official Astana would have to regularly make certain concessions to Moscow. The difficult negotiations finally convinced the Government that it was better to go to our own raw materials and not to depend on anyone.

The Saryarka gas pipeline project (Kyzylorda-Zhezkazgan-Karaganda-Temirtau-Astana). The new project [17] provides for the maximum loading of the existing «Beineu-Shymkent» MGP, inside of which is precisely Kazakhstan gas from fields in the west of the republic. That is, the project removes the issue of dependence on other people's raw materials. The construction of the linear part of the pipeline was started in March and completed on October 9, 2019. The total length of the pipeline was 1061.3 kilometers. Coverage – 171 settlements. The project cost is 267.3 billion tenge. It took the builders only 8 months to stretch the gas pipeline along the route Kyzylorda-Zhezkazgan-Karaganda-Temirtau-Nur-Sultan (see Figure 2) [18].

CONCLUSIONS

The total length of the system of gas pipelines in Kazakhstan in single-thread terms exceeds 14 thousand km; bandwidth is about 190 billion m³/year. In 2018, gas export from the Republic of Kazakhstan amounted to 26.5 billion m³/year – 3.5 % more than in 2017. In money, exports reached \$2.2 billion per year. The volume of gas transit increased by 7 %, to 90.6 billion m³/year.

In 2015, the «Beineu-Bozoy-Shymkent» MG was launched, which became the northern part of the «Kazakhstan-China» gas pipeline, connecting with the C line of the «Central Asia-China» MG. Kazakhstan began exporting gas to China in October 2017. During the year, the supply volume amounted to 5 billion m³. In October 2019, the «Saryarka» MG (Kyzylorda-Zhezkazgan-Karaganda-Nur-Sultan) was built, supplying gas from the «Beineu-Bozoy-Shymkent» MG to the capital, which will realize the 60-year-old need for gasification of this city (Akmolinsk, Tselinograd, Akmola, Astana, Nur-Sultan).

REFERENCES

- 1 <https://www.zakon.kz/4966619-obzor-gazovoy-otrasli-rk-i-vedushchih.html> [Electronic resource]. 19 апреля 2019.
- 2 <http://www.energyprom.kz/ru/a/monitoring/gazovaya-ekspansiya-eksport-kazahstanskogo-gaza-uvlichilsya-v-kubometrah-na-15-za-god-v-dengah-srazu-na-38> [Electronic resource]. 21 января 2019.
- 3 <https://mail.kz/ru/news/kz-news/kazahstan-uvlichil-eksport-gaza#hcq=vBW96Er> 04 10 2019. [Electronic resource].

4 **Курганбаева, Г. Л.** Проблемы и перспективы развития реальной инфраструктуры транспортировки газа: потенциальный транзит в Европу. ANALYTIC 3/2003 : [Electronic resource]. – <http://www.kisi.kz/img/docs/196.pdf>.

5 Концепция развития ГазоТранспортной системы. – RPI. [Electronic resource]. – www.rpi-inc.ru/materials/10/kat20/.../kaztransgas_PRRUS.ppt/.

6 О компании АО ИЦА. [Electronic resource]. – <http://www.intergas.kz/rus/about/history/>

7 АО «Интергаз Центральная Азия» празднует 50-летие создания магистральных газопроводов Республики Казахстан. Новости 08.09.2011 индустрии Казахстана. [Electronic resource]. – <http://www.intergas.kz/rus/press/novosti/?cid=0&rid=184>.

8 Рейтинги / 19.04.2010 / самые длинные газопроводы мира. [Electronic resource]. – <http://www.trubagaz.ru/ratings/samye-dlinnye-gazoprovody-mira/>.

9 Казахстан. Краткий анализ страны (часть 2) По состоянию на ноябрь 2010 года. Источник: OilPortal.kz 12 мая 2011 / <http://www.oilportal.kz/?q=node/290>.

10 Журнал «Огонёк» № 39 от 07.10.2019, [Electronic resource]. – <https://www.kommersant.ru/doc/4112133>.

11 Газопровод Казахстан-Китай Материалы Википедии.

12 Транснациональный газопровод Туркменистан-Китай // Центр новостей ООН, 04.01.2010. [Electronic resource]. – <http://www.un.org/russian/news/story.asp?NewsID=12888>

13 Газопровод Казахстан-Китай. [Electronic resource]. – <http://www.king.kz/language/ru-RU/Osnovnye-proekty/Proekty-Podrobno/ArticleId/74/Gazoprovod-Kazahstan-Kitai.aspx>.

14 Курсивкз газопровод Центральная Азия-Китай: 17 февраля 2011. [Electronic resource]. – <http://munaigaz.kz/newsgaz/item>.

15 МГ «Бейнеу-Шымкент» kaztransgas.kz/article/632 28 окт 2011.

16 Строительство магистрального газопровода «Запад-Север-Центр». [Electronic resource]. – www.gis-terra.kz/pages/files_download.php?id=70. Алматы 2012.

17 Астана идёт к природному газу 60 лет. [Electronic resource]. – <https://informburo.kz/stati/astana-idyot-k-prirodnomu-gazu-pochti-60-let-pochemu-ni-odin-iz-proektov-ne-byl-realizovan.html> /

18 <https://www.ritmeurasia.org/news--2019-10-13--v-kazahstane-zaversheno-stroitelstvo-gazoprovoda-saryarka-45399> // 13.10.2019. [Electronic resource].

Material received on 26.03.20.

В. В. Рындин¹, А. Х. Мустафин², Г. Г. Абдуллина³

Қазақстанның магистральдық газ құбырлары және олардың сипаттамалары

^{1,2,3}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

В. В. Рындин¹, А. Х. Мустафин², Г. Г. Абдуллина³

Магистральные газопроводы Казахстана и их характеристики

^{1,2,3}Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 26.03.20.

2017 жылы Қазақстан табиғи газ қоры бойынша 19 орынды иеленді – 1,9 трлн м³. Табиғи газ қорының көп бөлігі Қазақстанның батысында үш ірі кен орнында шоғырланған: Қарашығанақ газ конденсаты, Қашаған мұнай және Теңіз. Бұл көлемнің жартысынан көбі Қарашығанақ мұнай-газ кен орнында. Қазақстан газ өндірісі бойынша ТОП-30 еліне кіріп, 30-орынды иеленді: 22,9 млрд м³. 2018 жылы халықаралық газ транзитінің көлемі 90 млрд.теңгені құрады. Қазақстан арқылы өтетін және салынып жатқан және салынып жатқан газ құбырларының сызбалары мен техникалық сипаттамалары: Бұхара-Орал, Орталық Азия-орталығы (ОАК), Қазақстан-Қытай (АС), Орталық Азия-Қытай (ОАК), Тобол-Көкшетау-Астана, Сарыарқа МГ.

По запасам природного газа Казахстан в 2017 году занимал 19-е место – 1,9 трлн м³. Большая часть запасов природного газа сосредоточена в западной части Казахстана на трёх крупнейших месторождениях: газоконденсатном Карачаганак, нефтяных Кашагане и Тенгизе. Более половины этого объёма приходится на нефтегазовое месторождение Карачаганак. Казахстан входил в ТОП-30 стран по добыче газа, разместившись на 30-м месте: 22,9 млрд м³. В 2018 году объем международного транзита газа составил 90 млрд м³ Приведены схемы и технические характеристики действующих и строящихся магистральных газопроводов, проходящих по территории Казахстана: Бухара-Урал, Средняя Азия-Центр (САЦ), Казахстан-Китай (КАК), Центральная Азия-Китай (ЦАК), Тобол-Кокшетау-Астана, МГ «Сарыарқа».

ГРНТИ 73.29.17; 73.29.61

Д. Ж. Сарсембаев¹, Г. Ж. Хамитова²,
К. К. Абишев³, А. Ж. Касенов⁴

¹к.т.н., доцент, Горно-технологический институт, Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган, 100600, Республика Казахстан;
²к.т.н., доцент, Горно-технологический институт, Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган, 100600, Республика Казахстан;
³к.т.н., профессор, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;
⁴к.т.н., профессор, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ³a.kairatolla@mail.ru

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И ОХРАНА ТРУДА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье даны сведения по текущему состоянию охраны труда и безопасности движения на железнодорожном транспорте, а также описаны мероприятия по снижению количества нарушений безопасности движения.

Ключевые слова: безопасность движения, охрана труда, железнодорожный транспорт.

ВВЕДЕНИЕ

Основным направлением государственной политики в области охраны труда является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников. Безопасность работника в условиях любого современного производства обеспечивается правовой, социально-экономической, организационно-технической, санитарно-гигиенической, лечебно-профилактической защитой. Каждый работающий на железнодорожном транспорте должен быть информирован о существовании нормативно-правовых документов, соответствующих периодически возникающим на производстве ситуациям, иметь достаточно полное представление об их содержании [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда в организации возлагаются на работодателя и регламентированы специальными отраслевыми документами.

АО «Национальная компания «Қазақстан темір жолы» (далее Компания) создано 15 марта 2002 года, а его единственным акционером является АО «Фонд национального благосостояния «Самрук-Қазына». Сегодня АО «НК «ҚТЖ» – это многоуровневый вертикально-интегрированный транспортно-логистический холдинг, объединяющий логистические и перевозочные компании, владельцев терминальной и магистральной инфраструктуры всех видов транспорта. Структура Компании основана на обеспечении функциональной целостности и управляемости железнодорожной отрасли в перевозочном процессе [2].

Компания уделяет большое внимание вопросам безопасности и охраны труда. В соответствии с требованиями [3–5] разработано «Руководство по системе управления производственной безопасностью в АО «НК «ҚТЖ» и его дочерних организациях». Соблюдение принципов стандарта OHSAS 18001:2007 позволило Компании получить сертификат соответствия от международного сертифицирующего органа – компании SGS.

В соответствии с политикой Компании в области охраны труда, защиты окружающей среды и промышленной безопасности, а также в рамках выполнения коллективного договора в 2017 году проводилась работа по улучшению условий труда, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

На выполнение мероприятий по улучшению условий и охраны труда по всем источникам финансирования израсходовано (с учетом дочерних организаций) 5,5 млрд. тенге, в том числе [2]:

– 2,2 млрд. тенге – с учетом затрат на спецодежду, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты;

– 3,5 млрд. тенге – на мероприятия по улучшению условий и охраны труда по всем источникам финансирования, в том числе медицинские осмотры.

Компанией реализовано 3131 мероприятие по обеспечению безопасности труда, а затраты на проведение данных мероприятий в среднем на одного работника составили 17,8 тыс. тенге (в 2016 году – 16,8 тыс. тенге). Однако на сегодня во вредных и тяжелых условиях трудятся 52 658 работников или 41 % от общего персонала Компании. Доля рабочих мест с неблагоприятными условиями труда представлена следующими производственными факторами: тяжесть труда – 43 %; шум – 40,3 %; напряженность труда – 9,7 %; электромагнитное излучение – 4,2 %; химический фактор – 1,2 %; микроклимат – 0,7 %; вибрация общая – 0,6 %; запыленность – 0,3 %.

Согласно п.3 статьи 30 «Закона о железнодорожном транспорте» [6] безопасность в сфере железнодорожного транспорта обеспечивается комплексом организационных и технических мероприятий, направленных на защиту жизни и здоровья человека, охрану окружающей среды, создание условий безаварийной работы участников перевозочного процесса, содержание в исправности магистральной железнодорожной сети, подвижного состава железнодорожных путей, сооружений, оборудования, механизмов и приспособлений, а также устранение последствий нарушений безопасности движения на железнодорожном транспорте.

Ответственность за организацию и своевременность обучения по охране труда и проверку знаний требований охраны труда работников организации несет непосредственно работодатель. Работодатель обязан проводить инструктаж по охране труда, организовывать обучение безопасным методам и приемам выполнения работ.

В Компании организовано обучение руководящих работников и лиц, ответственных за обеспечение безопасности и охраны труда в организациях, осуществляющих повышение квалификации кадров, в порядке, установленном уполномоченным органом и локальными актами Компании. Несмотря на проводимую Компанией профилактическую работу показатели производственного травматизма в 2017 году составило 33 случая (2016 год – 29 случаев), коэффициент потерянных дней составил – 17,88 % (2016 год – 19,35 %) [2].

Согласно п.4 «Правил безопасности на железнодорожном транспорте» [7] участники перевозочного процесса, вспомогательные службы железнодорожного транспорта, осуществляющие деятельность в сфере железнодорожного транспорта, независимо от формы собственности в пределах своей компетенции обеспечивают безопасность перевозочного процесса и соблюдение требований нормативных правовых актов Республики Казахстан и технических регламентов. Участники перевозочного процесса обеспечивают безопасность движения путем осуществления комплекса организационных и технических мер.

За 2017 год по группе Компании допущено 238 случаев нарушений безопасности движения, в том числе 1 крушение, 37 событий и 200 инцидентов, или 43 % от общего числа нарушений допущенных всеми участниками перевозочного процесса [2]. В разрезе хозяйств Компании ситуация сложилась следующим образом:

❖ АО «ҚТЖ – Грузовые перевозки» – 108 случаев (25 событий и 83 инцидентов), из них:

✓ по хозяйству движения: 17 событий (16 сходов, 1 столкновение), 47 инцидентов;

✓ по локомотивному хозяйству: 6 событий (4 схода, 1 столкновения), 24 инцидента;

✓ по вагонному хозяйству: 1 событие (сход), 6 инцидентов;

✓ по хозяйству грузовой и коммерческой работы: 1 инцидент (сход), 6 инцидентов.

❖ Филиал АО «НК «ҚТЖ» – «Дирекция магистральной сети» – 122 случая (1 крушение, 7 событий и 114 инцидентов), из них:

✓ по хозяйству пути: 1 крушение, 6 событий (сходы), 100 инцидентов;

✓ по хозяйству сигнализации и связи: 1 событие (сход), 3 инцидента;

✓ по хозяйству энергоснабжения: 11 инцидентов.

❖ Дочерние организации Компании 6 событий, 2 инцидента:

✓ АО «Пассажи́рские перевозки» – 2 события (сходы), 2 инцидента;

✓ АО «Казтемі́ртранс» – 1 событие (сход), 1 инцидент;

✓ АО «ВЖДО» – 2 события.

С целью проведения объективной оценки и подтверждения результативности деятельности по обеспечению безопасности движения поездов по Компании разработаны Методические указания по балльной оценке состояния безопасности движения поездов в структурных подразделениях Компании и ее дочерних организациях. Согласно указанной Методике оценка состояния безопасности движения по Компании и ее дочерних организациях определяется с учетом степени тяжести, допущенных нарушений безопасности движения. Таким образом, состояние безопасности движения по Компании оценено следующим образом: АО «КТЖ–Грузовые перевозки» составило 127,5 баллов, филиал АО «НК «ҚТЖ» – «Дирекция магистральной сети» – 86 баллов, АО «Пассажи́рские перевозки» – 7 баллов, АО «ВЖДО» – 6 баллов и АО «Казтемі́ртранс» – 4 балла (рисунок 1).

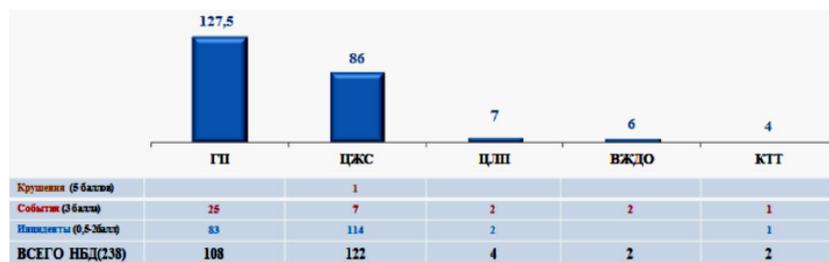


Рисунок 1 – Показатели безопасности движения (230,5 баллов)

Вместе с тем за последние 5 лет по Компании наблюдается стойкая тенденция снижения количества нарушений безопасности движения на 41 % (рисунок 2).

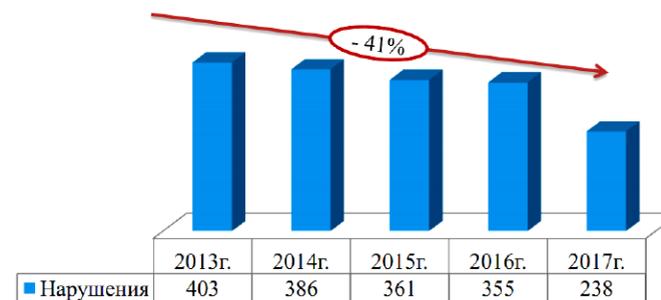


Рисунок 2 – Количество нарушений безопасности движения в период 2013–2017г.г.

ВЫВОДЫ

Снижение нарушений безопасности движения достигнуто за счет реализации комплекса мер [2]:

– капитальный ремонт и модернизация верхнего строения путей – 5300 км, проложено 1707 километров новых ж/д линий;

– обновление и капитальный ремонт парка локомотивов – 1090 ед. (проведен капитальный ремонт – 512 ед.);

– обновление и капитальный ремонт грузового вагонного парка – 41226 ед. (приобретено – 29301 вагон, проведен капитальный ремонт 11925 ед.);

– обновление и капитальный ремонт пассажирских вагонов – 1560 ед. (приобретено 614 вагонов Тальго, других типов – 341 ед., проведен капитальный ремонт 605 ед.);

– внедрены новые средства диагностики, с помощью которых было выявлено более 90 тысяч неисправных деталей вагона, что позволило предотвратить потенциальные сходы подвижного состава.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ключкова, Е. А. Охрана труда на железнодорожном транспорте. – М. : Маршрут, 2004. – 412 с.

2 АО «Национальная компания «Қазақстан темір жолы». Отчет в области устойчивого развития за 2017 год. – <https://www.railways.kz/upload/docs>.

3 Международный стандарт OHSAS 18001:2007 «Системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности труда. Требования».

4 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда. Общие требования ILO OSH 2001».

5 СТ РК ОHSAS 18001-2008 «Системы менеджмента профессиональной безопасности и здоровья. Требования».

6 Закон РК «О железнодорожном транспорте» от 8 декабря 2001 года, № 266 (с изменениями и дополнениями от 19.04.19 г.).

7 Правила безопасности на железнодорожном транспорте. Утверждены приказом и.о. Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 26 марта 2015 года, № 334 (с изменениями от 30.10.18 г.).

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Д. Ж. Сарсембаев¹, Г. Ж. Хамитова², К. К. Абишев³, А. Ж. Касенов⁴

Темір жол көлігіндегі қозғалыс қауіпсіздігі және еңбекті қорғау

^{1,2}Тау-кен технологиялық институты,

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

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

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

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

D. Zh. Sarsembaev¹, G. Zh. Khamitova², K. K. Abishev³, A. Zh. Kasenov⁴

Traffic safety and labor protection on railway transport

^{1,2}Institute of Mining and Technology,

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

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

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

Material received on 26.03.20.

Мақалада темір жол көлігіндегі еңбекті қорғау және қозғалыс қауіпсіздігінің ағымдағы жағдайы туралы мәліметтер берілген, сондай-ақ қозғалыс қауіпсіздігін бұзу санын азайту жөніндегі іс-шаралар сипатталған.

The article provides information on the current state of labor protection and traffic safety in railway transport, as well as describes measures to reduce the number of traffic safety violations.

ГРНТИ 004.93'11

**Д. Ж. Сатыбалдина¹, А. К. Тлекбай²,
Н. С. Глазырина³, К. К. Нугербеков⁴**

¹к.ф.-м.н., PhD, профессор, кафедра «Вычислительная техника», Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²магистрант, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

³PhD, доцент, кафедра «Вычислительная техника», Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁴докторант, Факультет информационных технологий, Евразийский Национальный Университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан

e-mail: ¹satybaldina_dzh@enu.kz; ²ali.tlekbai@gmail.com;

³glazirinan@yandex.ru; ⁴kanat_nuger77@mail.ru

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ИНТЕРЬЕРА ПОМЕЩЕНИЯ

В настоящее время существует множество программ, дающих рекомендации для составления интерьера: составитель стиля комнаты на основе готовых шаблонов, поиск вещей в Атазон, которые уже находятся в комнате и программа подбора картин для комнаты. Однако не существует программы, которая имела бы возможность рекомендовать мебель для комнаты используя фотографии. В статье предложена рекомендательная система для составления набора мебели по имеющемуся изображению помещения, на основе нейронной сети. Сначала изображение комнаты преобразуется в числовой массив, затем используется один из слоев нейронной сети в качестве вектора описания изображения, снижается размерность полученного вектора с помощью метода Principal Component Analysis (PCA) и используется косинусное расстояние для получения массива соседних объектов. Тестирование рекомендательной системы показало, что система правильно определяет приблизительный стиль интерьера и подбирает мебель.

Ключевые слова: нейронная сеть, машинное обучение, рекомендательная система, дизайн интерьера, компьютерное зрение.

ВВЕДЕНИЕ

На рынке существует большое количество программ для работы с интерьером, это:

– проект – Houzz, идея которого – собрать в единую базу знаний все что касается интерьеров. Сайт предлагает обзоры определенных дизайнерских решений в интерьерах [1];

– проект – Design Home. Данное приложение – это симулятор для формирования знаний по дизайну интерьеров. Особенностью приложения является присутствие огромной базы элементов декора: от напольных до настенных. В ходе симуляции дается пустая комната, которую нужно заполнить элементами интерьера [2];

– проект – Home Design 3D. Программное обеспечение, позволяющее составить план дома в виде трехмерной модели. Имеет базу бытовой и уличной мебели для составления планов. Дает возможность расширять дом: увеличить количество комнат, увеличить количество этажей. Позволяет просматривать модель дома в режиме дополненной реальности. Приложение содержит базы уличной мебели, элементы дополненной реальности, а также трехмерную модель дома [3];

– проект – Havenly. Мобильное приложение, который дает возможность соединить пользователей с профессиональными дизайнерами интерьера. Программа имеет возможность визуализации будущей комнаты, путем вставки моделей мебели в пустую трехмерную комнату. Программе передаются данные по комнате: длина и ширина. В приложении осуществляется связь с дизайнерами, есть возможность визуализации комнаты и подбора мебели [4].

Функционал вышеперечисленных систем похож, но направлен на решение различных проблем пользователей: одни ищут объекты, другие выдают готовые наборы, а третьи предлагают составить модель собственноручно. Также системы предоставляют большой массив информации: наборы разной мебели, статьи на комнаты разных стилей, огромная база специалистов с разными рейтингами и т.д., в котором пользователю ориентироваться очень трудно и проще нанять профессионального дизайнера. Поэтому, необходимо разработать систему, которая сможет подобрать наиболее подходящие объекты интерьера по фотографии комнаты. Системе требуется проанализировать комнату: определить стиль объектов в комнате и цветовую гамму. Далее основываясь на этих данных выдать рекомендации по подбору подходящей мебели. Таким образом, пользователь не пропустит в огромном массиве данных нужную ему вещь.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время существует много видов рекомендаций: рекомендации основанные на портретах пользователей, на объектах, которые имеют схожие параметры, рекомендации, которые дополняют предмет продажи и т.д. В разработанной рекомендательной системе используются рекомендации, которые основываются на признаках объекта. То есть, система рекомендует схожие по стилю предметы. В ходе решения поставленной задачи, были составлены два алгоритма: с использованием методов компьютерного зрения и с использованием нейронных сетей.

Алгоритм с использованием методов компьютерного зрения состоит из следующих этапов:

- 1 Открыть изображения пользователя;
- 2 Представить изображение в числовой массив;
- 3 Использовать метод Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) из пакета OpenCV, для получения вектора описания изображения;
- 4 Снизить размерность полученного вектора через Principal Component Analysis (PCA);
- 5 Использовать евклидово/косинусное расстояние для получения массива соседних объектов.

Алгоритм с использованием нейронных сетей:

- 1 Загрузить изображение пользователя;
- 2 Преобразовать изображение в числовой массив;
- 3 Использовать один из слоев нейронной сети в качестве вектора описания изображения;
- 4 Снизить размерность полученного вектора через PCA;
- 5 Использовать косинусное расстояние для получения массива соседних объектов.

Рассмотрим алгоритм работы системы с использованием методов компьютерного зрения. Полученное изображенное комнаты представим в виде трехмерного массива чисел. В котором количество строк – это длина изображения, количество столбцов – ширина. Массив – трехмерный, потому что пиксель изображения состоит из трех значений RGB (Red, Green, Blue) в диапазоне от 0 до 255. Далее к полученному массиву применили метод ORB для получения признаков изображения.

Признаки изображения – это информация об изображении, на основе которой мы можем описать то, что видим на изображении. Основная роль признаков в компьютерном зрении заключается в преобразовании визуальной информации в векторное пространство. Это дает нам возможность выполнять математические операции над ними, например, находить похожий вектор (который приводит нас к похожему изображению или объекту на

изображении). Для получения признаков из изображения был использован алгоритм ORB.

ORB позволяет получить массив «особых точек», который может быть использован для описания изображения. Данный массив можно использовать для представления объектов в векторном пространстве. Таким образом, выделять только те объекты, которые находятся в определенном радиусе «похожести». Объект может находиться под разными углами на двух изображениях и иметь общие дескрипторы. По конкретным дескрипторам возможно с высокой точностью найти похожие объекты используя формулы для нахождения расстояний между векторами: вычисление нормы разности векторов, Евклидово расстояние, Манхэттенское расстояние, Косинусное расстояние и прочее.

Так как вектор особых точек содержит большое количество признаков, которое задается, то для повышения скорости сравнения векторов был применен метод снижения размерности PCA.

Далее для сравнения расстояний между векторами изображений сниженной размерности было использовано косинусное расстояние.

К сожалению, такой подход не всегда дает хорошие результаты. Алгоритм может неправильно сопоставлять особые точки на картинках.

На рисунке 1 представлен пример несовпадений особых точек по алгоритму ORB.



Рисунок 1 – Поиск общих по ORB на примере мебели под разным углом

Алгоритм работы системы с использованием нейронных сетей.

Второй алгоритм основывается на модели сверточной нейронной сети Visual Geometry Group (VGG16). Архитектура сверточной сети VGG16 представлена на рисунке 2.

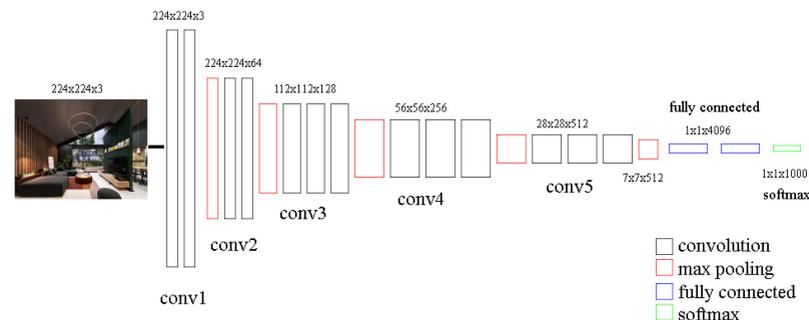


Рисунок 2 – Архитектура VGG16

Первый слой – «conv1». Он получает на вход RGB картинку в виде трехмерного массива размером 224x224x3. Затем, картинка обрабатывается сквозь группы скрытых сверточных слоев. В каждом слое используются маски с итеративным полем размера 3x3 (для образования линий направленности). «Сверточный фильтр» – следующий слой после «conv1». Используется для линейной трансформаций изображения. Следующий слой – «пространственное дополнение» (padding). Используется для сохранения размерности изображения после процесса свертки. Пространственный пулинг – происходит за счет 5 «max pooling» слоев. Имеет итеративный подход, то есть обрабатывает изображение окном размера 2x2 и шаг в 2 пикселя. После слоев для свертки следуют 3 взаимосвязанных слоя: первые 2 размерностью 1x4096, третий – 1x1000. Третий слой – это слой для классификаций на 1000 категорий. Таким образом, каждому классу – свой канал. Скрытые слои используют в качестве функций активаций – ReLU (англ. «Rectified Linear Unit», рус. «Выпрямительная Линейная Единица»). Не ресурсоемкая функция, не требует больших вычислительных мощностей, так как использует в вычислениях пороговое преобразование матриц. К тому же, ReLU в 5 раз быстрее сходится к минимуму используя стохастический градиентный спуск в отличие от сигмоиды или гипертангенса [30].

Алгоритм на основе использования нейронных сетей отличается от предыдущего алгоритма способом извлечения признаков изображений.

Нейронная сеть модели VGG16 – подходит для данной задачи, так как:

- не имеют сложную структуру слоев;
- python библиотека «keras» позволяет оперировать слоями – можно получить результаты каждого из слоев;
- точнее, чем легковесные модели;
- процесс получения признаков быстрее чем у аналогов: ResNet50, VGG19.

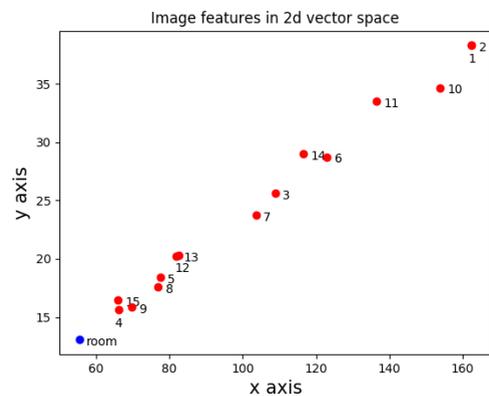
Признаки изображения можно получить из вывода одного из слоев нейронной сети. Для получения этих признаков была использована предобученная нейронная сеть на изображениях ImageNet. Данную модель можно использовать из библиотеки Keras. Количество признаков изображения в 4096 приведет к требованию больших вычислительных мощностей для формирования набора рекомендаций. Поэтому, следует применить метод снижения размерности PCA. Далее, сравнить полученный вектор признаков следует сравнить с векторами признаков изображений из базы данных. По косинусному расстоянию рекомендовать объекты с минимальными расстояниями.

Например, на рисунке 3 изображена комната пользователя.



Рисунок 3 – Изображение комнаты пользователя

На рисунке 4 представлены признаки изображений мебели в векторном пространстве.



Синяя точка – вектора признаков комнаты пользователя, красные – вектора признаков мебели из базы.

Рисунок 4 – Признаки изображений мебели в векторном пространстве

В таблице 1 приведено косинусное расстояние между векторами признаков комнаты пользователя и мебели из базы данных.

Таблица 1 – Косинусное расстояние

№	Косинусное расстояние
1	1.68235e-08
2	1.68235e-08
3	4.59362e-08
4	1.23400e-07
5	1.50749e-06
6	1.66100e-06
7	1.93886e-05
8	2.21084e-05
9	3.03531e-05
10	4.40882e-05
11	4.43644e-05
12	5.36274e-05
13	6.22457e-05
14	8.01883e-05
15	8.52306e-05

На рисунке 5 представлена мебель определенной группы, отсортированная и пронумерованная в соответствии с косинусным расстоянием.



Рисунок 5 – Отсортированная и пронумерованная мебель в соответствии с косинусным расстоянием

Для рекомендации система выдаст объект с наименьшим косинусным расстоянием. В данном случае, объект под номером 1. На рисунках 6, 7, 8 представлены три рекомендованных набора мебели для комнаты пользователя. На рисунке 7 видно, что полочка под номером один рисунка 6 рекомендована системой для комнаты пользователя.



Рисунок 6 – Набор мебели № 1



Рисунок 7 – Набор мебели № 2



Рисунок 8 – Набор мебели № 3

ВЫВОДЫ

Тестирование рекомендательной системы показало, что система правильно определяет приблизительный стиль интерьера и подбирает мебель. Рекомендации иногда были неподходящими. Система была способна, к примеру, посоветовать купить спальную кровать в зал. Это происходит за счет неопределенности типа комнаты. Решением этой проблемы является – классификация типа комнаты на зал, спальню, кухню и т.д. Также на рекомендательную выдачу влияли объекты из базы данных. К примеру, микроволновая печь внешне похожая на телевизор могла быть рекомендована в зал. Такие данные являются шумом, так как микроволновая печь также может быть рекомендована для кухни. Определение типа комнаты — следующая задача для улучшения разработанной системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 <https://www.houzz.ru/aboutUs> [Электронный ресурс].
- 2 <https://www.glu.com/games/design-home/> [Электронный ресурс].
- 3 <https://en.homedesign3d.net/> [Электронный ресурс].
- 4 <https://havenly.com/> [Электронный ресурс].

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Д. Ж. Сатыбалдина¹, А. К. Тлекбай², Н. С. Глазырина³, К. К. Нугербеков⁴
Бөлме интерьерін құруға арналған ұсыныс жүйесі

^{1,2,3,4}Ақпараттық технологиялар факультеті,
 Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті,
 Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.
 Материал 26.03.20 баспаға түсті.

D. Zh. Satybalдина¹, A. K. Tlekbai², N. S. Glazyrina³, K. K. Nugerbekov⁴
The recommender system for interior space design

^{1,2,3,4}Faculty of Information Technologies,
 L. N. Gumilyov Eurasian National University,
 Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.
 Material received on 26.03.20.

Қазіргі уақытта интерьер дизайн бойынша кеңестер беретін көптеген бағдарламалар бар: дайын шаблондарға негізделген бөлме стилін құрастыру, бөлмеде орналасқан заттарды амазон-да іздеу және бөлме үшін суретті таңдау бағдарламасы. Дегенмен,

фотосуреттерді пайдаланып бөлме үшін жиһаз ұсына алатын бағдарлама жоқ. Мақалада нейрондық желіге негізделген, бөлменің қолда бар суреттерін қолданып жиһаз жиынтығын құрастыруға арналған ұсыныс жүйесі ұсынылған. Алдымен бөлме кескіні сандық массивке айналады, содан кейін нейрондық желінің қабаттарының бірі кескінді сипаттау векторы ретінде қолданылады, алынған вектордың өлшемі *principal component analysis (PCA)* әдісін қолдана отырып азаяды және көрші объектілердің массивін алу үшін косинус қашықтығы қолданылады. Ұсыныс жүйесін тексеру нәтижесінде, жүйе интерьердің шамамен стилін дұрыс анықтайтынын және жиһазды таңдайтынын көрсетті.

Currently, many programs give recommendations for interior design: a room style compiler based on ready-made templates, searching for things in Amazon that are already in the room, and a picture selection program for the room. However, there is no program that would be able to recommend furniture for a room using photographs. The article proposes a recommendation system for compiling a set of furniture according to the image of the room, based on a neural network. First, the room image is converted into a numerical array, then one of the layers of the neural network is used as the image description vector, the dimension of the resulting vector is reduced using the principal component analysis (PCA) method and the cosine distance is used to obtain an array of neighboring objects. The testing of the recommendation system showed that the system correctly determines the approximate style of the interior and selects furniture.

А. С. Смагулова¹, Б. К. Султанова², У. М. Дюсембаев³

¹т.ғ.к., доцент, Инновациялық технологиялар факультеті, ИВС кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы;

²т.ғ.к., доцент, Инновациялық технологиялар факультеті, ИВС кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы;

³магистрант, Инновациялық технологиялар факультеті, ИВС кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы

e-mail: ³kz007ua@mail.ru

ЖОО КАФЕДРАСЫНЫҢ ҚҰЖАТ АЙНАЛЫМЫН ҰЙЫМДАСТЫРУ ҮШІН АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕНІ ЗЕРТТЕУ

Қазіргі уақытта білім беру технологияларының белсенді өзгеруі жүріп жатыр, өз кезегінде бұл үрдістер жаңа білім алу қажеттілігімен, білімге қол жеткізу қағидаттарының өзгеруімен, сондай-ақ ғылымның белгілі бір саласының ерекшеліктерін ескере отырып алынған деректерді біріздендіру сұранысымен, ақпараттық технологиялардың дамуымен түсіндіріледі. Білім беру стандарттары мен бағдарламаларын іске асырудағы маңызды мәселелердің бірі ЖОО кафедрасының құжат айналымын ұйымдастыру үшін автоматтандырылған жүйені енгізу болып табылады. Мақалада жалпы құжат айналымын автоматтандырудың пәндік саласы зерттелді, ЖОО кафедрасында әзірленетін автоматтандыру жүйесінің өзектілігі анықталды, жүйеге қойылатын функционалдық талаптар белгіленді.

Кілтті сөздер: құжат айналымы, құжат айналымы, автоматтандыру, кафедра, жүйе, бағдарлама, ақпараттық технологиялар.

КІРІСПЕ

Ақпараттық ресурстарды басқарудың кез келген мекеменің қызметі үшін ерекше маңызы бар. Қазіргі әлемде мекемелер ақпараттың үлкен көлемін өңдеу қажеттілігімен бетпе-бет келеді. Құрылымдық күрделі мекемелердің

көпшілігінде бөлімшелердің өзара іс-қимылын ұйымдастыру деңгейі мен ақпарат алмасу тәртібі маңызды. Ақпараттың көп бөлігі қағаз тасығыштағы құжаттар түрінде (қызметтік құжаттамамен және есептілікпен алмасу) беріледі.

Мекеменің құжат айналымы-бұл мекемедегі құжаттардың құрылған немесе түскен сәтінен бастап және орындалуы немесе жөнелтілуі аяқталғанға дейін қозғалысын қамтамасыз ететін өзара байланысты рәсімдердің жиынтығы.

Құжат айналымын ұтымды ұйымдастыру мақсатында барлық құжаттар құжат ағындарына бөлінеді: тіркелетін және тіркелмеген құжаттар, кіріс, шығыс және ішкі құжаттар, жоғары тұрған бөлімшелерге келіп түсетін немесе жіберілетін құжаттар, ведомстволық бағынысты мекемелерден жіберілетін немесе келіп түсетін құжаттар және т.б. құжат ағыны деп құжат айналымы процесінде белгілі бір нысаналы мақсаттарды орындайтын құжаттардың жиынтығы түсініледі. Ұйымға келіп түсетін құжаттар кіріс құжаттар ағынын құрайды, олар қажетті өңдеу сатыларынан өтіп, танысу және орындау үшін нақты қызметкерлерге сайып келгенде түсетін нақты тапсырмалар түрінде Кіші ағындарға бөлінеді.

Бөлімшелерде қызметкерлер қалыптастыратын құжаттардан, сондай-ақ нәтижесінде шығыс құжаттамасының бірыңғай ағынына қосылатын құжат ағындары құрылады. Ал ұйымда құрылған және одан тыс жерлерге шығуға арналмаған құжаттар ішкі құжаттаманың легін құрайды.

Құжат айналымының маңызды сипаттамасы оның көлемі болып табылады. Құжат айналымының көлемі деп ұйымға келіп түскен және ол белгілі бір уақыт кезеңі (әдетте, жыл) ішінде құрған құжаттардың саны түсініледі. Құжат айналымының көлемі – іс жүргізудің ұйымдық нысанын таңдау, мекеменің құжаттары бойынша ақпараттық – іздестіру жүйесін ұйымдастыру, іс жүргізу қызметінің құрылымын, оның штаттық құрамын белгілеу және т.б. кезінде критерий ретінде пайдаланылатын маңызды көрсеткіш.

Құжат айналымын ұйымдастырумен қатар құжаттарды сақтау және оларды мекеме қызметінде пайдалану кіреді. Құжаттарды сақтау жүйесі – бұл мекеменің ағымдағы қызметінде іздеу және пайдалану мақсатында құжаттарды есепке алу және жүйелеу құралдарының, тәсілдері мен тәсілдерінің жиынтығы.

Құжаттарды сақтау жүйесі үшін «Істер номенклатурасы» және «іс» ұғымдары неғұрлым маңызды болып табылады. Іс номенклатурасы деп мекеменің іс жүргізуінде қалыптастырылатын, сақтау мерзімдері көрсетілген белгілі бір ретпен орналасқан, істер тақырыптарының жүйеленген тізбесі түсініледі; іс деп хронологиялық немесе өзге ретпен қалыптастырылған

және жеке мұқабасаға тігілген жеке мәселе немесе қызмет учаскесі бойынша құжаттар жиынтығы түсініледі.

Басқару құжаттары мекеме құжаттамасының ядросын құрайды. Олар барлық мемлекет шеңберінде де, жеке ұйымда да объектілердің басқарылуын қамтамасыз етеді. Бұл құжаттар жүйелер кешенімен ұсынылған, олардың негізгілері келесі құжаттама жүйелері болып табылады.

1 Ұйымдастыру-құқықтық құжаттама. Мекеменің ұйымдастыру қызметі ұйымның мәртебесін, құрылымын, штаттық саны мен лауазымдық құрамын, жалпы ұйым қызметінің, оның бөлімшелері мен қызметкерлерінің функционалдық мазмұнын, олардың құқықтарын, міндеттерін, жауапкершілігін және басқа да аспектілерін белгілейтін ережелерді, нормаларды, ережелерді қамтитын ұйымдастыру-құқықтық құжаттар кешенін әзірлеу мен бекітуден көрінеді. Ұйымдастыру-құқықтық құжаттарға мыналар жатады: ұйымның жарғысы, ұйым туралы ереже; құрылымдық бөлімшелер туралы ережелер; қызметкерлеріне арналған лауазымдық нұсқаулықтар, ережелері, жаднамалар және т.б. Әрекет ету мерзімі тұрғысынан ұйымдық-құқықтық құжаттар мерзімсіз болып табылады және олардың күші жойылғанға дейін немесе жаңалары бекітілгенге дейін қолданылады.

2 Өкімдік құжаттама. Өкімдік құжаттардың негізгі мақсаты – басқару органына оның алдына қойылған міндеттерді іске асыруды қамтамасыз етуге, өз қызметі мен оның жүйесіне кіретін ұйымдардың қызметінен барынша жоғары нәтиже алуға мүмкіндік беретін қызметті реттеу. Өкімдік құжаттар басқару жүйесі бойынша жоғарыдан төмен қарай жүретін шешімдерді қамтиды: басқарушы органнан басқарушыға, яғни жоғары тұрған органнан ведомствоға, ұйым басшысынан құрылымдық бөлімшелер мен қызметкерлерге.

3 Ақпараттық-анықтамалық және анықтамалық-аналитикалық құжаттама. Басқару жүйесіндегі істердің нақты жағдайы туралы ақпарат әртүрлі көздерде болады, бірақ олардың арасында анықтамалық-ақпараттық және анықтамалық-талдау құжаттары маңызды орын алады: актілер, анықтамалар, баяндамалық жазбалар, хат алмасулар және басқа да құжаттар белгілі бір шешімдерді қабылдауға итермелейтін мәліметтерді хабарлайды, басқаша айтқанда, – басқарушылық шешімдерге бастама жасайды, іс-әрекеттің қандай да бір тәсілін таңдауға мүмкіндік береді.

4 Есептік құжаттама. Есеп беру құжаттамасын мекеменің белгілі бір уақыт кезеңі – жыл, жарты жыл, тоқсан, ай, он күндік қызметінің нәтижелері туралы мәліметтерді қамтитын құжаттар жасайды. Есептік құжаттар ұйым қызметінің әртүрлі бағыттары бойынша жасалуы мүмкін: бөлімшелердің және жалпы ұйымның функционалдық қызметінің нәтижелері туралы, ғылыми-зерттеу немесе ғылыми-енгізу қызметінің нәтижелері туралы,

жарнамалық қызметтің (жарнамалық науқандардың) нәтижелері туралы, жекелеген, бір жолғы іс-шаралардың орындалуы туралы [1].

Соңғы бірнеше жылда прогрестің қарқынды дамуы ақпараттың үлкен көлемін жасау, сақтау және өңдеу міндеттерін тұрақты шешуді талап етеді.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Бүкіл әлемнің, сондай-ақ біздің еліміздің мекемелерінде құрылатын құжаттама көлемі тұрақты және одан да жылдам өсуге беталысы бар. Ғылыми-техникалық прогреске байланысты басқарушылық құжаттама көлемінің ұлғаюы өнім өндіру көлемінің және еңбек өнімділігінің өсуінің тепе-тең өзгеруі болып табылады. Бұл құжат жасаудың негізгі заңдылықтары.

Сақтау түрі бойынша барлық құжаттарды қағаз және электронды деп бөлуге болады. Құжаттарды электронды түрде жасау, өңдеу, сақтау ыңғайлы және жылдамырақ.

Әрбір кәсіпорын электрондық құжат айналымы жүйесін енгізу туралы шешім қабылдап, қандай жүйені қолданатынын таңдауға мәжбүр. Қазіргі уақытта бағдарламалық қамтамасыз ету нарығында электрондық құжат айналымы жүйесінің айтарлықтай көп саны ұсынылған. Бірақ олардың барлығы жоғары құны бар, функциялардың артық жиынтығы бар, немесе керісінше, функциялары жеткіліксіз.

ЖОО кафедрасының жұмысын ұйымдастыру ерекше ерекшелікке ие және электронды құжат айналымы жүйесінің көпшілігі есептелген бизнес – кәсіпорындардың жұмысын ұйымдастыруға ұқсамайды. Құжат айналымы жүйесін ұйымдастыру құжат айналымын ұйымдастыру бұл мекемеде құжаттардың қозғалысы болатын ережелер. Құжат айналымын ұйымдастыру құжаттармен жасалатын операцияларды, сондай-ақ олардың басқару аппаратында барлық орын ауыстыруларын қамтитын құжаттардың ұтымды қозғалысын көздейді, яғни оларды алу, қарау, орындауға беру, орындауды, күәлікті, ресімдеуді және жөнелтуді ұйымдастыру [2].

Құжат айналымы жүйесі әдетте ұйымның алдында тұрған белгілі бір міндеттерді шешу үшін енгізіледі, олардың ішінде мыналар жиі кездеседі:

– барлық деңгейдегі барлық ұйым қызметінің ашықтығын, орындалуын автоматты бақылау есебінен неғұрлым тиімді басқаруды қамтамасыз ету;

– халықаралық нормаларға сәйкес келетін сапаны бақылау жүйесін қолдау;

– тиімді жинақтауды, басқару мен ақпарат пен білімге қол жеткізуді қолдау.

– әрбір қызметкердің қызметін барынша формализациялау және оның қызметінің барлық тарихын сақтау мүмкіндігі есебінен Кадрлық икемділікті қамтамасыз ету;

– жалпы кәсіпорын қызметін хаттамалау (ішкі қызметтік тергеу, бөлімшелердің қызметін талдау, қызметте «ыстық нүктелерді» анықтау);

– бизнес-процестерді оңтайландыру және оларды орындау және бақылау тетігін автоматтандыру;

– кәсіпорында қағаз құжаттарының айналымын алып тастау немесе барынша азайту;

– ұйымда құжаттар ағынын басқаруға шығындарды қысқарту есебінен ресурстарды үнемдеу;

– жедел электрондық мұрағаттың болуы есебінен қағаз құжаттарын сақтаудың қажеттілігін жою немесе айтарлықтай оңайлату және арзандату.

ЖОО кафедрасында электрондық құжат айналымын енгізу құжаттармен жұмыс істеуді айтарлықтай жеңілдетуге мүмкіндік береді, атап айтқанда: электрондық құжаттармен жұмыс істеуді айтарлықтай жеңілдетеді;

– іздеу және құжаттарды жасауға уақытты қысқарту қызметі есебінен кафедра қызметкерлерінің еңбек өнімділігі артады;

– кафедра қызметкерлерінің атқаратын қызметіне байланысты ақпаратқа қол жеткізу құқығын орнатуға мүмкіндік береді.;

– кафедрада орналасқан компьютерлерден ғана емес, интернетке шығатын кез келген құрылғыдан ақпаратқа қол жеткізуге мүмкіндік береді;

– жыл сайын құрылған мәліметтер негізінде кафедра есебі қалыптасады;

– оқытушыларға үлгерімнің электрондық журналын жүргізуге мүмкіндік береді, онда студенттердің бағалауынан, енгізілген деректердің қатысуы мен жинақталуы туралы белгілерден басқа, баға қойылатын әр түрлі жұмыс түрлерін өз бетінше қоюға мүмкіндік бар. Толтырылған соң, электронды журналды деканатқа жіберуге болады;

– әр түрлі курстар, интенсивтер, мектептер, сабақ кестелері бойынша бірыңғай деректер базасын жүргізуге мүмкіндік береді.

Электрондық құжат айналымының шетелдік және отандық бағдарламаларының жеткілікті саны бар. Барлық шетелдік бағдарламалар өте қымбат, артық функционалдық мүмкіндіктері бар, қызмет көрсету қиын және оларды ЖОО кафедрасын жұмысқа орнату мүмкін емес.

Электрондық құжат айналымы жүйесінде электрондық құжатты құруға дайындықтан бастап оны мұрағатқа тапсырғанға дейін барлық өмірлік кезеңдер өтеді. Бұл ретте құжатты ұжымдық дайындауға, оны келісуге, түзетуге, түпкілікті нұсқаны бекітуге және оны жариялауға баса назар аударылады. ЭҚЖ енгізу процесін кезеңдер мен кіші кезеңдерге бөлуге әртүрлі тәсілдер бар. Көбінесе электронды құжат айналымына өту кезінде бірнеше кезеңдерге бөлуді көздейтін тәсіл қолданылады: жобалау алдындағы, жобалық, жобадан кейінгі.

Жоба алдындағы кезең ЭҚЖ енгізудегі ең маңызды кезеңдердің бірі болып табылады, өйткені ол міндетті қоюды қамтиды. Осы кезеңнің

басты компоненті қайта құру қажеттілігін түсіну болып табылады. Осы кезеңде компания басшылығы электрондық құжат айналымы жүйесін енгізудің маңыздылығы мен уақтылылығын, сондай-ақ онымен байланысты тәуекелдерді бағалайды. Бұл кезеңде ұйымның бұрынғы (қағаздағы) құжаттық қызметі қарастырылады [3].

Алдын ала тексерудің мақсаты – жобаның құрамын, көлемін, мерзімін, құнын зерделеу. Алдын ала тексеруді жоғары білікті мамандар жүргізеді. Осы зерттеу процесінде сарапшылардың жұмыс тобы ЭҚЖ енгізу үшін кәсіпорын аспектілерінің қажетті тізбесін белгілейді:

- Іс жүргізуді қою сипаттамасы;
- Компанияның құжат айналымын қарастыру;
- Кәсіпорынды басқарудың ұйымдық құрылымы.

ЭҚЖ енгізу мақсаты : іс жүргізуді ұтымды ету есебінен ұйым қызметінің тиімділігін арттыру.

Жобаны іске асыру міндеттері:

- құжаттармен басқару сапасын арттыру;
- басқарманы құжаттамалық қамтамасыз етуге еңбек және уақыт шығындарын төмендету;
- аумақтық қашықтықты қоса алғанда, университеттің барлық құрылымдық бөлімшелерін бірыңғай іс жүргізу цикліне біріктіру;
- электрондық (қағазсыз) құжат айналымына біртіндеп көшу.

ҚОРЫТЫНДЫ

Сараптамалық зерттеу қорытындысы бойынша ұсыныстар әзірленді, Мәдениет жоғары оқу орны басқармасының қолданыстағы Құжаттамалық қамтамасыз ету жүйесін оңтайландыру бойынша бірқатар іс-шаралар өткізу ұсынылды.

Анықталған кемшіліктерді жою жөніндегі іс-шараларды енгізу басталған сәтке дейін жүзеге асыру қажет болды. Атап айтқанда, жоспарланған:

- ЭҚЖ-де жұмыс істеу үшін құжаттардың үлгілерін бекіту;
- қағаз тасығышта келіп түсетін және толық сканерлеу қажеттілігін болдырмайтын құжаттардың тізбесін анықтау;
- ЭҚЖ-да орындалуын бақылауға жататын құжаттардың тізбесін анықтау, ЭҚЖ-да есепті деректерді ұсыну үшін жауапкершілік аймағын анықтау;
- құжаттардың қозғалыс мерзімдерін сақтау және бақылау үшін жауапкершілік аймағын анықтау;
- электрондық түрде ғана сақтау мүмкіндігі үшін құжаттар тізімін анықтау [4].

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Глекова, Н. Л., Жильников, А. Ю.** Анализ процесса реализации политики импортозамещения // В сборнике: Инновационные подходы к решению социально-экономических, правовых и педагогических проблем в условиях развития современного общества материалы I международной научно-практической конференции. 2015. – С. 139–142.

2 **Егорихина, М. С., Козлов, С. Н.** Теоретические аспекты программного бюджетирования как процесса повышения эффективности функционирования государственных и муниципальных финансов // Вестник НГИЭИ. 2015. № 7 (50). – С. 15–20.

3 **Науменко, Т. В.** Маркетинг и маркетинговые коммуникации в системе современной экономики // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2016. № 3 (15). – С. 171–176.

4 **Гришенцев, А. Ю., Коробейников, А. Г.** Постановка задачи оптимизации распределённых вычислительных систем // Программные системы и вычислительные методы. 2013. № 4. – С. 370–375.

5 **Жильников, А. Ю.** Региональная инновационная система // В сборнике: Теоретические и прикладные вопросы науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 16 частях. 2015. – С. 62–65.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

А. С. Смагулова¹, Б. К. Султанова², У. М. Дюсембаев³

Исследование автоматизированной системы для организации документооборота кафедры ВУЗА

^{1,2,3}Факультет инновационных технологий,
 Карагандинский государственный технический университет,
 г. Караганда, 100000, Республика Казахстан.
 Материал поступил в редакцию 26.03.20.

A. S. Smagulova¹, B. K. Sultanova², U. M. Dyusembayev³

A study of an automated system for organizing the documents of the university department

^{1,2,3}Innovation Technology Faculty,
 Karaganda State Technical University,
 Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan.
 Material received on 26.03.20.

В настоящее время происходит активное изменение образовательных технологий, в свою очередь, эти тенденции объясняются необходимостью получения новых знаний, изменением принципов доступа к образованию, а также запросом унификации данных, полученных с учетом особенностей определенной сферы науки, развитием информационных технологий. Одним из важных вопросов при реализации образовательных стандартов и программ является внедрение автоматизированной системы для организации документооборота кафедры вуза. В статье была исследована предметная область автоматизации документооборота в общем, определена актуальность разрабатываемой системы автоматизации на кафедре ВУЗа, обозначены функциональные требования к системе.

Currently there is an active change in educational technologies, in turn, these trends are explained by the need to acquire new knowledge, guidelines change, access to education, and request the unification of the data obtained with the features of the certain sphere of science, information technology. One of the important issues in the implementation of educational standards and programs is the introduction of an automated system for the organization of document management of the department of the university. In the article the subject area of document flow automation in general was investigated, the relevance of the developed automation system at the department of the university was determined, the functional requirements for the system were designated.

ГРНТИ 39.31.04

А. Д. Тастенов¹, Ә. Б. Сағындық²

¹к.т.н., ассоц. профессор (доцент ВАК РК), Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²PhD, ст. преподаватель, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹tastenov@mail.ru; ²aiko_90@mail.ru

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

Энергоэффективность электролизного производства в определенной степени зависит от энергоэффективности системы электроснабжения. В этой системе значимую роль играют системы шинопроводов, которые как конструкционно, так и схематехнично не меняются долгие годы. В статье рассматриваются вопросы энергоэффективности системы шинопроводов электролизного производства на основе исследования зависимости количества примесей на электропроводность алюминиевых шин. Основой является определение наличия примесей в алюминиевой шине, их количества и влияние их на электропроводность шинопроводов.

Ключевые слова: шинопроводы, алюминий, примеси, электропроводность, энергоэффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Безусловно, металлургическое производство объективно нужно отнести к энергоемкому производству. Значительные по силе ток (кА) при небольшом напряжении (В) постоянного тока в электролизном производстве требуют значительных электрических мощностей. При этом, очень значимым становится величина сопротивления шинопроводов системы электроснабжения электролизеров, а именно, удельное сопротивление алюминиевых. В таком случае на передний план выходит проблема энергоэффективности системы электроснабжения электролизного производства.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ данных электропотребления электроэнергии одного из металлургических предприятий Казахстана, показывает, что электролизные

цеха этого предприятия являются основным или в крайнем случае, одними из основных потребителей электроэнергии. На долю таких цехов приходится до 50–60 % годового потребления электроэнергии предприятием.

Очевидно и то, что наибольшая доля потерь электроэнергии может наблюдаться в электрической сети на переделе производства электролиза, а точнее в распределительной сети, называемой «тяжелой ошиновкой» (рисунок 1).

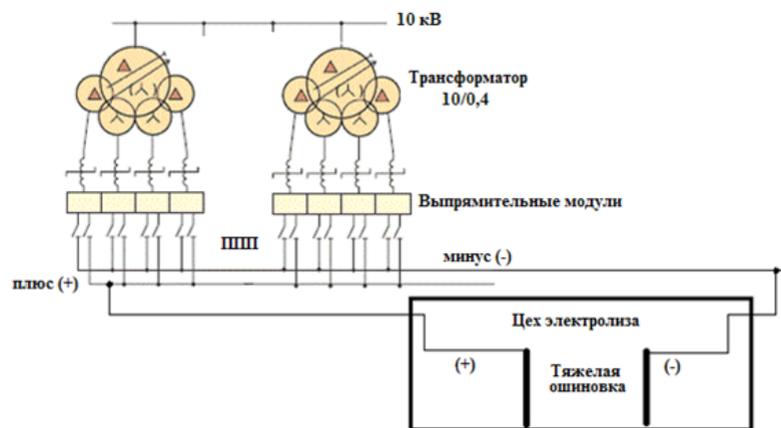


Рисунок 1 – Типовая схема питания электролизеров

При этом нельзя исключать из рассмотрения потери электроэнергии в остальной части шинпровода – в цепи питания электролизеров. Назовем эти шинпроводы, по аналогии, «легкой ошиновкой», т.е. шинпроводы от полупроводниковой понизительной подстанции (ППП) до «входа» в цех электролиза (рисунок 1).

По причинам конфиденциальности, авторы не имеют права привести в статье наименование металлургического предприятия, на котором проводились исследования. По этой же причине нельзя сослаться на отчет по исследованиям на этом предприятии.

Активное сопротивление шинпровода $R_{шпн}$ (Ом) определяется по известной всем формуле:

$$R_{шпн} = \frac{\rho \cdot l \cdot n}{s} \cdot [1 + 0,004 \cdot (\theta - 20)],$$

Слагаемые формулы (1) известны всем специалистам, но обратим внимание на отдельные из них, а, именно: ρ – удельное сопротивление

шинпровода ($\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$) и θ – температура ($^{\circ}\text{C}$) шинпровода, которая определялась в момент определения его сопротивления. Сделано это преднамеренно, так как целью исследований являлся анализ влияния этих параметров на сопротивление алюминиевого шинпровода.

Алюминий важнейший представитель «легких металлов»: плотность литого алюминия около $2,6 \text{ мг}/\text{м}^3$, а прокатанного – $2,7 \text{ мг}/\text{м}^3$, т.е. алюминий примерно в 3,5 раза легче меди, что является очень важным фактором при выборе проводникового материала.

Однако, алюминий обладает пониженными по сравнению с медью электрическими свойствами. При одинаковом сечении и длине электрическое сопротивление алюминиевого провода в 1,63 раза больше, чем медного. Но весьма важным преимуществом алюминия, при выборе проводникового материала, является то, что алюминий менее дефицитен, чем медь.

Важнейшее свойство алюминия – высокая электропроводность, по которой он уступает только серебру, меди и золоту. Сочетание высокой электропроводности с малой плотностью позволяет алюминию конкурировать с медью в сфере кабельно-проводниковой продукции.

Очень важным фактором в величине электропроводности алюминия является наличие в ней примесей. Простой (линейной) зависимости изменения свойств сплава алюминия (электропроводности) от содержания в нем примесей нет.

Например, если удельная электропроводность меди условно равна – 60, а алюминия – 37, то сплав из 92 % Си и 8 % А1 будет иметь электропроводность не 58, как среднеарифметическое, а лишь 5, т.е. меньше почти в 12 раз.

Железо (Fe) и кремний (Si) являются основными примесями, сопутствующими алюминию.

В таблице 1 приведены данные об изменении удельного электрического сопротивления алюминия в зависимости от содержания в нем железа и кремния [1].

Таблица 1 – Удельное сопротивление алюминия в зависимости от содержания железа (Fe) и кремния (Si)

Алюминий, % по массе	Содержание, %		Удельное электрическое сопротивление, $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$
	Fe	Si	
Сверхчистый	0,0005	0,0023	0,02620
Алюминий-99,5	0,34	0,10	0,02767
Алюминий-99,0	0,56	0,32	0,02780
Алюминий-98,5	0,96	0,41	0,02835

Приведенные ниже в статье данные, являются обобщенными и общеизвестными данными результатов многочисленных и многолетних исследований многих научных организаций СССР. Результаты исследований не оспоримы, вследствие чего не будем приводить ссылки на труды этих авторов и организаций.

Установлено, что наименьшее сопротивление алюминий имеет место при отношении количества примесей железа и кремния, равном 2. По другим данным, это отношение должно лежать в пределах $2,3 \div 4,0$ в зависимости от влияния различных факторов.

Помимо основных примесей: железа и кремния, в алюминии наблюдаются «второстепенные» примеси титана (Ti), хрома (Cr), магния (Mg), ванадия (V), марганца (Mn), серебра (Ag), меди (Cu), никеля (Ni), цинка (Zn) и галлия (Ga).

Для электротехнических целей используют марки алюминия, содержащий не более 0,5 % примесей. Примеси никеля (Ni), кремния (Si), цинка (Zn) или железа (Fe), при содержании их в 0,5 % примеси, снижают удельную проводимость отожженного алюминия не более, чем на 2–3 %. Более заметное действие оказывают примеси меди (Cu), серебра (Ag) и магния (Mg) – при том же массовом содержании примеси удельная проводимость алюминия снижается на $5 \div 10$ %.

На электропроводность алюминия кроме железа (Fe) и кремния (Si) сильно влияет хром (Cr), марганец (Mn), титан (Ti). Поэтому в алюминии, предназначенном для изготовления проводников тока, регламентируется содержание ещё нескольких примесей.

В алюминии марки А5Е при допустимом содержании железа 0,35 %, а кремния 0,12 %, сумма примесей хрома (Cr) + ванадия (V) + титана (Ti) + магния (Mg) не должна превышать всего лишь 0,01 %. Если содержание «основных» примесей железа (Fe) и кремния (Si) может в сумме составлять 0,47 %, то остальные, «неосновные» – 0,015 %.

В алюминии марки А7 при допустимом содержании примесей железа (Fe) – 0,12 % и кремния (Si) – 0,16 %, сумма примесей хрома (Cr) + ванадия (V) + титана (Ti) + магния (Mg) не должна превышать всего лишь 0,01 %. Иначе говоря, если содержание «основных» примесей железа (Fe) и кремния (Si) может в сумме составлять 0,28 %, то остальные, «неосновные» – 0,01 %.

Если допустимую норму «основных» и «неосновных» примесей принять за 100 %, то доля «неосновных» примесей составит лишь 3,448 %. Это лишний раз подчеркивает говорит о существенном влиянии незначительных примесей (Cr+V+Ti+Mn) на удельное сопротивление алюминия.

За длительный срок эксплуатации алюминиевых шин в условиях электролизного производства с большой долей вероятности можно говорить

о диффузии паров продуктов электролиза (хрома, магния, ванадия и титана) в структуру алюминиевых шин.

То, что электропроводность алюминия уменьшается с увеличением количества примесей – это установленный факт.

На рисунке 2 показана зависимость удельной электрической проводимости (мкСм/м) алюминия от количества примеси.

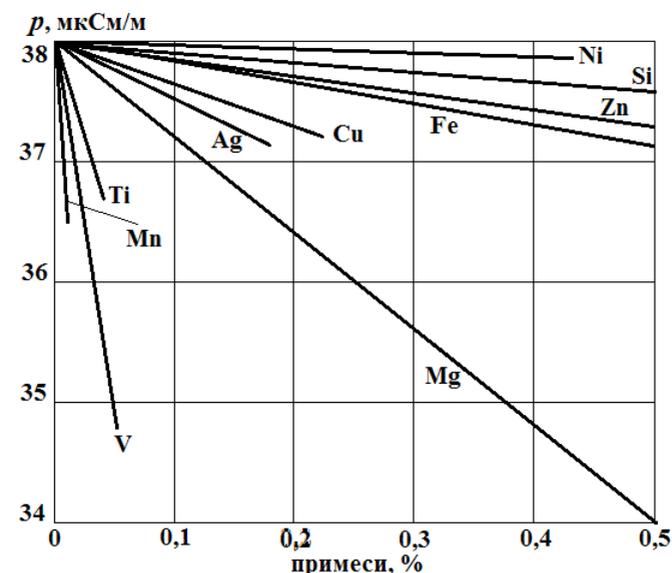


Рисунок 2 – Изменение проводимости алюминия в зависимости от содержания примесей [2]

Как видно из рисунка 2, наиболее резко удельная проводимость алюминия снижается при увеличении примеси, марганца (Mn) и ванадия (V), титана (Ti) и магния (Mg). При этом для резкого снижения удельной проводимости алюминия достаточно незначительное изменений примесей: магния (Mg) – до 0,02 %, титана (Ti) – до 0,04 %, ванадия (V) – до 0,05 %.

Более точная зависимость проводимости алюминия от содержания примесей показана на рисунке 3.

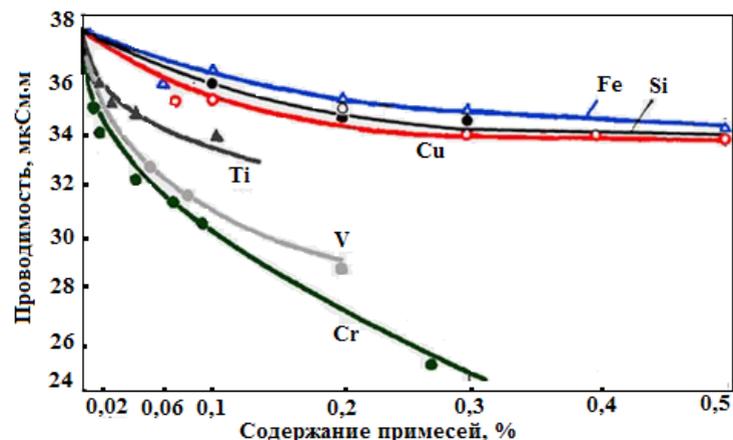


Рисунок 3 – Влияние примесей на электропроводность алюминия [3]

Ученые металлурги (М. Гохштейн и др.) в своих работах, проводимых по исследованию влияния второстепенных примесей на электропроводность алюминия, показали, что даже тысячные доли хрома (Cr), титана (Ti) и ванадия (V) снижают электропроводность алюминия значительно больше, чем железо и кремний, находящиеся в десятых долях процента.

Республика Казахстан обладает металлургическим производством хрома, титана, магния, алюминия. Производители алюминиевых шинопроводов дают гарантированный срок эксплуатации их не более 20 лет, отдельные «смелые» производители увеличивают этот срок до 25 лет. При этом гарантия, ни в коем образом, не касается вопроса наличия, а особенно количества, примесей в сплаве алюминия. Это понятно, так как в гарантированных условиях ни каким образом невозможно учесть условия возникновения примесей в сплаве алюминия, тем более ее количества.

Не секрет, что на металлургических предприятиях алюминиевые шины эксплуатируются значительно больше 20-летнего срока. На предприятиях, введенных в строй 50–60 годы прошлого столетия, установленные алюминиевые шинопроводы не менялись до сих пор.

Оценочные и выборочные исследования алюминиевых шинопроводов показали, что количество примесей значительно превышают их нормативные значения и, как следствие, увеличивают сопротивление их, приводя к значительным потерям электроэнергии в шинопроводах. В конечном случае система питания электролизеров является неэнергоэффективной.

Это делает актуальным исследования алюминиевых шин на состав и количество примесей в них и разработки мероприятий по повышению

энергоэффективности системы питания электролизеров металлургических предприятий.

Авторы не намерены перегружать статью информацией в содержательной части, поэтому основные результаты исследования алюминиевых шинопроводов по нескольким параметрам, проведенных на одном из металлургических предприятий Казахстана будет представлены в следующей статье.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 <http://www.tehnoarticles.ru/lumuniv/4.html> [Электронный ресурс].
- 2 <https://www.websor.ru/luminii.html> [Электронный ресурс].
- 3 https://www.metmk.com.ua/112spr_alum.php [Электронный ресурс].

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

А. Д. Тастенов¹, Ә. Б. Сағындық²

Электролизер жүйесін электрмен жабдықтаудағы энергия тиімділігі

^{1,2}Энергетика факультеті,

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

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

A. D. Tastenov¹, A. B. Sagyndyk²

Energy efficiency of electrolyzers power supply system

^{1,2}Faculty of Energy Engineering,

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

Material received on 26.03.20.

Электролиз өндірісінің энергия тиімділігі белгілі бір дәрежеде оның электрмен жабдықтау жүйесінің энергия тиімділігіне байланысты. Бұл жүйеде құрылымдық және схемалық тұрғыдан көптеген жылдар бойы өзгермейтін шиналар жүйесі маңызды рөл атқарады. Мақалада қоспалар мөлшерінің алюминий шиналарының электр өткізгіштікке тәуелділігін зерттеу негізінде электролиз өндірісінің шиналық жүйесінің энергия тиімділігі туралы айтылады. Негізі болып алюминий шинасында қоспалардың болуы, олардың саны мен шиналардың электр өткізгіштігіне әсерін анықтау табылады.

The energy efficiency of electrolysis production to a certain extent depends on the energy efficiency of its power supply system. In this system, a significant role is played by busbar systems, which both structurally and schematically do not change for many years. The article discusses the energy efficiency of the busbar system of electrolysis production based on the study of the dependence of the amount of impurities on the electrical conductivity of aluminum tires. The basis is the determination of the presence of impurities in an aluminum tire, their quantity and their influence on the electrical conductivity of busbars.

SRSTI 621.356.4

**G. G. Tatkeyeva¹, V. A. Kalytka², B. E. Ospanov³,
A. V. Bashirov⁴, V. L. Isaev⁵**

¹Doctor of Engineering, Head of «Electric Power Supply» Department, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

²c.ph.m.s. PhD Doctor, Associate Professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, 100012, Republic of Kazakhstan;

³PhD Student of Karaganda state technical University, Karaganda, 100012, Republic of Kazakhstan;

⁴c.t.s., Chief of Laboratory «Innovative and Scientific-Educational Technologies», Karaganda Economical University of Kazpotrebooyuz, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan;

⁵c.t.s., Associate Professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, 100012, Republic of Kazakhstan

e-mail: ¹tatkeeva@mail.ru; ²kalytka@mail.com;

³bektasss@mail.ru; ⁴barinbashbad@mail.ru

MODERNIZATION OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF STEAM TURBINE THERMAL POWER STATION WITH THE TRANSITION TO MORE POWERFUL ENERGY BLOCKS

The modernization of the technological scheme of TPS (using the example of the Karaganda Cogeneration Plant – 3) was proposed by replacing the first two (item No. 1, 2) of four T-110-120-130 LMP heat-recovery steam turbines installed at Karaganda Cogeneration Plant – 3. Two turbines of higher power – T-250-300-240 TMP, with the purpose of overlapping the deficit of thermal power, caused by increasing actual connected loads of heating systems. Based on the results of a detailed thermal calculation, in view of the theoretical temperature schedule of heating systems – 145/70. This modernization allows to cover the existing heat shortage by almost 10 times. The proposed scheme and methodology of thermal calculation of the modernized thermal scheme of the station can be applied to other TPPs. With a similar structure of the technological scheme and parameters of heat loads of the heat network. One of the main factors affecting the intensity of erosion of the inlet working blades of the low pressure stages is the high level of humidity of the steam entering the LPP. The transition of the turbine

to work with sliding pressure of fresh steam allows it to be reduced in practically all possible modes.

Keywords: steam turbine; technological scheme; high (HPC), medium (MPC); and low (LPC) pressure cylinders; efficiency of the turbine; temperature chart; shortage of thermal capacity.

INTRODUCTION

In conditions of increasing loads of consumers of thermal and electric power, against the backdrop of a deficit of traditional energy sources (natural hydrocarbons), one of the conditions for the normal functioning of the productive forces of a number of CIS countries (Kazakhstan, Belarus, certain regions of Russia) is the build-up of power capacities and the increase in the generation of electrical energy based on traditional power equipment such as [1]. Objects of this type include steam and gas turbines, industrial steam generators and gas boilers, including elements of additional regenerative, heating and condensation equipment of traditional thermal power stations [1, 2].

1. Basic methods of modernization of steam-turbine equipment. Formulation of the problem.

The strategy of strengthening the technical and economic indicators (TEI) of TPS operation, in the conditions of the Republic of Kazakhstan, focuses primarily on the modernization of the technological schemes of heat-recovery steam turbines (HRST) of medium capacity (100–150 MW), primarily for covering thermal loads from heating systems combined heat and power (HPC), partially State Regional Energy Power Stations (SREPS)) [1].

The main direction of improving the efficiency of HRST is to reduce heat losses in capacitors and increase the share of electricity generated by thermal consumption [2]. This direction can be developed in principle along two main trajectories [2]: 1) the useful use of waste steam heat (for example, for heating in a network or process water condenser); 2) minimization of heat flows to the condenser, cooled by circulating water. The solution of these problems, in most cases, is associated with the organization of technical measures to increase the reliability and economy of the medium pressure cylinder (MPC) and low pressure (LPC) turbo engine [2].

The current level of development of computer and digital technologies makes it possible to develop effective methods of automated control of modes and parameters of operation of elements of main and auxiliary equipment of TPS and heating systems [1].

In this paper, it is suggested that the question of modernizing the technological scheme of the turbine workshop is explored, for example, at the Karaganda

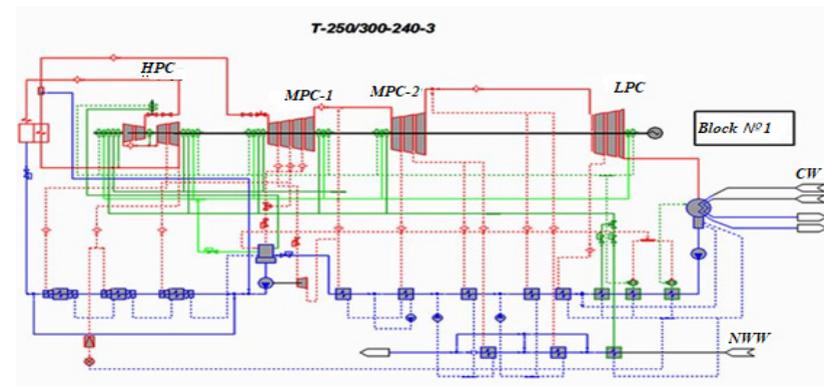
Cogeneration Plant-3, by replacing two T-110-120-130 LMP turbines (station No. 1.2) with two more powerful T- 250-300-240TMP. Both models of power engines are referred to turbo-generators (TG) of the heating type, with a developed steam release scheme for heating the network water in boilers, according to the 2-level scheme, with adjustable (heating) steam samplings from the medium pressure cylinder [3].

Modernization of the scheme of the heating plant TG T-110-120-130 LMP(from the 21st (upper selection) and 23rd (lower selection) stages (MPC) to the network heaters PSG-1, PSG-2, respectively) was studied in more detail in [4].

2. Analysis of the technological scheme and design of the steam turbine T-250-300-240 TMP

The turbine T-250-300-240 TMP is the supercritical pressure unit (the initial parameters of the steam are 23.54 MPa, 550 ° C), the nominal capacity is 250 MW (maximum power is 300 MW), made in the form of a single-shaft turbo engine of four cylinders – HPC, MPC – 1, MPC – 2, LPC [3]. Turbines of this class are distinguished by the design of the MPC-2 [3]. The installed thermal capacity of the turbine is 384 MW (or 330 Gcal / h), the rated pressure in the condenser is 7 kPa [3]. The theoretical temperature graph is 150/70 [5].

The technological scheme of the turbine T-250 – 300 – 240 TMP is presented in Figure 1.



HPC – high-pressure cylinder ; MPC-1,2– medium-pressure cylinder; LPC – low-pressure cylinder ;NWW – The network water , in the technological scheme of the turbine; CW – The circulation water , in the technological scheme of the turbine; Block (Unit) No. 1 (power unit of the turbine T-250 – 300 – 240 TMP)

Figure 1 – The technological scheme of the turbine T-250 – 300 – 240 TMP

The water supply to the boiler is carried out by a group of feed pumps consisting of a main feed pump with a turbo-drive rated for 100 % of the unit's load, a punt-starting electric pump – 60 % of the load and a group of booster pumps to create the necessary support for PTS and prevent cavitation.

HPC – double-walled counterflow, flowing part consists of 12 steps. After HPC steam at a pressure of 3.6 MPa is sent to the steam boiler for intermediate overheating, after which it enters the DCS-1, through 2 units, each of which has a shut-off and control valves.

MPC-1 – single-flow, single-walled, has 10 stages (stages № 13 – 22). From the MPC – 1 steam, at a pressure of 0.55 MPa, enters the MPC – 2.

MPC– 2 – two-flow, with six steps in each flow (stages No. 23 – 34): the first four stages (No. 23-26) are located before the upper heating stage (stage No. 27, at PSG-1). 2 stages (No. 28.29) are placed between the upper and lower heating selection (stage No. 30, at PSG-2). After MPC-2 (stage No. 34), part of the steam, at a pressure of 0.08 MPa, is sent to the lower heating selection, and part to the CLP.

LPC – double-walled, double-flow, in each flow of 3 stages (stages № 35-37 – the first flow, stages № 38-40 – the second flow), including regulating stage No. 35. The vapor pressure in the withdrawals is maintained by pressure regulators with rotary diaphragms.

The working blades of the last two stages of the LPC (stages No. 39,40) have a working length of 940 mm with an average diameter of 2300 mm, which corresponds to an exhaust area of both exhausts of 14.1 m². From the LPC, the vapor is sent to the condenser [3].

The maximum capacity of 300 MW turbine develops in the condensation mode [3].

The thermal process, in the flowing part of the turbine T-250-300-240, flows according to the recuperated Rankine cycle (T, s – diagram) on the parameters of the «acute» vapor, before the turbine (behind the stop valve): $p = 23.54$ MPa – pressure; $t = 540^{\circ}\text{C}$ – temperature. Parameters of intermediate superheating of steam: «cold intermediate overheating»: $p = 3,819 - 4,04$ MPa, $t = 300^{\circ}\text{C}$; «hot intermediate overheating»: $p = 3.628 - 3.819$ MPa, $t = 540^{\circ}\text{C}$ [3].

The total number of turbine selections is 10: from the HPC – two selections, from the MPC – 1 – three selections, from the MPC – 2 – four selections (two of them – heating, or regulated), of the CLP – one selection. In total, the turbine has two heat-adjusting controlled selection (upper: $p = 0.0587-0.1958$ MPa, lower: $p = 0.0490-0.1469$ MPa) and 8 unregulated (regenerative) steam samplings. The system of regenerative heating of condensate and feedwater from vaporizers of steam ejectors (SE), seal coolers (SC), five SLP, deaerator $p = 0.68$ MPa and three SHP [3].

The turbine T-250 – 300 – 240 TMP is the only heating system in the world, designed to work on supercritical steam parameters, with an intermediate overheating and is made by a single-shaft, four-cylinder (HPC + MPC 1 + MPC 2 + LPC) (Figure 2).

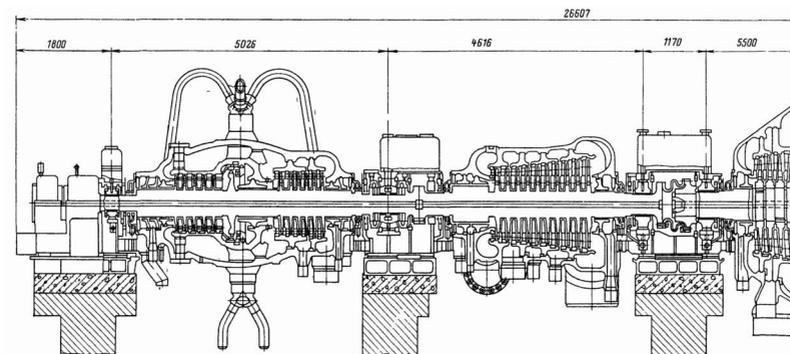


Figure 2 – Longitudinal section of turbine T-250-300-240 TMP

HPC – double-walled counterflow, flowing part consists of 12 stages. After the HPC steam with a pressure of 3.6 MPa is sent to the boiler for intermediate overheating, after which it enters the CMP1 through 2 units, each of which has a shut-off and control valves. MPC 1 – single-flow, single-walled, has 10 stages. From the MPC1 steam at a pressure of 0.55 MPa enters the MPC 2, executed by a two-flow with six steps in each flow, of which four stages are placed up to the upper heating stage, 2 stages between the upper and lower heating tap. After MPC2, part of the steam with a pressure of 0.08 MPa is sent to the lower heating selection, and part to the LPC. LPC – double-walled, two-flow, in each flow of 3 steps, including the regulating stage. The vapor pressure in the selections is maintained by the pressure regulators with the help of rotary diaphragms.

Working blades of the last stage of LPChave a working length of 940 mm with an average diameter of 2300 mm, which corresponds to the exhaust area of both exhausts of 14.1 m². From the LPC, the vapor is sent to the condenser. The maximum capacity of 300 MW turbine develops in the condensation mode.

3. Methods for increasing the efficiency of the heating turbine

One of the ways to increase the efficiency of LPC condensation and heating steam turbines, both in the nominal and in the variable operating mode, is to make the last stage sapphic blades saber-like. This technical solution, proposed in Moscow Energy Institute (MEI) more than 30 years ago [8], is now widely used in turbines of some foreign firms (Siemens, Mitsubishi) and positively affects the

efficiency of their operation. Increasing the efficiency of the last stage is provided, first of all, by increasing the reactivity in the lower half of the stage and reducing the gradient of its variation in height, as well as equalizing the output velocity fields along the radius, which, in addition to reducing the losses with the output speed, significantly improves the operating conditions of the exhaust pipe. In addition, in the channels formed by saber-like blades, the transverse pressure gradient decreases, which contributes to the reduction of end losses. At present, a quasi-spatial calculation technique has been developed that makes it possible to select the optimal design of the nozzle apparatus and the stage as a whole [9]. On the basis of design studies using this technique, OAOLMP employees develop saber-shaped blades for powerful condensation turbines. The analysis showed that the application of this technical solution in a stage with a blade of the last stage with a height of 960 mm increases its economy in nominal mode by 2 ... 3 %, and in modes with reduced volumetric steam consumption in LPC – by more than 5 ... 6 %. Such regimes are known to be realized in district heating turbines almost throughout the entire heating season and, to a large extent, in the summer months. The creation of a nozzle apparatus of the last stage with saber-like blades for these turbines is a promising task.

4. Reduction of the intensity of corrosion and erosion damage to the elements of the flowing part of the steam turbine

The practice of operating heat-recovery turbines that do not have an intermediate vapor overheating revealed an increased erosion of the inlet edges of the LPC blades and the corrosion damage of the blade and MPC discs operating in the phase transition zone. The cardinal solution of the above problems is related to the development and implementation of measures to improve the design of the flow section. It is of interest to study the feasibility of facilitating operating conditions by means of regime measures. One of these measures is the implementation of turbine operation modes with sliding pressure of fresh steam while maintaining and even increasing its temperature. Such organization of the power unit operation under conditions of partial steam loads leads to an increase in the initial enthalpy of steam in all intermediate stages. As a result, the phase transition point is shifted to a region of lower temperatures, which should favorably affect the operating conditions of the scapular apparatus exposed to corrosive action. The available experimental data show a direct dependence of the intensity of the corrosion process on temperature (an increase of 2 to 3 times with an increase in the temperature of the phase transition for every 100). When operating a heating turbine under sliding pressure conditions, the temperature level at the phase transition point is not only reduced, but the operating time of individual stages in this zone also decreases, since it depends on the load of the turbine in different stages [6].

The increased erosion wear of the blades is also associated with the peculiarities of the steam flow through the first stage of the LPC, which has the adjustable diaphragm (AD). As calculations have shown, taking into account the real picture of the flow of steam in the nozzle apparatus of this stage, the actual energy losses in separating diaphragm (SD) are much lower, and the degree of humidity is correspondingly higher than that determined by the traditional technique with the «pure» throttling condition [1, 2]. In accordance with the results of computational studies for real operating conditions of heating turbines that do not have an intermediate superheating of steam, the degree of humidity of the first stage of low pressure in the range of modes at 0,1 ... 0,2 can exceed 6 ... 11 % (depending on the pressure in the lower selection), and in most cases it was higher than in the nominal condensing mode. It should be noted that for modern condensation turbines, the permissible level of the final (in the last degree) degree of humidity is not more than 8 ... 9 %.

In this connection, it seems advisable to organize a deep separation of the moisture of the steam before it enters the LPP, as well as to improve the moisture removal system from the low-pressure stages, based on refined data on the mass amount of moisture, the flow structure and steam parameters in the flow section in variable regimes.

5. Comparative thermal calculation of turbines of models T-110-120-130 LMP, T-250-300-240 TMP. Economic indicators

For the thermal and hydraulic calculations of the steps of the reconstructed steam turbine T-250-300-240, according to the passport data and the parameters of the turbine's basic thermal circuit (PTC), the initial data. Steam consumption per turbine, kg/s, $G_T = 383,57$; steam pressure in front of the turbine, MP, 23,5; steam temperature in front of the turbine, 540 °C; rotation frequency, $n=70s^{-1}$; root diameter, $d_k = 1,4$ m; effective angle of the nozzle array, $\alpha_{1,eff} = 13^\circ$; gap area of diaphragm seal, $F_y = 0,00075$ m²; available heat dissipation of a steam turbine, $H_0^{TT} = 912,6$ кДж/кг; number of stages in the steam turbine, in the compartment (low-pressure cylinder), 6.

Available heat capacity of Karaganda Cogeneration Plant-3, for January 2018 is 1285.2 Gcal / h, from the installed five turbines of total rated capacity – 680 MW, maximum power – 760 MW. At the same time, the actual connected load is 1322.7 Gcal/h, i.e., the deficit for the thermal capacity of the station is 37.5 Gcal / h, or about 2.8 % of the connected heat load.

Based on the results of the comparative thermal calculation of the plant's technological scheme, according to the calculation scheme proposed in [6], the replacement of two T-110-120-130 turbines by two T-250-300-240 turbines, under the conditions of Cogeneration Plant-3, yields:

– increase of the nominal electric power of the station from 680 MW to 960 MW, maximum power – from 760 MW to 1020 MW. The electrical efficiency of the station increases by 1 %.

– increase in the available thermal capacity of the station from 1285.2 Gcal / h to (1285.2-250 + 660 = 1695.2 Gcal / h), which exceeds the connected heat station by (1695.2-1322.7 = 372.5 Gcal / h) and covers the existing heat deficit in $372.5 / 37.5 = 9.9333$ times!

– economic indicators of reconstruction, calculated by the method [6], according to the equipment prices for January-March 2018, are: 1) the total capital costs for the installation of 2 turbines – 1.320.000.000 tg; 2) economic effect 5.060.000 tenge / month; 3) payback period – 2.5 years.

REFERENCES

1 **Balabinovich, V. K.** (2000). Sovershenstvovanieskhem I rezhimovrabotyteplofikatsionnykhparoturbinnikhustanovok [Improvement of schemes and operating modes of thermal steam turbine units]. – Minsk, – P. 183–188.

2 **Yakovlev, B. V.** (2003). Povyshenieeffektivnosty system teplofikatsii I teplosnabzheniia [Increasing the efficiency of heat and heat supply systems]. – Minsk, – P. 276–280.

3 **Trukhny, A. D.** (1990). Stacionarnieparovieturbiny[Stationary steam turbines]. – 2nd ed., Revised and enlarged. – Moscow : «Energoatomizdat», – P. 134–140.

4 **Kalytka, V. A., & Kamarova, S.N.** (2015). Metodipovisheniia pokazatelei ekonomichnosti I nadezhnostiteplofikatsionni hparovih turbin[Methods for improving the efficiency and reliability of steam turbines]. MaterialyIIVserossiiskoy nauchno-prakticheskoi konferentsii: «Energia I Energoberezhenie: Teoria i Praktika». Sektsiia 1. Teploenergetika. – Materials of the II-nd All – Russian Scientific and Practical Conference: «Energy and Energy Saving: Theory and Practice». Section 1. Heat power engineering, Kuzbass State Technical University. – Kemerovo. – 2015. – P. 13–17.

5 Instruktsiia po ekspluatatsii oborudavaniia turbinogotseha KarTETS-3 [Instruction for operation of the equipment of the turbine shop of Karaganda Cogeneration Plant–3]. – 2015, – P. 264–272.

6 **Balabinovich, V. K., Karnitsky, N. B., Neuimin, V. M., Usachev, I. P.** (1996). Raschetniy metod sravneniia konstruktsii protochnoi chaste turbomashin [Calculation method for comparing the designs of the flowing part of turbomachines]. Energetika – Power Industry, No.5-6, – P. 77–82.

Г. Г. Таткеева¹, В. А. Калытка², Б. С. Оспанов³, А. В. Баширов⁴, В. Л. Исаев⁵

Неғұрлым қуатты энергоблоктарға көшу жолымен бу турбинылы ЖЭС-тың технологиялық схемасын жаңғырту

¹С. Сейфуллинатындағы Қазақ Агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{2,3,5}Қарағанды Мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100012, Қазақстан Республикасы;

⁴Қазтұтынуодағы Қарағанды экономикалық университет, Қарағанды қ., 100012, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

Г. Г. Таткеева¹, В. А. Калытка², Б. С. Оспанов³, А. В. Баширов⁴, В. Л. Исаев⁵

Модернизация технологической схемы паротурбинной ТЭС путем перехода к более мощным энергоблокам

¹Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

^{2,3,5}Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100012, Республика Казахстан;

⁴Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, г. Караганда, 100012, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

ЖЭО-ның технологиялық сұлбасын («Қарағанды ЖЭО-3» станциясының мысалында) КарТЭЦ – 3-те орнатылған Т-110-120-130 ЛМЗ моделіндегі жылу – турбинылы ққондырғылардың бірінші екеуін (№ 1,2 ст.), жылу желілерінің үдемелі іс жүзіндегі қосылған жүктемелерімен негізделген жылу қуатының тапшылығын жабу мақсатында неғұрлым жоғары қуатты екі турбинаға – Т-250-300-240 ТМЗ ауыстыру жолымен жаңғырту ұсынылды. Жан-жақты жылу есебінің нәтижесі бойынша, жылу желілерінің теориялық температуралық графигіне есептегенде – 145/70, осы жаңғырту жылу бойынша қазіргі тапшылықты іс жүзінде 10 есе жабуға мүмкіндік береді. Станцияның жаңғыртылған жылу сұлбасының ұсынылған схемасы мен жылу есебінің әдістемесі технологиялық схеманың ұқсас құрылымы мен жылу желісінің жылу жүктемелерінің параметрлері бар басқа да ЖЭС-те қолданылуы мүмкін. Төмен

қысымды сатылардың кіріс жұмыс қалақтарының эрозиясының қарқындылығына әсер ететін негізгі факторлардың бірі ЖЭЖ-ке түсетін бу ылғалдылығының жоғары деңгейі болып табылады. Турбинаның жаңа будың жылжымалы қысымы мен жұмысқа ауысуы оны іс жүзінде барлық ықтимал режимдерде төмендетуге мүмкіндік береді.

Предложена модернизация технологической схемы ТЭС (на примере станции «Карагандинская ТЭЦ-3») путем замены первых двух (ст. № 1,2) из четырех установленных на КарТЭЦ-3 теплофикационных паротурбинных установок модели Т-110-120-130 ЛМЗ на две турбины более высокой мощности – Т-250-300-240 ТМЗ, с целью перекрытия дефицита тепловой мощности, обусловленного нарастающими фактическими присоединенными нагрузками теплосетей. По результатам детального теплового расчета, в расчете на теоретический температурный график теплосетей – 145/70, данная модернизация позволяет перекрыть существующий дефицит по теплу практически в 10 раз. Предложенная схема и методология теплового расчета модернизированной тепловой схемы станции может быть применена и к другим ТЭС с аналогичной структурой технологической схемы и параметрами тепловых нагрузок теплосети. Одним из основных факторов, влияющих на интенсивность эрозии входных рабочих лопастей ступеней низкого давления, является высокий уровень влажности пара, поступающего на ЛЭС. Переход турбины на работу со скользящим давлением свежего пара позволяет снизить ее практически во всех возможных режимах.

ГРНТИ 14.07.07

С. Н. Токсанов¹, С. С. Смаилова²

¹докторант, Школа информационных технологий и интеллектуальных систем Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, 070002, Республика Казахстан;

²доктор PhD, доцент, кафедра ИТ, Школа информационных технологий и интеллектуальных систем, Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, 070002, Республика Казахстан

e-mail: ¹sapar6@mail.ru; ²saulesmail2016@gmail.com

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

В условиях формирующегося единого информационного пространства, в котором уровень развития любой организации определяется ее возможностями по доступу, хранению и качественной обработке информации, информационной поддержке и эффективному использованию информационных технологий во всех видах деятельности университета имеют особое значение. Эффективное управление отраслью возможно только при условии создания единой общенациональной и информационно-образовательной среды учебных заведений, оснащенных электронными средствами обучения и телекоммуникационного доступа к информационным и образовательным ресурсам.

Ключевые слова: Интернет, web-сайт, образовательный портал, высшее учебное заведение, web-технологии, образовательные услуги.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее значимой тенденцией современности является глобализация, проявляющаяся во многих измерениях: политическая глобализация, глобальная экономика, радикальные технологические изменения, глобализация культуры и т.д. Общие глобализационные тенденции объективно проявляются и в образовательной сфере, выражаясь, прежде всего в развитии транснационального образования и глобализации (укрупнения) университетов. От того, насколько адекватно будут внедряться элементы интернационализации, зависит как модель будущей системы образования, так и качество подготовки специалистов. Одним из значимых инструментов глобализации вузовского образования являются информационные технологии

и формируемая информационная образовательная среда вуза, создающая условия для формирования компетентного мобильного специалиста.

Важнейшим направлением развития единого информационного вузовского образовательного пространства является использование информационных и коммуникационных технологий в учебном процессе не только специальных дисциплин, а также:

- создание и внедрение в учебный процесс наряду с традиционными учебными материалами современных электронных средств его поддержки и развития;

- разработка средств информационно-технологической поддержки и развития учебного процесса;

- подготовка педагогических, административных и инженерно-технических кадров университета, способных эффективно использовать в учебном процессе новые информационные технологии.

Мировая практика показывает, что имеются два типа содержательных ориентиров в области информатизации. К первому типу относится расширение доступности образования за счет информационно-коммуникационных технологий. Второй тип ориентирован на изменение качества образования за счет усиления роли самостоятельного обучения, освоение новых ИКТ, использование дополнительных образовательных ресурсов. Достичь указанных содержательных ориентиров позволяет, в частности, создание и использование информационных порталов и сервисов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Портал – это сетевой телекоммуникационный узел с высокоскоростным доступом, развитым пользовательским интерфейсом и обширным диапазоном различного контента, услуг и ссылок; это интеллектуальное средство для выбора контента, объединения возможностей для презентации конечному пользователю с помощью удобной навигации и настройки интерфейса [1].

С совершенствованием информационно-коммуникационных технологий и развитием Интернета, значение этих проектов существенно увеличилась, они стали играть роль гида в Интернете. Первое упоминание «портал» обычно ассоциируется с компанией Merrill Lynch, которая выпустила в ноябре 1998 года отчет, включающий концепцию корпоративного информационного портала (Enterprise Information Security – EP), который понимался как программное обеспечение. Пакет, который позволил компании с помощью веб-браузера предоставить доступ к информации, расположенной во внешних и внутренних сетях [2].

Имеются разнообразные эволюционные пути для порталов. Многие новейшие мегапорталы (Yahoo!, Lycos и America Online) изначально

создавались в качестве поисковых систем, но со временем они начали накапливать огромные ресурсы информации, предоставлять их огромному количеству пользователей в систематизированной форме, а вскоре были добавлены и дополнительные сервисы такие как электронная почта и т.д. В данный момент наблюдается все более тесная конвергенция мегапорталов с компаниями, занимающимися электронными медиа, а именно: медиа-компании приобретают мегапорталы, или мегапорталы приобретаются медийными фирмами. В результате мегапорталы становятся такими же каналами распространения традиционной медиаинформации [3].

Один из вариантов эволюции портала – использование всевозможных сайтов, развернутых любым предприятием (учреждением) для разных приложений [4]. В процессе, по мере роста предприятия, возникают все больше и больше проблем, связанных с излишним администрированием, управлением пользователями и индивидуальным развитием. Настоятельно необходимо оптимизировать проблему перевода количества информационных и образовательных ресурсов на новый этап – информационный портал как центр регулирования доступными ресурсами.

Графически формирование и развитие портала можно представить следующим образом (рисунок 1):



Рисунок 1 – Стадии развития портала

Таким образом, можно наблюдать, что преобразование «сайта» в «портал» связано с изменением концепции использования Интернета, которая заключается в переходе от «скольжения» по различным сетевым адресам с целью поиска необходимых сведений или нужных услуг к «углублению» в информационных и развлекательных «недрах» одного тематического веб-сайта – имеется в виду, что Пользователь, целенаправленно зайдя на портал, должен отыскать в Интернете необходимую ему информацию и интересующие услуги [5].

Главным преимуществом портала является его «наполнение», то есть контент. Эта концепция включает в себя все, что так или иначе относится к информации, размещаемой на портале, – его информационные ресурсы.

Приоритетной задачей портала является, в первую очередь, предоставление конкретному пользователю нужных ему сведений за минимальное время и без дополнительных затрат для просмотра ненужных материалов, переключения между различными интерфейсами и т.д. [6].

Контент, являясь главным из определений построения портала, является основным средством мотивации, «связывая» пользователя с порталом, в связи с этим порталу необходимо владеть определенными функциями, которые отличают его от существующих систем, а именно: быть организованным, структурированным, быстро обновляемым, интерактивным и т.д. Таким образом, правильный выбор и управление контентом характеризует результативную работу портала в целом.

Информационно-образовательный портал университета – это современный способ организации образовательного процесса, позволяющий оптимально приблизить ресурсы к пользователям, обеспечить интеграцию информационной сущности университета в общую информационную и образовательную зону. С технической точки зрения, технология портала рекомендует совершенно новую парадигму представления, координации и обмена информацией между сетевыми пользователями и веб-серверами, которая создает набор минимально требуемых сервисов для обслуживания пользователей, относящихся к разнообразным социальным слоям и профессиональным сообществам.

Система образовательных порталов обуславливается рядом свойств [6], таких как:

- обширный диапазон наполнения и конфигураций представления информации;
- огромное количество образовательной информации;
- быстрота обновления и дополнения информации;
- свободное местное и профильное нормирование информационных ресурсов;
- огромное множество и многообразие классов пользователей.

Особенности образовательного портала [6]:

- подобранный и упорядоченный контент для образовательных задач;
- доступ и отображение информации из множества разнородных источников информации;
- персонализация для конкретного пользователя;
- допустимость создания клиентского места;
- нормирование ресурсов – разграничение отдельных функций портала на степени, доступные разным группам пользователей;
- контроль осуществления работ определённым пользователем или группой людей;
- выявление пользователей и сведений (экспертов, объединений и ресурса, относящегося к определенной теме).

Информационно-образовательный портал университета предназначен для объединения информационно – образовательных ресурсов университета, содержащихся в электронном виде (например, банк данных, файловая система и т.д.), со смешанными данными из университета и за его пределами для обеспечения единого персонализированного интерфейса ко всем информационным данным, определенными имеющимися политиками безопасности информации.

Функциональное назначение информационно-образовательного портала включает в себя:

- экспертный отбор, систематизация, классификация, описание информационных и образовательных ресурсов вуза;
- обеспечение многоуровневого доступа к структурированной информации, обеспечение своевременного обновления ресурсов;
- предоставление возможностей для поиска информационных и образовательных ресурсов, которыми обладает университет;
- изучение потребностей пользователей портала в конкретных информационно-образовательных ресурсах, создание условий для их дальнейшего развития;
- предоставление консультационных услуг по использованию информационно-образовательного портала в области информатизации образования в целом, разработка методологической базы по использованию информационно-коммуникационных технологий в образовании.

Обычно для реализации таких функций используются отдельные веб-приложения. Компонентами таких приложений могут быть веб-сервер, сервер приложений и база данных. Код приложения разрабатывается либо в форме скомпилированного серверного модуля, либо в форме сценария, интерпретируемого сервером приложений [7].

Согласно статистическим данным 2019 года [5] проведен анализ движков 1 млн. наиболее посещаемых сайтов по всему миру, у которых была возможность идентификации CMS (рисунок 2).

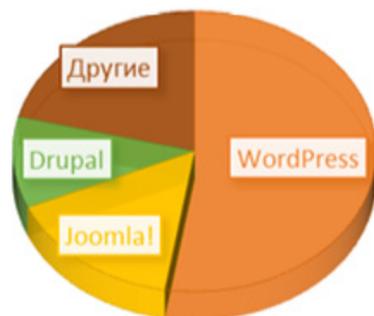


Рисунок 2 – Статистические данные CMS в 2019 г.

Образовательный портал вуза является средством, позволяющим структурировать и систематизировать образовательные ресурсы, обеспечить студентов и преподавателей разноуровневым доступом к учебным материалам и образовательным сервисам.

Согласно представленным данным, самыми популярными CMS являются: WordPress, Joomla! и Drupal. Безусловно, первое место занимает WordPress, что обусловлено простотой интерфейса, бесплатным дополнительным функционалом, позволяющим расширить возможности сайта (темы, плагины), а также постоянное развитие движка. Следует отметить, что наряду с плюсами, WordPress имеет и ряд минусов, к числу которых можно отнести: ограниченное количество настроек, способствующих упрощению работы новичка с написанием сайта; огромное количество информации о CMS, в котором содержатся аматорские видео-уроки, результатами которых может быть полностью испорченный сайт; движок WordPress постоянно пытаются взломать.

Joomla – CMS с открытым исходным кодом, что позволяет создавать сайты для любых предназначений: от блогов до сложных порталов, от сайтов визиток до корпоративного сайта. В интернете существуют довольно много компонентов и модулей для разработки. Дизайн шаблона легко настраиваемый, пользователь может легко и просто управлять блоками (виджетами), что дает возможность делать разные дизайны для отдельных страниц. Удобная и красивая панель управления, удобная работа с текстом. Из недостатков стоит отметить подверженность вирусным атакам, не совсем удобная работа с изображениями и переводами [3].

Менее распространенным является CMS Drupal – система управления сайтом, которая написана на языке PHP, являющаяся свободным программным обеспечением. Drupal для хранения данных использует реляционную базу данных, например MySQL [6].

Архитектура Drupal позволяет использовать его в разработке различного рода сайтов: блогов, форумов, сайтов новостей и др. Имеющийся функционал расширяется дополнительными расширениями, называемыми модулями.

К наиболее важным техническим характеристикам пакета Drupal относятся [7]:

- 1 Категоризация содержимого – использование таксономии, применяемой как в форумных сообщениях, так и в новостях и т.д.
- 2 Огромный выбор свойств при разработке рубрикаторов – иерархии, списки, родственные категории и т.д.
- 3 Вложенность категории любого уровня.
- 4 Поиск, осуществляющийся по содержимому сайта, в том числе и поиск по термам таксономии и пользователям.
- 5 Ролевая модель – присвоение различного уровня доступа пользователям к документам.
- 6 Динамическое меню.
- 7 Поддержка XML – позволяет размещать PDF, RSS документы, использовать BlogAPI для публикации материалов с помощью внешних приложений.
- 8 Авторизация через OpenID.
- 9 Человеко-понятный URL, который содержит читаемые слова, а не идентификаторы БД, которые написаны латинским алфавитом.
- 10 Поддержка различных языков для интерфейса сайта.
- 11 Возможность создания сайта с пересекающимся содержимым.

ВЫВОДЫ

Деятельность любого образовательного учреждения – это, в первую очередь, процесс предоставления образовательных услуг. Понятие «качество образовательных услуг» должно составлять совокупность свойств и характеристик образовательного процесса, который придает ему способность удовлетворять ожидаемые и неожиданные образовательные потребности конкретных потребителей.

Создание образовательного веб-портала ВУЗа может облегчить образовательный процесс и поможет сделать предоставление образовательных услуг более эффективнее. Образовательный веб-портал может обеспечивать всеобъемлющую ресурсную информационную поддержку, качественных

образовательных услуг, что приводит к повышению конкурентоспособности данного ВУЗа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Комаревцев, Е. М.** Образовательные порталы как средство систематизации и структурирования информации: Учебное пособие. – Ставрополь : Изд-во СГУ, 2004. – 75 с.

2 **Кастельс, М.** Информационная эпоха: Экономика, общество и культура / Пер.с англ.; Науч.ред. О.И.Шкаратана; – М. : Институт высш. шк.экономики, 2000. – 606 с.

3 **Дмитриева, В. Ф., Прокофьев, В. Л. и др.** Дистанционное обучение: сущность, проблемы внедрения // Специалист, Москва, 1996, No11/12. – С. 37–40.

4 **Скуратов, А. К.** Национальный образовательный портал. Научный сервис в сети Интернет: Труды Всероссийской научной конференции (24–29 сентября 2001 г., Новороссийск). – М. : Изд-во МГУ, 2001. – С. 79–80.

5 **Давыдов, Д. Г., Комаревцев, Е. М.** Опыт преподавания систем электронной почты на основе Outlook Express // Всероссийская научно-практическая конференция «Российская школа и Интернет 2002».

6 **Keegan, D.** The foundation of distance education, L.: Groom Helm, 1986. – 276 p.

7 **Хуторской, А. В.** Теоретико-методологические основания инновационных процессов в образовании // Айдос. URL: <http://www.eidos.ru/journal/2005/0326.htm>

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

С. Н. Токсанов¹, С. С. Смаилова²

Білім алу үрдісін автоматизациялау мен ақпараттандырудың заманауи құралдары

^{1,2}Д. Серікбаев атындағы

Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті,

Өскемен қ., 070002, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

S. N. Toksanov¹, S. S. Smailova²

Modern means of automation and informatization of the educational process

^{1,2}D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University,
Ust-Kamenogorsk, 070002, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Кез келген ұйымның даму деңгейі оның ақпаратқа қол жеткізу, сақтау және сапалы оңдеу, ақпараттық қолдау және университет қызметінің барлық түрлерінде ақпараттық технологияларды тиімді пайдалану бойынша мүмкіндіктерімен анықталатын қалыптасатын бірыңғай ақпараттық кеңістік жағдайында ерекше маңызы бар. Саланы тиімді басқару электрондық оқыту құралдарымен жабдықталған оқу орындарының бірыңғай жалпыұлттық және ақпараттық-білім беру ортасын құру және ақпараттық, білім беру ресурстарына телекоммуникациялық қол жеткізу шартымен ғана мүмкін болады.

In the context of the emerging unified information space in which the level of development of any organization is determined by its capabilities for access, storage and high-quality processing of information, information support and efficient use of information technologies in all types of university activities are of particular importance. Effective management of the industry is possible only if a unified nationwide and educational information environment is created for educational institutions equipped with electronic training tools and telecommunications access to information and educational resources.

М. А. Чуприна¹, А. Д. Тастенов², О. А. Андреева³

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

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

³ассоц. профессор (доцент), Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹lyubeckaya.marin@mail.ru; ²tastenov@mail.ru

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КАК ТРАНСПОРТНАЯ СРЕДА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье рассмотрены телекоммуникационные системы как транспортная среда автоматизированных систем управления и проблемы информационной безопасности.

Ключевые слова: телекоммуникационные системы, автоматизированные системы управления, информационная безопасность.

ВВЕДЕНИЕ

Телекоммуникационные системы и устройства активно используются в промышленности, экономике, и других сферах деятельности. Безусловно то, что они подвержены угрозам различного характера и назначения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В области информационной безопасности выделяются четыре вида угрозы информационной безопасности, а именно, угрозы:

- правам гражданина в области информационной деятельности;
- информационному обеспечению государственной деятельности страны;
- развитию средств информатизации и телекоммуникации;

– сохранности и эффективному использованию информационных ресурсов;

– безопасности информационных и телекоммуникационных систем.

Последний вид угрозы и является предметом исследования и анализа данной диссертационной работы.

Общеизвестно, что автоматизированные системы имеют широкий спектр различного назначения, используются в различных системах. Не исключение и телекоммуникационные системы с использованием методов распределенной обработки и передачи информации различного типа.

Сложное построение телекоммуникационных сетей, использование множества вариантов сетевых протоколов, а в большей степени использование стеков протоколов, приводит к большим возможностям несанкционированного доступа к обрабатываемой и передаваемой информации.

Например, использование в автоматизированной телекоммуникационной системе разнородных (например, проводных и беспроводных) локальных сетей (LAN – local access network) и техническая интеграция их единую систему дает более широкие возможности несанкционированного доступа.

Информационная безопасность, как неотъемлемая часть функционирования телекоммуникационной системы, это состояние данных, при котором невозможно их случайное или преднамеренное раскрытие, изменение или уничтожение.

В этих условиях обеспечить безопасность информации возможно только при условии использования специальных программных и технических мер, прежде всего на основе контроля доступа к передаваемым в телекоммуникационной системе данным.

Межсетевые экраны (Firewall – брандмауэры, дословный перевод с английского языка «пожарная стена») с использованием методов организации виртуальных сетей – это самые эффективные средства технического и системного обеспечения безопасности распределенной обработки и передачи данных.

Firewall представляет собой технически целое и однокомпонентное устройство. Вторым признаком межсетевого экрана является характеристика его программного обеспечения, которое является программно-аппаратным. Оба признака характеристики межсетевого экрана определяют его комплексность.

Общим признаком характеристики Firewall является его функция, а именно, контроль за данными, поступающими в автоматизированную систему и/или выходящей из автоматизированной системы. Реализуется эта функция на основе принципа фильтрации данных, содержащий:

- анализ по совокупности критериев межсетевых протоколов;
- принятия решения о ее распространении в (из) автоматизированной системы

- разграничение доступа пользователей из одной LAN к объектам другой автоматизированной системы.

В результате:

- первое: запрещается или разрешается передача данных между объектами автоматизированной системы;

- второе: разрешается доступ из других автоматизированных систем или объектам своей автоматизированной системы только к ограниченным (разрешенным) объектам, а, следовательно, и субъектам, эксплуатирующим автоматизированную систему.

Реализуется это последовательностью фильтров, которые разрешают или запрещают передачу данных (пакетов) на следующий фильтр или уровень протокола.

Первые теоретические исследования проблем обеспечения безопасности информации были выполнены 1980 и 1990-е годы [1, 2, 3, 4, 5]. В этих работах:

- разработаны концепция защиты информации: задачи, методология, принципы реализации процессов обеспечения безопасности информации;

- обоснована необходимость создания отдельной подсистемы управления безопасностью информации в виде иерархической системы автоматизированных рабочих мест;

- обоснованы принципы построения систем защиты информации объектов информатизации с использованием программно-аппаратных средств защиты информации;

- рассмотрены принципы построения систем защиты, методы обеспечения сохранности информации в замкнутых автоматизированных, не использующих для передачи информации сети общего пользования.

Исходя из вышеприведенного, можно констатировать, что анализ методов, моделей и алгоритмов, реализующие требования к Firewall для распределенных автоматизированных систем являются актуальными.

Появление разнообразных инфокоммуникационных технологий создало в последние 20–30 лет основу для разработки распределенных автоматизированных систем различной управления и назначения.

Автоматизированные системы, самых разных назначений и сфер применения строятся с применением топологий телекоммуникационных сетей распределенного характера. Вариантов таких топологий немного. Это объясняется тем, что телекоммуникационные системы состоят из распределенных сетей LAN различного назначения, структуры и программно-аппаратной реализации.

Классифицировать топологии телекоммуникационных сетей распределенного характера по множествам ее признаков нецелесообразно, так как, это только усложнит понятийный аппарат. Возникнет ситуации, которую можно охарактеризовать как «классификация ради классификации», без какой-либо практической целесообразности.

Исходя из вышеизложенного, телекоммуникационные сети автоматизированных систем по структуре топологии удобно классифицировать как иерархические, опорные и древовидные (рисунок 1.1). Последние включают в себя и звездообразные топологии [6].

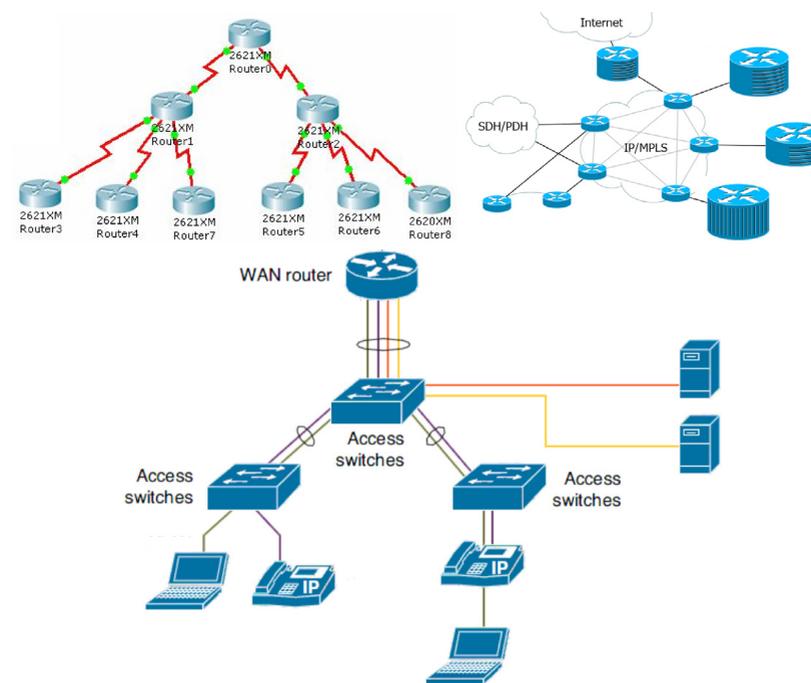


Рисунок 1 – Топологии телекоммуникационных систем

Сопрягающие устройство может соединять две или более отдельных сетей и называется межсетевым устройством или шлюзовой станцией. В настоящее время термины упрощаются используют термин шлюз.

Современные телекоммуникационные технологии разрабатываются на основе стандартов ISO, в числе основных принципов которых обеспечение пользователям сети быстрого доступа к телекоммуникационной системе. Однако это создает трудности в организации информационной безопасности

в телекоммуникационных сетях и системах от несанкционированного доступа.

С 1986 года международными организациями стандартизации были приняты ряд документов [6, 7], требование обязательного обеспечения безопасности информации телекоммуникационных сетей и систем.

Телекоммуникационные системы – это объединенная совокупность распределенных корпоративных сетей, которые в свою очередь организуются сетями LAN филиалов, центральных офисов и т.п. с активным использованием глобальных сетей, прежде всего Internet.

Внешнее информационное взаимодействие между корпоративными сетями и даже сетями LAN реализуется через прямое подключение к Internet. При внутреннем информационном взаимодействии эти сети – это транспортная среда. Все это есть не что иное как виртуальная корпоративная сеть, построенная на базе сети общего пользования.

Как ясно из вышеизложенного, объединяющей структурой корпоративных сетей, включая и сети LAN стал Internet.

Использование Internet при кажущейся ее простоте и дешевизне далеко не оптимальное решение, прежде всего из-за ряда проблем, связанных с надежностью, доступностью и безопасностью.

Обеспечение надежности, доступности и безопасности, как факторов эффективной работы требуют тщательного анализа угроз безопасности информации и разработки оптимальной безопасности.

Наиболее простым решением является установка Firewall (межсетевой экран) на границе LAN и Internet (рисунок 2).

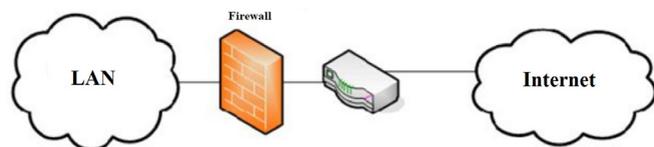


Рисунок 2 – Установка Firewall между LAN и Internet

Возможен также вариант с установкой двух Firewall, один из которых будет защищать LAN, а другой – DMZ (рисунок 3).

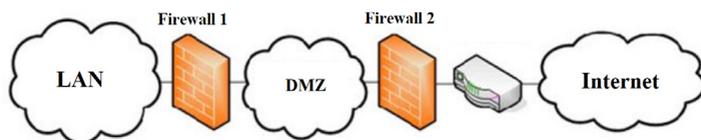


Рисунок 3 – Установка двух Firewall

DMZ – Demilitarized Zone – демилитаризованная зона – сегмент сети, содержащий общедоступные сервисы и отделяющий их от частных.

Существует более простой вариант с защитой зоны DMZ с помощью одного Firewall (рисунок 4).

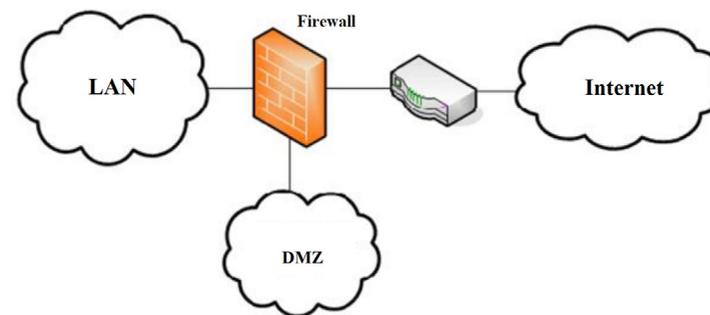


Рисунок 4 – Защита LAN и DMZ с помощью одного Firewall

Firewall реализует политику сетевого доступа, пропуская через себя все соединения с сетью. Для каждого проходящего пакета Firewall принимает решение пропускать его или отбросить. Для этих целей необходимо определить набор правил фильтрации для Firewall.

Это позволяет резко снизить угрозу несанкционированного доступа извне в корпоративные сети, но, не устраняет эту опасность совсем.

Более защищенная разновидность данного метода – это способ masquerading, когда весь исходящий из LAN трафик посылается от имени Firewall-сервера, делая LAN практически невидимой.

При реализации Firewall рекомендуется использовать отдельную станцию с соответствующими аппаратными требованиями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Хоффман, Л. Дж. Современные методы защиты информации: пер. с англ. – М. : Сов. радио, 1980.
- 2 Шураков, В. В. Обеспечение сохранности информации в системах обработки данных. – М. : Финансы и статистика, 1985, – с. 224.
- 3 Ухлинов, Л. М. Управление безопасностью информации в автоматизированных системах. – М. : МИФИ. 1996, – с. 112.
- 4 Ухлинов, Л. М., Казарин, О. В. Методология защиты информации в условиях конверсии военного производства. – М. : Вестник ВОИВТ. 1994, № 2.

5 **Коняевский, В. А.** Управление защитой информации на базе СЗИ НСД «Аккорд». – М. : Радио и связь, 1999, – с. 325.

6 International Standards Organization. Information Processing Systems – Basic Reference Model. – Part 2 : Security Architecture. ISO/DIS 7498-2. – 1984. – 64 p.

7 International Standards Organization. Information Processing Systems – OSI Reference Model. – Part 2 : Security Architecture. ISO 7498/PDAD-2. – 1986. – 65 p.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

М. А. Чуприна¹, А. Д. Тастенов², О. А. Андреева³

Телекоммуникациялық жүйелер автоматтандырылған басқару жүйесінің транспорттық ортасы ретінде және ақпараттық қауіпсіздік мәселелері

^{1,2,3}Энергетика факультеті,

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

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

M. Chuprina¹, A. Tastenov², O. Andreyeva³

Telecommunication systems as transport environment of automated control systems and problems of information security

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

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

Material received on 26.03.20.

Мақалада математикалық моделдеу әдісімен тік түсетін сыртқы сипаттамасы бар резонанстық ток көзінің өтпелі процестеріне зерттеу жүргізілді, резонанстық контур сыйымдылығының әртүрлі бірліктері мен мәндері кезінде токтың осциллограммалары алынды, модельдеу нәтижелеріне талдау жасалды.

The article deals with the study of transients of a resonant current source with a steeply falling external characteristic by the method of mathematical modeling, current waveforms are obtained at different q-values and capacitance values of the resonant circuit, the analysis of the simulation results is performed.

ГРНТИ 44.29.01

**Б. К. Шапкенов¹, В. П. Марковский², А. П. Кислов³,
М. Б. Кайдар⁴, А. Б. Кайдар⁵, А. К. Жумадилова⁶,
О. Т. Кожанова⁷, Р. М. Ирсымова⁸, С. М. Иманбек⁹**

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;

⁴менеджер, ЗАО «Казтрансгаз», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁵м.т. и т., проектный менеджер, АО «Alageum Electric», г. Нур-Султан, Республика Казахстан;

⁶к.т.н., асоц. профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁷магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁸магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁹магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²wadim54@mail.ru; ⁴m.kaidar@amangeldygaz.kz;

⁵argin_intel@mail.ru; ⁶aliask@mail.ru

МЕРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ КОСВЕННОМ ПРИКОСНОВЕНИИ

Применение малого напряжения, компенсации емкостных токов, защитного заземления, электрическое разделение сети, усиления рабочей изоляции, а также внедрения устройств защитного отключения и других средств позволяют повысить безопасность обслуживающего персонала.

Следует отметить, что все указанные средства уменьшают опасность поражения электрическим током, однако не обеспечивают полной безопасности работы.

Для научного обоснования объективных средств защиты от электропоражения необходимо исследовать условия возможного протекания тока через тело человека, определить закономерности

изменения этого тока, и на этой основе выбрать необходимые и достаточные технические средства защиты.

В данной статье речь пойдет о мерах защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении. Рассмотрен принцип действия устройства защитного отключения источника питания.

Ключевые слова: косвенное прикосновение, поражение электрическим током, сопротивление заземляющего устройства открытой проводящей части, сопротивление заземляющего устройства источника питания, уравнивание потенциалов.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ технических средств защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении показывает необходимость правильного применения средств защиты.

В соответствии с 413-м разделом МЭК 60 364-4-41 [1] мерами для обеспечения защиты от косвенного прикосновения являются:

- автоматическое отключение питания за определенное время;
- применение электрооборудования класса II или с равноценной изоляцией;
- применение изолирующих (непроводящих) помещений, зон, площадок;
- использование незаземленной системы местного уравнивания потенциалов);
- электрическое разделение цепей (с помощью разделяющего трансформатора или источника питания, равноценного ему по степени обеспечения электробезопасности).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Защита посредством автоматического отключения питания в установленном время может быть использована в системах заземления типов TN, TT и IT (примеры выполнения этих систем заземления в сетях трехфазного переменного тока представлены на рисунок 1).

Обозначения на схеме:

R_A – сопротивление заземляющего устройства открытой проводящей части;

R_B – сопротивление заземляющего устройства источника питания;

1 – источник питания;

2 – открытая проводящая часть.

Буквенное обозначение типов систем заземления:

Первая буква – характер заземления источника питания:

T – непосредственное присоединение одной точки токоведущей части к земле;

I – все токоведущие части изолированы от земли или одна точка заземлена через сопротивление.

Вторая буква – характер заземления открытых проводящих частей электроустановки:

T – непосредственная связь открытых проводящих частей с землей;

N – непосредственная связь открытых проводящих частей с точкой заземления источников питания (в системах переменного тока обычно заземляется нейтраль).

Третья буква – устройство нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

C – функции нулевого рабочего (N) и нулевого защитного проводников (PE) объединены в одном проводнике (PEN);

S – функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников обеспечиваются отдельными проводниками (соответственно N и PE).

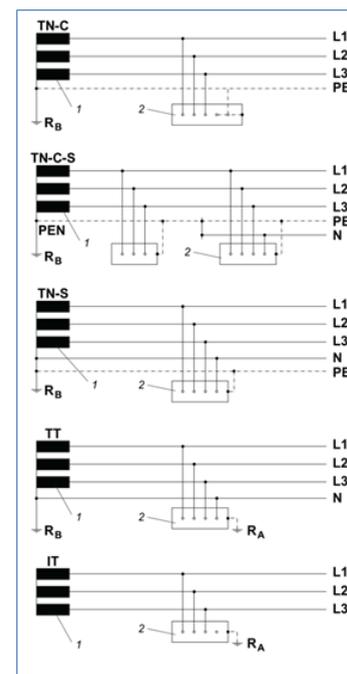


Рисунок 1 – Примеры выполнения систем заземления TN, TT и IT переменного тока

Для эффективного функционирования автоматического отключения питания должны быть выполнены следующие мероприятия:

- заземлены открытые проводящие части посредством защитного проводника;
- реализована основная система уравнивания потенциалов – соединение основного (магистрального) защитного проводника с металлическими частями конструкций здания, трубами и основным заземляющим зажимом (рисунок 2).

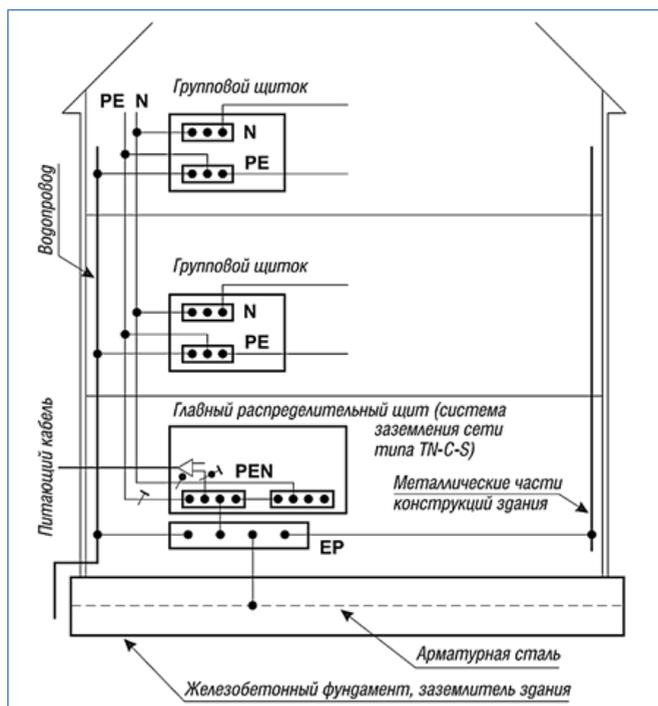


Рисунок 2 – Пример выполнения уравнивания потенциалов в здании (фазные проводники с целью упрощения рисунка не показаны)

Целью выполнения заземления является поддержание открытых проводящих частей электроустановки на потенциале, по возможности, близком к потенциалу земли. Правильно выполненное заземление должно:

- обеспечить нормальное функционирование оборудования;
- ограничить воздействие перенапряжений и сверхтоков;
- защитить от поражения электрическим током.

Величина сопротивления заземляющего устройства зависит от цели его использования и определяется различными стандартами. Требования к заземляющим устройствам и защитным проводникам приведены в стандарте МЭК 60 364-5-54.

Автоматическое отключение источника питания обеспечивается устройствами, которые должны осуществить отключение в случае, если на открытых проводящих частях возможно появление напряжения прикосновения, превышающее допустимое значение U_L , принятое согласно стандарту МЭК 60364-4-41 равным 50 В. В ряде специальных установок в соответствии с действующими стандартами нормируются меньшие значения U_L . Считается, что в этих установках, из-за неблагоприятных с точки зрения электробезопасности условий, значение полного сопротивления тела человека обычно понижено [2].

Основная система уравнивания потенциалов объединяет:

- основной (магистральный) защитный проводник;
- основной заземляющий зажим (EP);
- систему труб в здании и между зданиями (газ, вода);
- металлические части конструкций здания, системы центрального отопления, вентиляции, кондиционирования.

- нулевой рабочий проводник (N);
- нулевой защитный проводник (PE);
- совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник (PEN).

Наибольшее время, в течение которого должно произойти автоматическое отключение источника, нормировано [3, 4]. Например, в сетях системы TN для цепей, питающих передвижное или переносное оборудование класса I посредством штепсельных розеток или без них, при номинальном напряжении между фазой и землей, равном 230 В, время отключения не должно превышать 0,4 с.

Для цепей, питающих стационарное электрооборудование, максимально допустимое время отключения составляет 5 с. Максимально допустимые значения времени отключения определены, исходя из знаний о воздействии электрического тока на организм человека (рисунок 3).

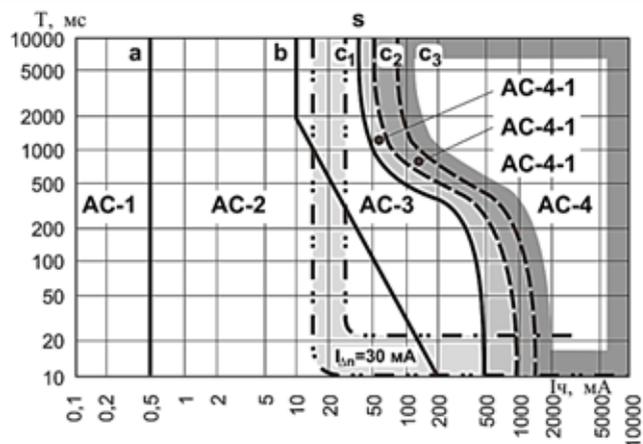


Рисунок 3 – Граничные кривые переменного тока

Если требуемые значения времени отключения источника питания посредством защиты от сверхтока не могут быть получены обычными способами (выбором устройства защиты, увеличением сечений проводников для получения нужного значения полного сопротивления цепи замыкания), необходимо применение дополнительной системы уравнивания потенциалов или использование УЗО. Среди устройств, обеспечивающих автоматическое отключение источника питания, УЗО занимает особое место. Как и другие устройства автоматического отключения, УЗО способно защитить человека при прикосновении к открытым проводящим частям в случае нарушения изоляции токоведущих частей. Однако, УЗО является единственным устройством, способным защитить человека от прямого случайного прикосновения к токоведущей части. УЗО могут быть использованы в электрических сетях с системами заземления типов TN-C-S, TN-S, TT и IT (рисунок 1).

ВЫВОДЫ

Использование УЗО в цепях без защитного проводника (например, в старых двухпроводных сетях с проводами L и N) согласно новым требованиям не должно считаться достаточной мерой для обеспечения безопасности при прикосновении к открытым проводящим частям даже в том случае, когда номинальный отключающий дифференциальный ток УЗО не превышает 30 мА. Это следует из требования для защиты от косвенного прикосновения к открытым проводящим частям посредством автоматического отключения питания, которое предписывает присоединение всех открытых проводящих

частей к защитному проводнику в соответствии с особенностями типов системы заземления.

Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

Защиту при косвенном прикосновении выполняют во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного и 120 В постоянного тока. В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких напряжениях, например, 25 В переменного и 60 В постоянного тока или 12 В переменного и 30 В постоянного тока при наличии требований соответствующих глав ПУЭ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 МЭК 60 364-4-41. Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. ГОСТ 30331.3-95/ГОСТ Р 50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92). [Электронный ресурс]. – <https://online.zakon.kz> > Document.

2 Шапкенов, Б. К. Охрана труда и техника безопасности для энергетиков: учебник. – Павлодар : ЭКО, 2010. – 514 с. ISBN 978-601-284-002-5.

3 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей : монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с. ISBN 978-601-238-674-5.

4 Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б. Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей : монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. – Алматы : Эверо, 2016. – 176 с. ISBN 978-601-310-762-2.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

*Б. К. Шапкенов¹, В. П. Марковский², А. П. Кислов³, М. Б. Кайдар⁴,
А. Б. Кайдар⁵, А. К. Жумадилова⁶, О. Т. Кожанова⁷, Р. М. Ирсымова⁸,
С. М. Иманбек⁹*

Жанама жанасу кезінде электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету шаралары

^{1,2,3,6,7,8,9}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;
⁴ЖАҚ «Казтрансгаз»,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы;
⁵АҚ «Alageum Electric»,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

*B. K. Shapkenov¹, V. P. Markovsky², A. P. Kislov³, M. B. Kaidar⁴, A. B. Kaidar⁵,
A. K. Zhumadirova⁶, O. T. Kozhanova⁷, R. M. Irsymova⁸, O. T. Kozhanova⁹*

Electrical safety measures for indirect touch

^{1,2,3,6,7,8,9}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;
⁴Kaztransgas LLP,
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan;
⁵Alageum Electric JSC,
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan.
Material received on 26.03.20.

Төмен кернеуді пайдалану, сыйымды токтардың орнын толтыру, қорғаныс жерге қосу, желіні электрлік бөлу, жұмыс оқшаулауын күшейту, сондай-ақ қалдық ток сөндіргіштері мен басқа да құралдарды енгізу қызметкерлердің қауіпсіздігін арттыруы мүмкін. Айта кету керек, бұл құралдардың барлығы электр тогының соғу қаупін азайтады, бірақ толық қауіпсіздікті қамтамасыз етпейді.

Электр тогынан қорғаудың объективті құралдарын ғылыми негіздеу үшін адам ағзасы арқылы токтың болуы мүмкін жағдайларын зерттеу керек, осы токтың өзгеру заңдылықтарын анықтау керек және осы негізде қажетті және жеткілікті техникалық қорғаныс құралдарын таңдау қажет. Бұл мақалада жанама қол тигізген кезде ток соғудан қорғау шаралары қарастырылады. Қорек көзінің қорғаныштық өшіру жұмысының принципі қарастырылады.

The use of low voltage, compensation of capacitive currents, protective grounding, electrical separation of the network, amplification of working

isolation, as well as the introduction of residual current circuit breakers and other means can increase the safety of staff. It should be noted that all of these tools reduce the risk of electric shock, but do not provide complete safety.

For the scientific justification of objective means of protection against electric shock, it is necessary to study the conditions for the possible flow of current through the human body, to determine the patterns of change in this current, and on this basis to select the necessary and sufficient technical means of protection. This article will focus on measures of protection against electric shock when indirectly touched. The principle of operation of the protective shutdown of the power source is considered.

**Б. К. Шапкенов¹, В. П. Марковский², М. Б. Кайдар³,
А. Б. Кайдар⁴, О. М. Талипов⁵, Р. Р. Русланов⁶,
С. А. Даниленко⁷, Е. Б. Тұрлыбек⁸**

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;

³менеджер, ЗАО «Казтрансгаз», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁴м.т. и т., проектный менеджер, АО «Alageum Electric», г. Нур-Султан, Республика Казахстан;

⁵доктор PhD, ассоц. профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁶магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁷магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁸магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²wadim54@mail.ru; ³m.kaidar@amangeldygas.kz;

⁴argin_intel@mail.ru; ⁵talipov1980@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТ НИЗКОВОЛЬТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

В статье приводятся состояние, технические характеристики и режимы, анализ низковольтных сетей электроснабжения предприятий агропромышленного комплекса.

Обозначены основные виды повреждений, проведен анализ повреждений в действующих сетях, представлены способы релейной защиты.

Проведен анализ защиты сельских трансформаторных подстанций. Выявлены их недостатки и мероприятия по повышению надежности и эффективности использования.

Предложены рекомендации для повышения эффективности электрической защиты объектов АПК. Рекомендовано выбирать

параметры системы электроснабжения 0,38 кВ, обеспечивающие достижения аварийными токами порогов (или приближения к ним) срабатывания электромагнитного расцепителя ЭР автоматических выключателей, а систему защиты проектировать с учетом показателей пожарной опасности.

Ключевые слова: распределительные сети, эффективность защиты, короткие замыкания, повышенная чувствительность, автоматические выключатели, зона срабатывания автоматических выключателей.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время по-прежнему значимой остается проблема обеспечения электрической и пожарной безопасности электроустановок до 1000 В объектов АПК. Наибольшее число (до 70 %) пожаров от электротехнических причин (электропожаров) обусловлено короткими замыканиями (КЗ) в электропроводах.

Для автоматического отключения питания при неисправности электроустановки широко используются предохранители и автоматические выключатели, однако, их электротехническая эффективность в сельских сетях является весьма низкой.

Для повышения эффективности электрической защиты может быть использована технология, основанная на выявлении пожароопасных участков системы электроснабжения и выборе экономически целесообразных параметров защиты и электропроводок по условию наименьшей вероятности пожара.

Одной из проблем практической реализации этой технологии является возможность неблагоприятных сочетаний параметров срабатывания защиты и перегоя электропроводки на различных участках электрической сети, обусловленная естественным разбросом характеристик. При этом возникает неопределенность времени срабатывания защиты и снижается число успешных отключений коротких замыканий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Проблема низкой эффективности защиты от коротких замыканий (КЗ) в системах сельского электроснабжения обусловлена, прежде всего, низким уровнем токов КЗ. При удалении объекта АПК от подстанции до 800 м токи КЗ во внутренней сети с алюминиевыми проводами не всегда достигают даже порога срабатывания электромагнитных расцепителей (ЭР) автоматических выключателей с номинальным током 16 А. Поэтому весьма проблематично обеспечение регламентированного наибольшего

допустимого времени срабатывания защиты (0,4 с) даже при использовании выключателей повышенной чувствительности серии ВА с характеристикой типа В. Для внутренних сетей ситуация усугубляется из-за возможности воздействия на электропроводку электрической дуги, часто возникающей при КЗ, которая может пережечь электропроводку быстрее, чем сработает защита, что эквивалентно ее отсутствию и неконтролируемому протеканию пожароопасных процессов.

Для повышения чувствительности и быстродействия защиты предложен подход, предусматривающий изменение параметров электрической сети с целью увеличения токов КЗ до уровня, при котором зона срабатывания автоматических выключателей смещается к области чувствительности электромагнитных расцепителей (ЭР). Однако это мероприятие также не гарантирует повышение токов КЗ до порога срабатывания ЭР всей линейки номинальных токов применяемых автоматических выключателей. Поэтому дополнительно рекомендуется проектировать систему электрической защиты с учетом таких количественных показателей пожарной опасности, как коэффициент незащищенности сети для однофазных, двухфазных и трехфазных КЗ и интегральный показатель пожарной опасности КЗ. Коэффициент незащищенности по каждому из перечисленных видов КЗ определяется отношением суммы длин участков сети, для которых время срабатывания защиты меньше времени пережога проводов электрической дугой КЗ к суммарной длине всех участков сети. Интегральный показатель пожарной опасности численно равен значению вероятности пожара на объекте от КЗ в течение года при допущении, что пережог электропроводки до срабатываний защиты обязательно приводит к пожару.

В сложившейся системе проектирования электрических сетей выбор их параметров осуществляют по критериям экономичности, надежности и качества электроснабжения [1]. При этом многие требования безопасности, в частности, к электрической защите от аварийных режимов, учитывают в условиях уже сформированной структуры сетей и реализованных технических решений. Многолетний опыт эксплуатации электроустановок в АПК показывает, что эффективность электрической защиты на основе предохранителей и автоматических выключателей остается недостаточной из-за низкого уровня токов короткого замыкания (КЗ), несмотря на совершенствование защитной аппаратуры и все более широкое использование устройств защитного отключения (УЗО), которые позволяют решить проблему защиты от поражения электрическим током [2, 3], но по принципу действия не реагируют на однофазные КЗ на нулевой рабочий провод и междуфазные КЗ. Эти функции по-прежнему возлагают на автоматические выключатели, с которыми комбинируются УЗО.

Еще одна причина низкой эффективности защиты – большой разброс характеристик срабатывания предохранителей и автоматических выключателей. Реальное время срабатывания защиты при одном и том же токе из-за наличия зоны разброса может отличаться в несколько раз.

Недопустимо высокое время срабатывания защиты при малых токах КЗ привело к необходимости изменения подхода к проверке ее чувствительности в методиках выбора параметров срабатывания. Нормирование минимально необходимой кратности аварийных токов [4] заменено на установление максимально допустимого времени срабатывания защиты [5]. В ПУЭ [5] это время регламентировано значениями 0,4 с для внутренних радиальных и 5 с для групповых сетей.

Проведенные авторами расчеты возможного времени срабатывания автоматических выключателей различных типов, установленных на потребительских подстанциях, показали, что для верхних значений защитных характеристик регламентируемое время при удаленных однофазных КЗ в большинстве случаев не обеспечивается [6].

При защите внутренних электрических сетей возникают дополнительные проблемы, обусловленные, прежде всего, значительно меньшим уровнем токов КЗ, чем во внешних сетях. Кроме того, возникающая при КЗ в электропроводах электрическая дуга, температура которой достигает нескольких тысяч градусов, может воспламенить изоляцию или другие горючие материалы, что вместе с действием искр и расплавленных частиц металла часто приводит к развитию пожара. Действуя, как дуга электросварочного аппарата, дуга КЗ может электропроводку быстрее, чем сработает защита, что эквивалентно ее отсутствию и неконтролируемому протеканию пожароопасных процессов. Современные методики выбора электрической защиты не учитывают воздействие электрической дуги КЗ на электропроводку [7]. Тем самым допускается возможность пожара еще на этапе проектирования защиты.

Учитывая проблематичность построения эффективной электрической защиты в системах внешнего и внутреннего сельского низковольтного электроснабжения, обусловленную, прежде всего, низким уровнем токов КЗ, можно предложить подход, отличный от настройки параметров защиты под расчетные значения аварийных токов, который предусматривает их увеличение до уровня, при котором зона срабатывания автоматических выключателей смещается к области чувствительности электромагнитных расцепителей (ЭР) [6].

При этом должны обеспечиваться требования ПУЭ [5] по максимально допустимому времени срабатывания, а также исключаться возможность пережога электропроводки током дугового КЗ до срабатывания защиты.

Выполнение этих требований в значительной степени реализуется при условии срабатывания в аварийном режиме ЭР автоматических выключателей.

На сегодняшний день для защиты внутренних электрических сетей все большее применение находят автоматические выключатели серии ВА с номинальным током 16; 25; 31,5; 40; 50; 63 А. Наибольшее распространение в Казахстане получили выключатели с характеристикой типа С, электромагнитные расцепители которых срабатывают в диапазоне (от 5 до 10) по отношению к номинальному току (In). Использование более чувствительных выключателей с характеристикой типа В (от 3 In до 5 In) достаточно ограничено из-за возможности ложных срабатываний, которые не исключены, прежде всего, вследствие ошибочного проектирования установки и непрофессиональной эксплуатации. В то же время в сельских сетях до сих пор эксплуатируют огромное количество автоматических выключателей серии АЕ с кратностью тока срабатывания ЭР 12 In.

Оценить возможность срабатывания ЭР автоматических выключателей позволяют результаты расчета токов однофазного КЗ в удаленных точках внутренней сети при различных параметрах внешней сети. Мы провели расчеты для схемы соединения обмоток трансформатора 10/0,4 кВ «звезда – звезда» и сечения проводов внутренней сети 4 мм². При оценке пороговых токов срабатывания ЭР выключателей использовали следующие средние значения: 7,5 In – для выключателей серии ВА (С) и 4 In – для выключателей серии ВА (В).

Анализ выполненных расчетов показал, что даже на расстоянии 100 м от подстанции при сечении проводов воздушной линии 95 мм² и протяженности внутренней алюминиевой электропроводки 60 м ЭР выключателей серии АЕ с номинальным током 16 А и выше и серии ВА (С) с номинальным током 25 и выше не будут реагировать на однофазное КЗ (табл. 1, табл. 2).

Таблица 1 – Результаты расчета токов однофазного КЗ в конце линий 0,38 кВ при различных параметрах внешней и внутренней электрической сети

Параметры внешней сети		Протяженность ВЛ							
Тип линии	Мощность трансформатора, кВА	100 м				800 м			
		Сечение проводов ВЛ							
		25 мм ²		95 мм ²		25 мм ²		95 мм ²	
		Величина тока КЗ во внутренней сети в конце линии длиной 30 м / 60 м сечением 4 мм ² , А							
		Алюминий	Медь	Алюминий	Медь	Алюминий	Медь	Алюминий	Медь
ВЛ	100	182/127	222/169	227/147	293/207	59/52	63/58	121/94	137/115
ВЛ	160	200/135	249/184	256/158	343/230	61/53	65/59	129/98	147/122
ВЛ	250	212/141	269/195	277/166	383/247	62/54	66/60	134/101	154/126

ВЛ	400	222/145	284/202	293/172	414/260	63/55	67/61	137/103	159/130
ВЛ	630	227/147	294/207	303/175	435/268	64/56	68/62	139/105	162/132

Только при использовании медной электропроводки и снижении ее протяженности до 30 м в некоторых случаях возможно срабатывание ЭР выключателей серии АЕ с номинальным током 31,5 А, и серии ВА (С) – с номинальным током 50 А.

При удалении от подстанции до 800 м ЭР выключателей серии АЕ с номинальным током 16 А и выключателей серии ВА (С) с номинальным током 25 А даже при выполнении внутренней проводки медным проводом, протяженностью не превышающей 30 м, на однофазные КЗ не реагировали.

Наилучшими показателями срабатывания обладали выключатели серии ВА с характеристикой В.

При удалении от подстанции до 100 м и протяженности внутренней алюминиевой электропроводки 60 м порог срабатывания ЭР достигался для выключателей с номинальным током до 40 А, а в отдельных случаях (при медной электропроводке и сечении воздушной линии 95 мм²) – 63 А. При уменьшении протяженности медной электропроводки до 30 м порог срабатывания ЭР достигался для всей рассмотренной линейки номинальных токов.

Таблица 2 – Расчетные пороговые токи срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей

Номинальный ток, А	Пороговый ток срабатывания (А) для выключателей серии		
	АЕ	ВА (С)	ВА (В)
16	192	120	64
25	300	187	100
31,5	378	236	126
40	480	300	160
50	600	375	200
63	756	472	252

Однако при удалении от подстанции до 800 м токи КЗ не всегда достигали даже порога срабатывания выключателей с номинальным током 16 А. И только для медной электропроводки при снижении ее протяженности до 30 м было возможно срабатывание ЭР выключателей с номинальным током до 40 А.

Аналогичные расчеты для внешней сети с кабельной линией или СИП с учетом возможности соединения вторичной обмотки силового

трансформатора по схеме «зигзаг» позволяют расширить область оценки значений токов КЗ и анализировать результативность защиты в рассматриваемых условиях. Но в целом, проведенный анализ показал проблематичность обеспечения регламентированного [5] наибольшего допустимого времени срабатывания защиты (0,4 с) даже при условии использования выключателей повышенной чувствительности серии ВА с характеристикой В.

С учетом изложенного, представляется целесообразным при выборе параметров электрических сетей при проектировании и реконструкции систем низковольтного электроснабжения учитывать уровень токов короткого замыкания, принимая во внимание, что его повышение достигается с помощью следующих мероприятий [6]:

- увеличение мощности трансформаторов на потребительских подстанциях;
- использование силовых трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда – зигзаг» или «треугольник – звезда»;
- увеличение сечения проводов воздушных линий 0,38 кВ;
- замена традиционных воздушных линий 0,38 кВ с неизолированными проводами воздушными кабелями (СИП);
- увеличение сечения алюминиевых проводов на участках внутренних электрических сетей;
- замена алюминиевых проводов на медные на участках внутренних электрических сетей.

Однако даже реализация совокупности этих мероприятий не гарантирует повышения токов КЗ до порога срабатывания ЭР всей линейки номинальных токов применяемых автоматических выключателей. Поэтому целесообразно использовать подход к оценке эффективности электрической защиты по показателям пожарной опасности КЗ, основанный на следующем [7].

Диапазон токов однофазного, двухфазного или трехфазного КЗ на участке сети, для которого время пережога электропроводки возникающей электрической дугой меньше времени срабатывания защиты, называется незащищенной зоной или зоной пережога. Отношение диапазона токов КЗ, для которого время пережога меньше времени срабатывания защиты, к диапазону токов КЗ на участке сети можно интерпретировать как долю незащищенной части участка сети.

Показатель $k_s^{нз(k)}$, определяемый долей незащищенной части участка сети (отношение длины незащищенной части участка электрической сети к полной длине участка), называется коэффициентом незащищенности участка сети:

$$k_s^{нз(k)} = \frac{I_s^{нпр(k)}}{I_s} \tag{1}$$

где I_s – длина s -го участка сети ($s = 1, \dots, S$), м;

$k_s^{нпр(k)}$ – длина зоны пережога на этом участке при k -м виде КЗ, м.

Нулевая величина этого показателя соответствует отсутствию опасности пережога на участке сети (и, как следствие, значительно меньшей опасности пожара, так как процесс развития КЗ ограничен электрической защитой), а равная единице – полной незащищенности участка сети.

На основе этого коэффициента рассчитывается показатель $K^{нз(k)}$, который характеризует пожарную опасность сети в целом и называется коэффициентом незащищенности электрической сети. Он должен рассчитываться для каждого вида КЗ, имеет граничные значения 0 и 1 и может быть определен как отношение суммы длин зон пережога к сумме длин всех участков сети:

$$K^{нз(k)} = \frac{\sum_{s=1}^S I_s^{нпр(k)}}{\sum_{s=1}^S I_s} \tag{2}$$

Учитывая, что пожарную опасность при дуговых коротких замыканиях представляют прежде всего участки электрической сети, для которых время пережога меньше времени срабатывания защиты (в этом случае защита не влияет на процесс пережога и пожароопасные факторы электрической дуги) в заданном диапазоне токов КЗ, можно поставить в соответствие эффект пережога до срабатывания защиты и развитие вследствие этого пожара.

Тогда вероятность пожара $K^{нз(k)}$ от КЗ данного вида в течение времени T на s -м участке сети можно определить по формуле:

$$P_s^k(\Pi) = p_T^k k_s^{нз(k)} Q_y Q_3 Q_p Q_{тз} \tag{3}$$

где p_T^k – вероятность возникновения КЗ на участке сети в течение времени T ;

Q_y – вероятность сосредоточения пожароопасного вещества вблизи электропроводки;

Q_p – вероятность перерастания возникшего загорания в пожар;

$Q_{тз}$ – вероятность отказа системы пожаротушения;

Q_3 – вероятность воспламенения пожароопасного вещества, включая горючую изоляцию.

В расчетах значения вероятностей Q_y, Q_3, Q_p и $Q_{тз}$ принимаются равными единице, поэтому $P_s^k(\Pi)$ называется показателем пожарной опасности k -го вида короткого замыкания на s -ом участке электрической сети:

$$P_s^k(\Pi) = p_T^k k_s^{H3(k)}. \quad (4)$$

Величина этого показателя численно равна значению вероятности пожара на объекте при k -м виде короткого замыкания при условии, что перегор электропроводки до срабатываний защиты обязательно приводит к пожару.

Используя коэффициент незащищенности электрической сети, можно определить показатель пожарной опасности k -го вида короткого замыкания для всей электрической сети рассматриваемого объекта по формуле

$$PK(\Pi) = P_T^{K(k)} K^{H3(k)} \quad (5)$$

где $P_T^{K(k)}$ – вероятность КЗ k -го вида в электрической сети в течение времени T .

С учетом введенных показателей и допущения о том, что за время T пожар на объекте происходит от КЗ только на одном из участков сети, причем КЗ на всех участках равновероятны, в соответствии с теоремой умножения вероятностей может быть определен интегральный показатель пожарной опасности в электрической сети из-за короткого замыкания (независимо от его вида):

$$P(\Pi) = 1 - [1 - P^{K1}(\Pi)] \cdot [1 - P^{K2}(\Pi)] \cdot [1 - P^{K3}(\Pi)] \cdot [1 - P^{KK}(\Pi)]. \quad (6)$$

где $P^{K1}(\Pi), P^{K2}(\Pi), P^{K3}(\Pi), P^{KK}(\Pi)$ – соответственно показатели пожарной опасности однофазного, двухфазного, трехфазного КЗ и однофазного КЗ на от-крытые проводящие части (называемые далее «КЗ на корпус»).

Если вся сеть защищена устройством защитного отключения (УЗО), можно использовать следующую формулу:

$$P_s^P(\Pi) = 1 - [1 - P^{K1}(\Pi)] \cdot [1 - P^{K2}(\Pi)] \cdot [1 - P^{K3}(\Pi)]. \quad (7)$$

Если УЗО установлены на отдельных участках сети, необходимо использовать формулу (6), в которой показатель пожарной опасности КЗ на корпус рассчитывают по следующему выражению:

$$P^{KK}(\Pi) = P_T^K K_{УЗО}^{H3(k)}, \quad (8)$$

где $K_{УЗО}^{H3(k)}$ – коэффициент незащищенности сети при однофазных КЗ на корпус с учетом защиты отдельных участков устройствами защитного отключения.

Этот коэффициент определяется по формуле:

$$K_{УЗО}^{H3(k)} = \frac{\sum_{s=1}^S I_s^{прг(k)} - \sum_{s=1}^S I_{s(УЗО)}^{прг(k)}}{\sum_{s=1}^S I_s}, \quad (9)$$

где $I_s^{прг(k)}$ – длина зоны перегора s -го участка сети при однофазном КЗ на корпус и отсутствии в сети УЗО, м;

$I_{s(УЗО)}^{прг(k)}$ – длина зоны перегора s -го участка сети, защищенного УЗО при однофазном КЗ на корпус, м.

Показатели, определяемые по формулам (4) – (8), можно рассматривать в качестве количественной меры пожарной опасности электропроводок и использовать для оценки эффективности электрической защиты

ВЫВОДЫ

Таким образом, для повышения эффективности электрической защиты объектов АПК параметры системы электроснабжения 0,38 кВ, включая электропроводки во внутренней электрической сети, необходимо выбирать с учетом уровня токов короткого замыкания с целью достижения порогов срабатывания ЭР (или приближения к ним) автоматических выключателей, а систему защиты проектировать с учетом показателей пожарной опасности.

Очевидно, что предложенный подход, связан с дополнительными затратами. Однако мероприятия по увеличению уровня токов КЗ одновременно повышают надежность электроснабжения и качество напряжения у потребителей, а также улучшают условия пуска мощных асинхронных электродвигателей. Благодаря повышению эффективности электрической защиты в ряде случаев снижается ущерб от перерывов электроснабжения и повреждений электрооборудования, уменьшается вероятность возникновения электропожаров.

Использование этих рекомендаций не позволяет определить единые требования к параметрам низковольтных электрических сетей. Требуется проведение расчетов технических и экономических показателей для конкретных вариантов электроснабжения различного вида электропотребителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **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.

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

4 Правила устройства электроустановок Республики Казахстан (ПУЭ). Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 20 марта 2015 года № 230 Об утверждении Правил устройства электроустановок (с изменениями по состоянию на 25.12.2017 г.). [Электронный ресурс] <https://online.zakon.kz> > Document.

5 Об утверждении правил устройства электроустановок – Әділет. adilet.zan.kz > rus > docs > links. Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 20 марта 2015 года по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 12 июня 2018 года. [Электронный ресурс]. – <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010851/links>.

6 **Шапкенов, Б. К., Сейтказин, С. Б., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Сейтказин, Ж. С.** Қалалық электр желілерінің параметрлерімен жұмыс режимдерін оңтайландыру. Оқу құралы / Шапкенов Б. К., Сейтказин С. Б., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Сейтказин Ж. С. – Павлодар : Toraighyrov University, 2019. – 145 б. – ISBN 978-601-238-956-2.

7 **Shapkenov, B. K., Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Markovskiy, V. P., Kislov, A. P.** The operational features and detailed control schemes of AC sub-microgrid, DC sub-microgrid and hybrid ac/dc microgrid. – P. 128–138. «XIX Сәтбаев оқулары» жас ғалымдар, магистранттар, студенттер мен мектеп

оқушыларының : халықар. ғыл. конф. мат-дары Академик Қ. И. Сәтбаевтың 120 жылдығына арналған. – Павлодар : С. Торайғыров атындағы ПМУ, 2019. ISBN 978-601-238-907-4. Т. 21 «Жас ғалымдар». – 2019. – 420 б. – ISBN 978-601-238-930-2.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Б. К. Шапкенов¹, В. П. Марковский², М. Б. Кайдар³, А. Б. Кайдар⁴, О. М. Талипов⁵, Р. Р. Русланов⁶, С. А. Даниленко⁷, Е. Б. Тұрлыбек⁸

Сезімталдықты арттыру және жылдам қорғалу ауылда аз дауысты бөлу торлары жердер

^{1,2,5,6,7,8}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

³«Alageum Electric» АҚ, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁴«ҚазТрансГаз» ЖАҚ, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

B. K. Shapkenov¹, V. P. Markovskiy², A. B. Kaidar³, M. B. Kaidar⁴, O. M. Talipov⁵, R. R. Ruslanov⁶, S. A. Danilenko⁷, E. B. Turlybek⁸

Increasing sensitivity and fast speed protect low voltage distribution networks protection in rural areas

^{1,2,5,6,7,8}S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³JSC «Alageum Electric», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁴JSC «KazTransGas», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Мақалада агроөнеркәсіптік кешен кәсіпорындарының төмен вольтты электрмен жабдықтау желілерінің жай-күйі, техникалық сипаттамалары мен режимдері, анализі берілген.

Зақымның негізгі түрлері көрсетілген, қолданыстағы желілердегі зақымға талдау жасалынған, релелік қорғаныс әдістері ұсынылған.

Ауылдық трансформаторлық қосалқы станциялардың қорғалуына талдау жасалды. Олардың кемшіліктері және пайдалану сенімділігі мен тиімділігін арттыру шаралары анықталған.

Ауылшаруашылық нысандарын электрмен қорғаудың тиімділігін арттыру бойынша ұсыныстар ұсынылады. 0,38 кВ электрмен жабдықтау жүйесінің параметрлерін таңдау ұсынылды, ол авариялық токтардың электромагниттік шығарылымдарының жұмысының шектік деңгейіне (немесе оларға жақыны) жетуін қамтамасыз етеді және өрт қауіптілік индикаторларын ескере отырып қорғау жүйесін жобалайды.

The article presents the state, technical characteristics and modes, analysis of low-voltage power supply networks of agricultural enterprises.

The main types of damage are indicated, the analysis of damage in existing networks is carried out, methods of relay protection are presented.

The analysis of protection of rural transformer substations is carried out. Their shortcomings and measures to improve the reliability and efficiency of use are identified.

Recommendations are proposed for increasing the efficiency of electric protection of agricultural facilities. It was recommended to select the parameters of the 0.38 kV power supply system that ensure that the emergency currents reach thresholds (or close to them) of the operation of the ER circuit breakers electromagnetic releases, and design the protection system taking into account fire hazard indicators.

SRSTI 44.29.01

**B. K. Shapkenov¹, V. P. Markovskiy², A. P. Kislov³,
A. B. Kaidar⁴, M. B. Kaidar⁵, O. A. Andreeva⁶,
Sh. S. Kuanyshbay⁷**

¹Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

²Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³Candidate Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁴Project manager, JSC «Alageum Electric», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁵Manager of JSC «KazTransGas», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁶Candidate of Technical Sciences, associated professor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁷Undergraduate, student, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

e-mail: ¹argin_intel@mail.ru; ²wadim54@mail.ru; ³argin_intel@mail.ru;

⁴m.kaidar@amangeldygas.kz

CALCULATION AND MODELING OF EMERGENCY MODES IN DISTRIBUTION NETWORKS

This article offers an introduction to radial feeder protection, and presents the feeder system to be used in this study. The modeling of the feeder system and its components is described. Two overcurrent protection schemes, based on definite-time and inverse-time overcurrent relays, are developed. Performance, based on coordination and selectivity, is evaluated for both protection schemes.

Simulations are conducted in PSCAD/EMTDC. Bolted faults, comprised of SLG (Single Line – Ground), DLG (Double Line – Ground), LL (Line-to-Line) fault, and 3 fault types, are applied at selected locations. The detection of high impedance faults is also investigated.

Both protection schemes are able to isolate the bolted faults successfully. The inverse-time scheme features faster relay operating times (in primary zone of protection) compared to the definite-time scheme. High impedance faults can be detected on both the line current and zero sequence current, although large non-detection zones are present on the line current.

Keywords: the fault protection scheme, distribution system, radial feeder, zone of protection coordination time interval.

INTRODUCTION

The fault protection scheme of a distribution system has the objective of isolating faults from the system in a timeframe that prevents damage from occurring to components. In the process of removing faults, the smallest necessary section of feeder should be isolated, so that the maximum number of loads continue to be supplied. Relays are utilized to provide the signals instructing circuit breakers to open.

MAIN PART

In a radial feeder, only a single source is present, resulting in current flowing in only one direction. The relays are coordinated in the upstream direction, in which the units farthest from the grid connection are configured to operate first [1, 2].

As shown in the simple radial feeder in Figure 1, faults on the line are cleared by opening the breaker immediately to the left (upstream). Each relay and breaker pair (CB1, CB2, CB3) is responsible for clearing faults in an associated zone of protection (Zone 1, Zone 2, Zone 3 respectively), as well as acting as backup for any units downstream. The relays are timecoordinated, so that in the event of a fault, the downstream units are configured to trigger a period of time faster than the upstream units. This coordination time interval (CTI) allows time for the fault to be isolated before backup units are tripped [1, 2].

The protection scheme may feature definite-time or inverse-time relays, as shown in Figure 1. Inverse-time protection offers shorter tripping times, albeit at a greater equipment cost. The relay furthest downstream is typically a definite-time unit, since it is not required to coordinate with any relays further downstream.

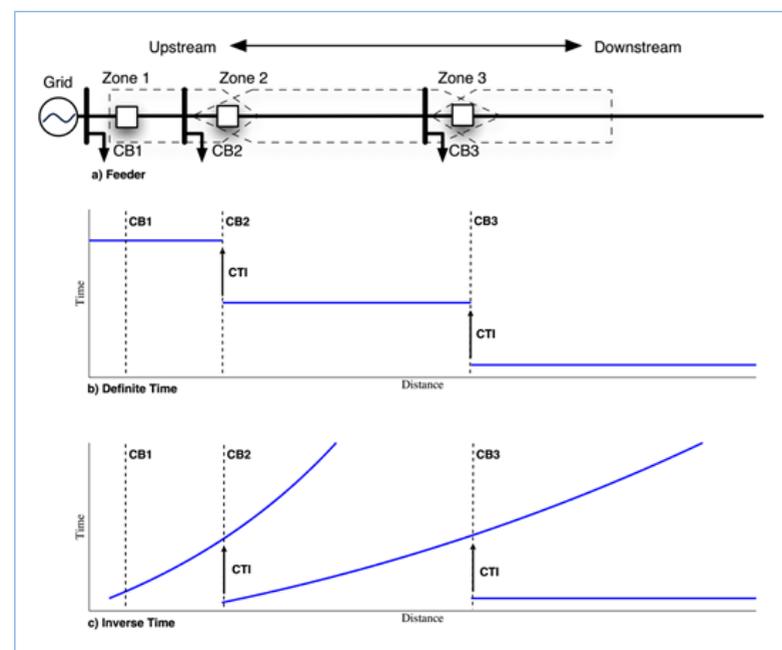


Figure 1 – a) Feeder zones of protection, b) Definite-time protection scheme, c) Inverse-time protection scheme [2]

The distribution feeder utilized in the study is a 10–35 kV three-phase system based on a rural feeder [3]. Recently, in places with a large number of consumers of electric energy, cases of supply voltage of 27 kV are known.

The layout is radial, with a series of three-phase loads and two subfeeder branches that feature single-phase laterals. The utility is represented as a voltage source, with equivalent positive-sequence and zero-sequence impedance labeled. The feeder is a four-wire system, with a single neutral grounding point at the grid connection. A regulator is situated 12-km down the line to adjust the voltage profile so that it fits within ± 0.06 pu voltage variation requirements. The point-of-common-coupling (PCC) is located at CB2 and marks the boundary for the portion of feeder which can operate in islanded mode. Single-phase laterals exist off the main trunk, but not on the low side of the lateral transformers. The layout of the study feeder is shown in Figure 2, with segment lengths stated in meters, and cable types labeled.

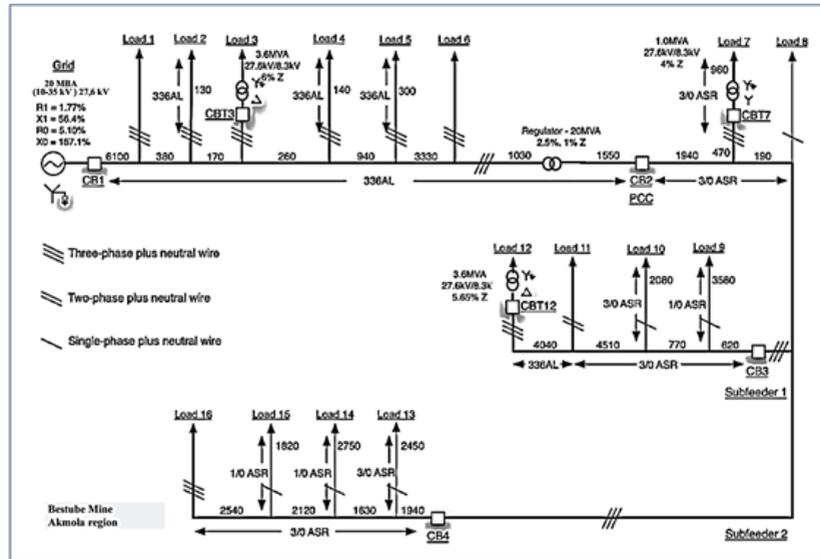


Figure – 2 Study system layout

The cable parameters are given in Table 2–1. Load parameters are given in Appendix A.

Table 2–1 – Cable parameters [3]

Cable Type	Positive-Sequence			Zero-Sequence		
	R_1 , ohms/km	X_1 , ohms/km	B_1 , uS/km	R_0 , ohms/km	X_0 , ohms/km	B_0 , uS/km
336 AL	0.1696	0.3809	4.33	0.4689	1.2808	1.90
3/0 ASR	0.3480	0.4680	3.76	0.7020	1.3220	0.00
1/0 ASR	0.5523	0.4852	3.60	0.9644	1.4610	1.92

The three-phase lines are represented using three-phase, four-wire PI sections [4]. The various loads, specified in real and reactive power, are modeled as series resistors and inductors, whose values are calculated using the rated line-to-ground voltage of 16 kV (or 4.8 kV line-to-ground for loads on the low-voltage side of a transformer). Details regarding load parameters are given in Appendix A.

The faults under investigation include both bolted and high impedance faults, and cover SLG, DLG, LL, and 3 fault types. Bolted faults are represented by a zero-impedance connection to ground or between phases.

A model was developed for simulating high impedance SLG faults, featuring two distinctive characteristics – a gradual buildup to the steady-state fault current level and non-linearity – as observed in KEPCO’s experimentally obtained waveforms [5]. A high impedance SLG fault model consisting of two time-varying resistors is outlined in [5]. One resistor is utilized to simulate the non-linearity, while the second resistance decreases with time to obtain the current buildup characteristic.

An alternate method of modeling the non-linearity is presented by Etemadi in [6], utilizing a diode-resistor-voltage source pair. As this study’s goal is to investigate current-based protection, the simpler model in [6] is used in place of one of the time-varying resistors specified in [5].

The KEPCO model [5] and Etemadi’s model [6] are combined for use in this study, and is shown in Figure 3. Resistor R_1 varies with time and is responsible for simulating the buildup of the current waveform. Analysis of the build-up current waveform in [5] shows that the resistance behaves according to (1):

$$R_1(t) = \frac{1780}{(1+75t)} - 44t, \tag{1}$$

where:

$R_1(t)$: time-varying resistance of R_1 ,

t : time after fault occurrence.

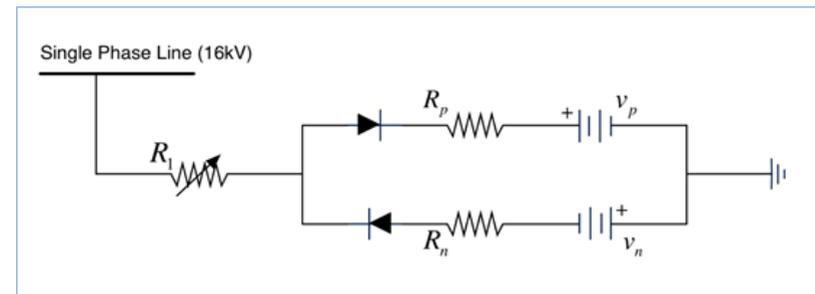


Figure 3 – Combined high impedance fault model

The inception voltages v_n and v_p are both set to 7000 V, so as to obtain the non-linear waveform observed in [5]. The resistor pair R_n and R_p is varied to obtain the required fault current. The model characteristics are compared to the measured waveforms in [5] in Figure 4 and Figure 5.

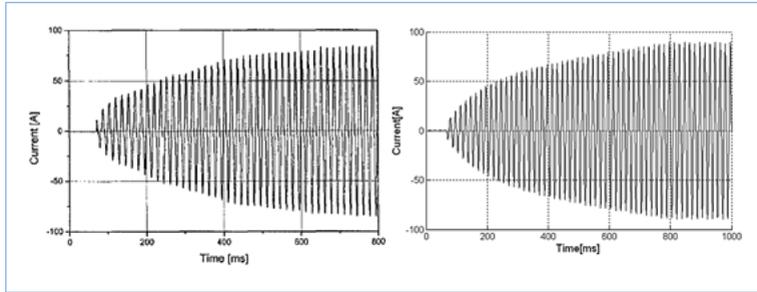


Figure 4 – a) Measurement buildup waveform [13],
b) Modeled buildup waveform

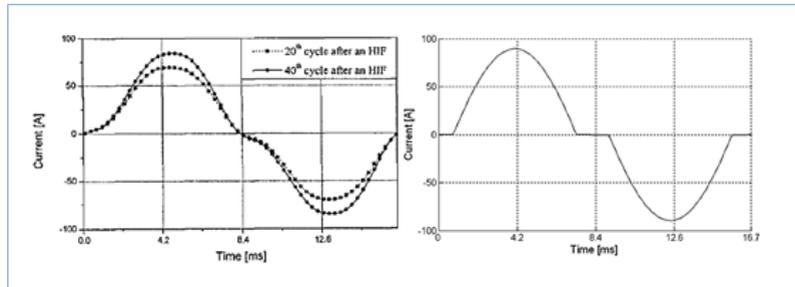


Figure 5 – a) Measurement non-linearity waveform [5],
b) Modeled non-linearity waveform

Typical RMS currents for high impedance SLG fault conditions are given for a 12.5 kV feeder in [7]. Assuming a constant average impedance, the fault currents are scaled up to the 27.6 kV of the study feeder system. Based on the currents scaled from [7], the settings for resistor pair R_n and R_p in the high impedance fault model are calculated according to (2):

$$R_p = \frac{v_{line(L-G)} - v_p}{i_{fault}}, R_n = \frac{v_{line(L-G)} - v_n}{i_{fault}}, \quad (2)$$

where:

$v_{line(L-G)}$: line-to-ground voltage,

i_{fault} : fault current,

$v_p, v_n = 7000V$, inception voltage.

The fault conditions, reference RMS current [7], scaled RMS current, and resultant R_n and R_p values are presented in Table 2.

Table 2 – High impedance fault parameters

Fault Condition	RMS Current (A) for 12.5 kV	RMS Current (A) for 27.6 kV	R_p and R_n (Ω)
Wet Sand	15	33.3	270.0
Dry Sod	20	44.4	202.5
Dry Grass	25	55.6	162.0
Wet Sod	40	88.9	101.3
Wet Grass	50	111.1	81.0
Concrete (reinforced)	75	166.7	54.0

The transformers are modeled as a T-equivalent circuit with ideal transformer, as shown in Figure 6.

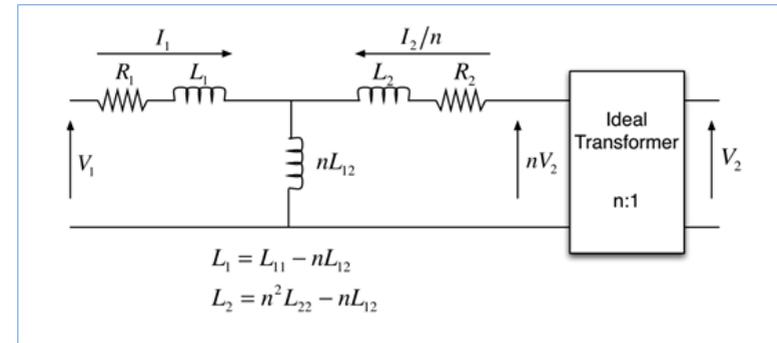


Figure 2 – Transformer T-equivalent circuit

where:

V_1, V_2 : terminal voltages of high-voltage and low-voltage sides

R_p, R_2 : resistance of copper

L_{1p}, L_{22} : self inductances of high-voltage and low-voltage sides

L_{12} : mutual inductance

n : turns ratio

CONCLUSION

Successful relay operation is achieved when a fault is isolated while disconnecting the smallest necessary portion of feeder. For the radial case, this is realized through the opening of the closest upstream relay. Fault locations inside the circuit breakers are not considered. For faults in each zone of protection, this is defined as:

- For faults in Zone 1 but outside any other zone, CB1 should open.
- For faults in Zone 2 but outside any other zone, CB2 should open, with CB1 as backup.
- For faults in Zone 3 but outside any other zone, CB3 should open, with CB2 and CB1 as successive backups.

REFERENCES

1 **Кислов, А. П., Марковский, В. П., Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Арипова, Н. М.** Анализ эффективности управления потоками активной мощности при возникновении асинхронного хода в электроэнергетической системе. // Вестник ПГУ. – № 1. – 2015. – С. 146–160.

2 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Жанат, Ж., Айтжанов, С. Е., Жакып, К. Б., Файзулла, Д. Ф., Джансарин, К. Е., Оспанова, Ж. М.** Тұрақты тоқтың салғылары мен желісінің қолдану проблемалары мен тиімді жағы. // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – № 4. – 2015. – С. 65–69. ISSN 1811-1858.

3 **Kopyrin, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K.** Diagnostics the fault types and fault locations in a cascaded mlid from its output voltage waveform. // Вестник ПГУ. – № 4. – 2014. – С. 49–59.

4 Векторное сопряжение разнохарактерных источников энергии Марковский В. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Құлұмбеңов С. Ж. // Вестник ПГУ, ISSN: 1811-1858. Энергетическая серия – № 3. – 2018. – С. 122–132.

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.

6 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.

7 **Shapkenov, B. K., Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Markovskiy, V. P., Kislov, A. P.** The operational features and detailed control schemes of AC sub-microgrid, dc sub-microgrid and hybrid ac/dc microgrid, с.128-138. «XIX Сәтбаев оқулары» жас ғалымдар, магистранттар, студенттер мен мектеп оқушыларының : халықар. ғыл. конф. мат-дары Академик Қ. И. Сәтбаевтың 120 жылдығына арналған. – Павлодар : С. Торайғыров атындағы ПМУ, 2019. ISBN 978-601-238-907-4. Т. 21 «Жас ғалымдар». – 2019. – 420 б. ISBN 978-601-238-930-2.

Material received on 26.03.20.

Б. К. Шапкенов¹, В. П. Марковский², А. П. Кислов³, А. Б. Кайдар⁴, М. Б. Кайдар⁵, О. А. Андреева⁶, Ш. С. Қуанышбай⁷

Тарату желілеріндегі апаттық жағдайларды есептеу және модельдеу

^{1,2,3,6,7}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁴«Alageum Electric» АҚ,

Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁵«ҚазТрансГаз» ЖАҚ,

Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 26.03.20 баспаға түсті.

Б. К. Шапкенов¹, В. П. Марковский¹, А. П. Кислов¹, А. Б. Кайдар², М. Б. Кайдар³, О. А. Андреева³, Ш. С. Қуанышбай⁴

Расчет и моделирование аварийных режимов в распределительных сетях

^{1,2,3,6,7}Павлодарский государственный университет

имени С. Торайғырова,

г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴ЗАО «Алагеум Электрик»,

г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

⁵АО «КазТрансГаз»,

г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

Бұл мақалада радиалды фидерді қорғауға арналған кіріспе ұсынылған және осы зерттеуде қолданылатын фидер жүйесі енгізілген. Бүр жүйесі мен оның компоненттерін модельдеу сипатталған. Уақыт пен кері уақыттың шамадан тыс релесі негізінде екі қорғаныс схемасы жасалды. Үйлестіру мен таңдауға негізделген өнімділік екі қорғаныс схемасы үшін де бағаланады.

Модельдеу PSCAD/EMTDC-де жүргізіледі. Таңдалған орындарда SLG (бір жол – жер), DLG (қос сызық – жер), LL (түзу сызық) және үш типтен тұратын ақаулар қолданылады. Сондай-ақ, жоғары кедергілік ақауды анықтау да зерттелуде.

Екі қорғаныс схемасы болттардағы ақауларды сәтті табуға қабілетті. Кері уақыт тізбегінде белгілі бір уақыт тізбегіне қарағанда жылдам релелік жауап беру уақыты бар (негізгі қорғаныс аймағында). Жоғары кедергісі бар ақаулар сызықтық токпен де,

ноддік тізбектегі токпен де анықталуы мүмкін, дегенмен әселілік токта анықталудың үлкен зоналары жоқ.

Эта статья предлагает введение в защиту радиального фидера и представляет систему фидера, которая будет использоваться в этом исследовании. Описано моделирование системы подачи и ее компонентов. Разработаны две схемы защиты от перегрузки по току, основанные на реле максимального тока с временным и обратным временем. Производительность, основанная на координации и селективности, оценивается для обеих схем защиты.

Моделирование проводится в PSCAD/EMTDC. Неисправности с болтовым соединением, состоящие из SLG (одиночная линия – земля), DLG (двойная линия – земля), LL (линия к линии) и 3 типа неисправностей, применяются в выбранных местах. Также исследуется обнаружение дефектов с высоким импедансом.

Обе схемы защиты способны успешно локализовать неисправности на болтах. Схема с обратным временем отличается более быстрым временем срабатывания реле (в основной зоне защиты) по сравнению со схемой с определенным временем. Неисправности с высоким импедансом могут быть обнаружены как по току линии, так и по току нулевой последовательности, хотя в токе линии присутствуют большие зоны отсутствия обнаружения.

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА
(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,
«КРАЕВЕДЕНИЕ»)**

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

***В номер допускается не более одной рукописи от одного автора или в соавторстве.**

***Количество соавторов не более 6.**

***Степень оригинальности статьи должна составлять не менее 60 %.**

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 Аффiliation (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.). Рекомендованное количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3. Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (см. образец);

9 Основной текст статьи излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

– слово ВВЕДЕНИЕ / КІРІСПЕ / INTRODUCTION (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре см. образец).

Необходимо отразить результаты предшествующих работ ученых, что им удалось, что требует дальнейшего изучения, какие есть альтернативы (если нет предшествующих работ – указать приоритеты или смежные исследования). Освещение библиографии позволит отгородиться от признаков заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно ссылаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (не более 1 страницы).

– слова ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ / НЕГІЗГІ БӨЛІМ / MAIN PART (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения. При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости. Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы, схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. Формулы, уравнения, рисунки, фотографии и таблицы должны иметь подписи или заголовки (не более 10 страниц).

– слово ВЫВОДЫ / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество самих данных и позволит дать свою интерпретацию результатов (не более 1 страницы).

10 Список использованных источников включает в себя:

– слово СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES (Нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами для кругозора читателям, как смежные работы, проводимые параллельно. Рекомендуемый объем не более чем из 20 наименований (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Статья и список литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

11 Иллюстрации, перечень рисунков и подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

12 Математические формулы должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В бумажном и электронном вариантах приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

Информация для авторов

Все статьи должны сопровождаться **двумя рецензиями** доктора или кандидата наук для всех авторов. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор.

Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензий и квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: kereku@psu.kz

www.vestnik.psu.kz

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

Наши реквизиты:

РГП на ПХВ Павлодарский
государственный университет имени
С. Торайгырова
РНН 451800030073
БИН 990140004654
АО «Цеснабанк»
ИИК KZ57998FTB00 00003310
БИК TSESKZK A
Кбе 16
Код 16
КНП 861

РГП на ПХВ Павлодарский
государственный университет имени
С. Торайгырова
РНН 451800030073
БИН 990140004654
АО «Народный Банк Казахстана»
ИИК KZ15601024100003308
БИК HSBKZKX
Кбе 16
Код 16
КНП 861

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ:

ГРНТИ 396.314.3

А. Б. Есімова

к.п.н., доцент, Гуманитарно-педагогический факультет, Международный Казахско-Турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан
e-mail: ad-ad_n@mail.ru

СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

В статье рассматриваются вопросы, связанные с кодификацией норм устной речи в орфоэпических словарях, являющихся одной из отраслей ортологической лексикографии. Проводится анализ составления первых орфоэпических словарей, говорится о том, что в данных словарях большее внимание уделяется устной орфографии в традиционном применении, а языковые нормы устной речи остались вне внимания. Также отмечается, что нормы устной речи занимают особое место в языке программ средств массовой информации, таких как радио и телевидение, и это связано с тем, что диктор читает свой текст в микрофон четко по бумажке. В статье также выявлены отличия устной и письменной речи посредством применения сравнительного метода, и это оценивается как один из оптимальных способов составления орфоэпических словарей.

Ключевые слова: репродуктивное поведение, семейно-родственные связи.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отрасль мобильной робототехники переживает бурное развитие. Постепенно среда проектирования в области мобильной ...

Продолжение текста

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На современном этапе есть тенденции к стабильному увеличению студентов с нарушениями в состоянии здоровья. В связи с этим появляется необходимость корректировки содержания учебно-тренировочных занятий по физической культуре со студентами, посещающими специальные медицинские группы в...

Продолжение текста публикуемого материала

ВЫВОДЫ

В этой статье мы представили основные спецификации нашего мобильного робототехнического комплекса...

Продолжение текста

Пример оформления таблиц, рисунков, схем:

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1 - Показатели репродуктивного поведения

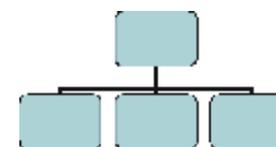
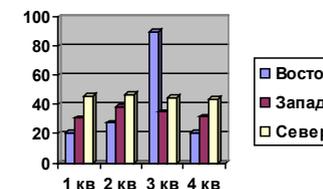


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2–е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).
 2 Фришман, И. Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.
 3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587.
 4 http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part_0.

А. Б. Есімова

Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде

Гуманитарлық-педагогикалық факультеті,
 Қ. А. Ясави атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университеті,
 Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы.

A. B. Yesimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviorsFaculty of Humanities and Education,
K. A. Yesevi International Kazakh-Turkish University,
Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan.

Мақалада ортологиялық лексикографияның бір саласы – орфоэпиялық сөздіктердегі ауызыша тіл нормаларының кодификациялануымен байланысты мәселелер қарастырылады. Орфоэпиялық сөздік құрастырудың алғашқы емлесімен, әсіресе мектеп өмірінде жазба сөзге ерекше көңіл бөлініп, ал ауызыша сөздің тілдік нормалары назардан тыс қалғаны айтылады. Сонымен қатар ауызыша сөз нормаларының бұқаралық ақпарат құралдары – радио, телевизия хабарлары тілінде ерекше орын алуы микрофон алдында диктордың сөзді қағаз бойынша нақпа-нақ, тақпа-тақ айтуымен байланысты екені атап көрсетілді. Сөздікте ауызыша сөзбен жазба сөздің салғастыру тәсілі арқылы олардың айырмасын айқындағаны айтылып, орфоэпиялық сөздік құрастырудың бірден-бір оңтайлы жолы деп бағаланады.

The questions, related to the norms of the oral speech codification in pronouncing dictionary are the one of the Orthologous Lexicography field, are examined in this article. The analysis of the first pronouncing dictionary is conducted, the greater attention in these dictionaries is spared to verbal orthography in traditional application, and the language norms of the oral speech remained without any attention. It is also marked that the norms of the oral speech occupy the special place in the language of media programs, such as radio and TV and it is related to that a speaker reads the text clearly from the paper. In the article the differences of the oral and writing language are also deduced by means of application of comparative method and it is estimated as one of optimal methods of the pronouncing dictionary making.

**ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА
(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,
«КРАЕВЕДЕНИЕ»)**

Редакционная коллегия журнала «Вестник ПГУ. Серия энергетическая» в своей работе придерживается международных стандартов по этике научных публикаций и учитывает информационные сайты авторитетных международных журналов.

Редакционная коллегия журнала, а также лица, участвующие в издательском процессе в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (использование недостоверных сведений, изготовление данных, плагиат и др.), обеспечения общественного признания научных достижений обязаны соблюдать этические нормы и стандарты, принятые международным сообществом и предпринимать все разумные меры для предотвращения таких нарушений.

Редакционная коллегия ни в коем случае не поощряет неправомерное поведение (плагиат, манипуляция, фальсификация) и приложить все силы для предотвращения наступления подобных случаев. В случае, если редакционной коллегии станет известно о любых неправомерных действиях в отношении опубликованной статьи в журнале или в случае отрицательного результата экспертизы редколлегий статья отклоняется от публикации.

Теруге 26.03.2020 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2020 ж. қол қойылды.
Пішімі 70x100 $\frac{1}{16}$, Кітап-журнал қағазы.
Шартты баспа табағы 29,1. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Тапсырыс № 3584

Сдано в набор 26.03.2020 г. Подписано в печать 31.03.2020 г.
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$. Бумага книжно-журнальная.
Усл. печ. л. 29,1. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Заказ № 3584

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
e-mail: kereku@psu.kz
www.vestnik.psu.kz