Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы

1997 жылдан бастап шығады

ВЕСТНИК Торайгыров университета

Энергетическая серия

Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2023)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО
о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж
выдано
Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан
Тематическая направленность
публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

https://10.48081/BNAS6555

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., профессор

Заместитель главного редактора Талипов О. М., *доктор PhD*
Ответственный секретарь Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н.,, доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *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 Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

МАЗМҰНЫ

Авдеев Л. А., Кашлев А. Р.
WiMAX көмегімен негізгі желдеткіш желдеткішін басқарудың автоматтандырылған басқару жүйесін әзірлеу.....12
Акаев А. М., Шарипов Р. Б. Исабеков Ж. Б., Исабекова Б. Б., Калтаев А. Г.
GOOSE хабарламаларын конфигурациялау, REF 615 және Sepam t62 смарт электрондық құрылғыларын goose протоколының шарттары бойынша функционалдық үйлесімділікке сынау 22
Алтыбаев А. Н., Қонысбаев Е. К., Ержігітов Е. С., Акишев К. М., Тулегулов А. Д.
Процесті басқарудың автоматтандырылған жүйесін практикалық іске асыру тыңайтқыштарды топыраққа.....36
Алимбекова Н. А., Мусетова Б. К., Жумадиллаева А. К.
Сұрыптау үшін пластикалық контейнерлердің классификация моделін жасау 48
Ануарбеков М. А., Айдымбаева Ж. А., Саракешова Н. Н.,
Эксперименттік стендтің сипаттамасы және синтетикалық газды жағуға арналған жанарғы құрылғының зерттеу нәтижелері 64
Булатбаева Ю. Ф., Косымбаев Р. Б.
Бірінші көтеру сорғы станцияларында жиілік түрлендіргішін қолдану тиімділігін зерттеу.....76
Баймаханова А. С., Беркимбаев К. М., Адалы Е., Искендірова Г. С.
Python бағдарламасында құжаттарды классификациялаудың жүзеге асырылуы және нәтижелердің бағалануы 87
Войткевич С. В., Казтаев Г. Ш.
Электр қосалқы станцияларын бақылау жүйелеріне арналған байланыс хаттамалары мен технологияларына шолу 99
Генбач А. А., Бондарцев Д. Ю., Генбач Н. А.
Энергия жабдықтарында жылу берудің қарқындылығына ауа үрлеуді зерттеуге арналған қондырғылар 111
Достияров А. М., Мақзұмова А. Қ. Верницкас П. А.,
Газ турбиналық қондырғының жану камерасының жану құрылғысы конструкциясының тиімділігін зерттеуде сандық модельдеуді қолдану 123
Исабеков Д. Д., Марковский В. П., Бобров В. Я., Исмухамбетов А. М. Джантимиров А. М.
Ресурс үнемдейтін максималды ток қорғанысы.....134
Искаков Р. М., Исенов С. С., Мергалимова А. К., Мамырбаева И. К., Ыбрай С.
Кептіру процесіне арналған жануар тексізіндегі азық орнының

термофизикалық қасиеттерін зерттеу 144
Касенова Л. Г., Есекеева М. Ж., Иманжанова К. Т. Сатаев Б. О.
Электростатика есептерін шешу әдістерінің
біріне негізделген өзаралық принципі 165
Кияткина В. Н., Аканова А. С., Бельдеубаева Ж. Т.
Қазіргі жағдайдағы оқу қызметін жоспарлау
технологиялары және уақытты басқару 180
Клецель М. Я., Машрапов Б. Е., Барукин А. С.
Ток трансформаторларын пайдаланбайтын қашықтықты қорғанысына
арналған өлшеу органдары 192
Қорабаев И. К., Таткеева Г. Г.
Жұмыс кезіндегі экскаваторда желілік оққау параметрлерін анықтау
үшін әзірлеген әдістемелікті апрабабациялау. 206
Қасым Р. Т., Тұрдыбек, Б. Жетписбаева А. Т.,
Ерденов А. Ж., Сериков Т. Г.
Кең жолақты сымсыз чипаралық байланыс арнасының параметрлерін
жақсарту үшін математикалық моделін құру 217
Мехтиев А. Д., Герасименко Т. С., Сарсикеев Е. Ж.
Магниттік өңдеуден кейін судың қаттылығының
өзгеруін зерттеу нәтижелері.....231
Нұрмағанбетова Г. С., Асаинов Ғ. Ж., Исаева Ж. Р.,
Нұрмағанбетова Ж. С
Қуаты 3÷315 кВт қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр
қозғалтқыштары үшін статор кедергісінің тәуелділік нәтижелері 242
Огаркова А. И., Титко Елена, Утегулов А. Б. , Кошкин И. В.,
Сапа В. Ю.
Оқшауланған бейтарап кернеуі 6 (10) – 35 кВ желілердегі зақымдану
орнын анықтау кезінде апаттық режимнің параметрлерін
және олардың өзара әрекеттесуін эмпирикалық зерттеулер 253
Олжабаева К. С., Расмухаметова А. С., Нахан С. Н. ,
Карманов А. Е., Абжекеева А. З.
Күн энергиясының коллекторының тиімділігі.....267
ОразоваД. К. , Лукпанов Р. Е., Тлеуленова Г. Т.,
Алтынбекова А. Д.
Қуаты 60 мвт шелек дәлізіндегі жел электр станциясының
(ЖЭС) аумағын зерттеу 276
Рахимбердинова Д. М., Новожилов А.Н., Колесников Е. Н.,
Новожилов Т. А.
Доғалық тұйықталу кезінде қысқа желідегі кедергілер
мен токтарды анықтау әдісін жетілдіру 287
Талипов С. Н.
Барлық таңбаларды толыққанды қолдай отырып,
ғылыми-практикалық есептерді шешу үшін
бағдарламалау тілін таңдау 300

Тоқтарова А. Б., Омаров Б. С., Ажибекова Ж. Ж., Мамиков С. А.
Онлайн контенттегі ғадауат сөздерді анықтауда
жасанды интеллектің маңызы.....309
Хабдуллин А. Б., Хабдуллина Г. А., Глущенко Т. И. ,
Тәңірберген А. Б., Жумадирова А. К.
Вакуумды динамикалық күшейткішті әзірлеу және зерттеу
газды бетон өндіруге арналған жылу элекр станция сының
қалқымалы күлінің түйіршікті құрамының талдауы 321
Шайхслам Т., Саканов Қ. Т.
Газды бетон өндіруге арналған жылу элекр станция сының қалқымалы
күлінің түйіршікті құрамының талдауы 334
Юсупова Ә. О., Потапенко А. О.
Өлшеу тізбегі элементтерінің конструкцияларын талдау 343
Ярославцев М. В. ,Талипов О. М., Кислов А. П.,
Андреева О. А., Анарбаев А. Е.
Қалалық электр көлігінің байланыс желілігінің бөлімдерінің
ұзындығын арту үшін энергия жүйесі параметрлерін анықтау.....357

Авторлар туралы ақпарат 369

Авторларға арналған ережелер.....397

Жарияланым этикасы.....409

СОДЕРЖАНИЕ

Авдеев Л. А., Кашлев А. Р.
Разработка автоматизированной системы контроля управления вентилятора главного проветривания с использованием WiMAX 12
Акаев А. М., Шарипов Р. Б., Исабеков Ж. Б. , Исабекова Б. Б., Калтаев А. Г.
Конфигурирование goose–сообщений, испытания интеллектуальных электронных устройств ref 615 и sepam t62 на функциональную совместимость по условиям протокола goose 22
Алтыбаев А. Н., Конысбаев Е. К., Ержигитов Е. С., Акишев К. М., Тулегулов А. Д.
Практическая реализация автоматизированной системы управления процессом Подпочвенного внесения удобрений 36
Алимбекова Н. А., Мусетова Б. К., Жумадиллаева А. К.
Разработка модели классификации пластиковых контейнеров для дальнейшей сортировки.....48
Ануарбеков М. А., Айдымбаева Ж. А., Саракешова Н. Н.,
Описание экспериментального стенда и результаты исследования горелочного устройства для сжигания синтетического газа.....61
Булатбаева Ю. Ф., Косымбаев Р. Б.
Исследование эффективности применения преобразователя частоты на насосных станциях первого подъема.....76
Баймаханова А. С., Беркимбаев К. М., Адалы Е., Искендирова Г. С.
Внедрение классификации документов в python и оценка результатов 87
Войткевич С. В., Казтаев Г. Ш.
Обзор коммуникационных протоколов и технологий для систем мониторинга электрических подстанций.....99
Генбач А. А., Бондарцев Д. Ю., Генбач Н. А.
Установки для исследования вдува воздуха на интенсивность теплопередачи в энергооборудовании 111
Достияров А. М., Макзумова А. К., Верницкас П. А.
Применение численного моделирования при исследовании эффективности конструкции горелочного устройства КС ГТУ.....123
Исабеков Д. Д., Марковский В. П., Бобров В. Я., Исмухамбетов А. М., Джантимиров А. М.
Ресурсосберегающая максимальная токовая защита.....134
Искаков Р. М., Исенов С. С., Мергалимова А. К., Мамырбаева И. К., Ыбрай С.
Исследование теплофизических свойств кормовой муки животного

исхождения и шквары для проведения процесса сушки 144
Касенова Л. Г., Есекеева М. Ж., Иманжанова К. Т., Сатаев Б. О.
Принцип взаимности в основе одного из методов решения задач по электростатике 165
Кияткина В. Н., Аканова А. С., Бельдеубаева Ж. Т.
Планирования и тайм-менеджмент учебной деятельности в современных приложениях.....180
Клецель М. Я., Машрапов Б. Е., Барукин А. С.
Измерительные органы для дистанционной защиты, не использующей трансформаторы тока.....192
Курабаев И. К., Таткеева Г. Г.
Апробация разработанного метода определения параметров изоляции сети на действующем экскаваторе 206
Қасым Р. Т., Тұрдыбек Б., Жетписбаева А. Т., Ерденов А. Ж., Сериков Т. Г.
Создание математической модели для улучшения параметров широкополосного беспроводного межчипового канала связи 217
Мехтиев А. Д., Герасименко Т. С. , Сарсикеев Е. Ж.
Результаты исследования изменения жесткости воды после ее магнитной обработки 231
Нурмаганбетова Г. С., Асаинов Ғ. Ж., Исаева Ж. Р., Нурмаганбетова Ж. С.
Результаты зависимостей сопротивления статора для асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором мощностью 3÷315 квт 242
Огаркова А. И., Елена Титко, А. Б. Утегулов, Кошкин И. В., Сапа В. Ю.
Эмпирические исследования параметров аварийного режима и их взаимодействия при определении места повреждения в сетях с изолированной нейтралью напряжением 6(10) – 35кВ.....253
Олжабаева К. С., Расмухаметова А. С., Нахан С. Н., Карманов А. Е., Абжекеева А. З.
Эффективность коллектора солнечной энергии.....267
Оразова Д. К., Лукпанов Р. Е., Тлеуленова Г. Т., Алтынбекова А.Д. ,
Исследования территории ветровой электрической станции (ВЭС) в шелекском коридоре мощностью 60 мвт 276
Рахимбердинова Д. М., Новожилов А. Н. , Колесников Е. Н., Новожилов Т. А.
Совершенствование метода определения сопротивлений и токов в короткой сети при дуговых замыканиях.....287
Талипов Н.
Выбор языка программирования для решения научно-практических задач с полноценной поддержкой всех символов 300

Токтарова А. Б., Омаров Б. С., Ажибекова Ж. Ж., Мамиков С. А.
Важность искусственного интеллекта для идентификации
оскорбительных слов в онлайн-контенте 309
Хабдуллин, А. Б., Хабдуллина Г. А., Глущенко Т. И.,
Тәңірберген А. Б., Жумадирова А. К.
Разработка и исследование вакуумно-динамического
усилителя мощности 321
Шайхслам Т., Саканов К. Т.
Анализ зернового состава ценосферы плавающих зол тепловых
электростанций для производства газобетона 334
Юсупова А. О., Потапенко А. О.
Анализ конструкций элементов измерительной цепи 343
Ярославцев М. В., ТалиповО. М., Кислов А. П., Андреева О. А.,
Анарбаев А. Е.
Определение параметров накопителя энергии для повышения
протяженности секций контактной сети
городского электрического транспорта 357

Сведения об авторах.....369

Правила для авторов 397

Публикационная этика 409

CONTENT

Avdeev L. A., Kashlev A. R.
Development of an automated control system for the main
ventilation fan control using WiMAX.....12
Akaev A. M. , Sharipov R. B., Issabekov Z. B., Issabekova B. B.,
Kaltayev A. G.
Configuration of GOOSE messages, testing of intelligent electronic devices
REF 615 and sepam t62 for functional compatibility under
the terms of the GOOSE protocol.....22
Altybaev A. N., Konysbaev E. K., Yerzhigitov E. S.,
Akishev K. M., Tulegulov A. D.
Practical implementation of an automated process
control system subsurface fertilization.....36
Alimbekova N., Musetova B., Zhumadillayeva A.,
Development of a classification model
for plastic containers for further sorting 48
Anuarbekov M. A., Aydimbayeva Zh. A., Sarakeshova N. N.
Description of the experimental stand and the results of the study
of the burner device for burning synthetic gas.....61
BulatbaevaYu. F., Kosymbaev R. B.
Investigation of the effectiveness of using a frequency converter
at pumping stations of the first lift.....76
Baimakhanova A. S. , Berkimbayev K. M.,
Eşref Adalı, Iskendirova G. S.
Implementing document classification
in python and evaluating results.....87
Voitkevich S. V., Kaztayev G. Sh.
A review of communication protocols and technologies
for monitoring systems of electrical substations.....99
Genbach A. A, Bondartsev D. Yu. , Genbach N. A.
Installations for air injection study in the heat transfer intensity
in power equipment 111
Dostiyarov A. M., Makzumova A. K., Vernitskas P. A.,
Application of numerical modeling in studying the efficiency
of the design of the burner device of the combustion chamber
of a gaz turbine installation.....123
Issabekov D. D., Markovskiy V. P., Bobrov V. Ya.,
Ismukhambetov A. M., Jantimirov A. M.
Resource-saving maximum current protection.....134
Iskakov R. M., Issenov S. S. I., Mergalimova A. K.,
Mamyrbayeva I. K., Ybrai S.
Study of the thermophysical properties of feed meal of animal origin

and greaves for the drying process 144
Kassenova L. G., Yessekeeva M. Zh., Imanzhanova K. T., Satayev B. O.
The principle of reciprocity is the basis of one of the methods for solving
problems in electrostatics 165
KiyatkinaV. N. , Akanova A. S., Beldeubayeva Z. T.
Technologies of planning and time management
of educational activities in modern conditions 180
Kletsel M. Ya., Mashrapov B. E., Barukin A. S.
Measuring devices for remote protection
not using current transformers.....192
Kurabayev I. K., Tatkeyeva G. G.
Approbation of the developed method for determining network insulation
parameters on an operating excavator.....206
Kasym R. T., Turdybek B. , Zhetpisbaeva A. T.,
Erdenov A. Zh., Serikov T. G.
Creation of a mathematical model to improve the parameters
of a broadband wireless interchip communication channel 217
Mekhtiev A. D., Gerasimenko T. S., Sarsikeev E. Zh.
Results of the study of changes in water hardness
after its magnetic treatment 231
Nurmaganbetova G. S., Assainov G. Z.
Results of dependences of stator resistance for asynchronous
electric motors with a closed-loop rotor With a power of 3÷315 kw.....242
Ogarkova A. I., Titko Jelena Utegulov A. B., Koshkin I. V.,
Sapa V. Yu
Empirical studies of emergency mode parameters and their interaction
in determining the fault location in networks with an isolated
neutral voltage of 6(10) - 35 kV 253
Olzhabayeva K. S., Rasmukhametova A. S., Nahan S. N.,
Karmanov A. E., Abzhekeyeva A. Z.
Solar energy collector efficiency.....267
Orazova D. K., Lukpanov R. E., Tleulenova G. T.,
Altynbekova A. D.
Research of the territory of a wind power plant (wpp) in the shelek
corridor with a capacity of 60 mW 276
Rakhimberdinova D. M., Novozhilov A. N. , Kolesnikov E. N.,
Novozhilov T.A.
Improvement of the method for determining resistances
and currents in a short network during ARC closures 287
Talipov S. N.
Choosing a programming language for solving scientific
and practical problems with full support of all symbols.....300

Toktarova A. B., Omarov B. S., Azhibekova Zh. Zh., Mamikov S. A.
The importance of artificial intelligence in identifying
offensive words in online content 309
Khabdullin A. B. , Khabdullina G. A. , Gluchshenko T. I.,
Tangirbergen A. B. , Zhumadirova A. K.
Shaikhslam T., Sakanov K. T.
Development and research of a vacuum dynamic power amplifier 321
Shaikhslam T., Sakanov K. T.
Analysis of the grain composition of the cenosphere
of floating ash of thermal power plants for the production
of gas concrete 334
Yussupova A. O., Potapenko A. O.,
Analysis of the structures of the elements of the measuring circuit.....343
Yaroslavtsev M. V., Talipov O. M. Kislov A. P. Andreyeva O. A.,
Anarbayev A. Ye.
Calculation of parameters of energy storage
f0or increasing traction network section length at city electric transit.....357

Information about the authors.....369

Rules for authors 397

Publication ethics.....409

МРНТИ 50.47.29

doi.org/10.48081/RITN2019

***Л. А. Авдеев[1], А. Р. Кашлев[2]**
[1,2]Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Республика Казахстан, г. Караганда
email: avdeev@kstu.kz

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯТОРА ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WIMAX

Для горнодобывающей отрасли характерны пути поиска новых решений для повышения эффективности работы автоматизации с помощью внедряемых инноваций в производство. Высокий уровень производства достигается автоматизированным управлением, которым в той или иной степени охвачены все основные и вспомогательные процессы. В настоящее время разрабатывается множество технологий, делающих данную отрасль более эффективной в плане добычи и производства, а также более безопасной.

В статье рассматривается автоматизированная система управления и контроля ВГП на шахтах и производится анализ и подбор беспроводной системы WiMAX. Основная цель – это использование беспроводного канала связи как альтернативу проводному, при построении соединения между шкафом главного управления и пунктом управления диспетчера на шахте в составе автоматизированной системы управления.

Сформированы требования к автоматизации контроля ВГП с использованием беспроводного канала связи – WiMAX. Выработаны требования к оборудованию связи и его размещению. Разработана визуализация работы локальной сети с использованием протокола STP для создания резервного канала связи.

Результатом этой статьи будет структурная схема локальной сети подключения к пульту дистанционного управления по беспроводной сети с использованием технологии WiMAX.

Ключевые слова: вентилятор главного проветривания, беспроводной канал, управление, WiMAX, автоматизация, модель, системы управления, протокол STP.

Введение

Автоматизированное централизованное управление процессами вентилятора главного проветривания (ВГП) повсеместно внедряется в горнодобывающей и различных отраслях промышленности. Данный тип управления предотвращает возникновения технологических пауз в работе системы проветривании шахты, которые могут привести к остановке горнодобывающей деятельности под землей. В основе централизации управления стоит обеспечение надежной работы без постоянного присутствия обслуживающего персонала при наличии нескольких видов управления. Системы автоматизации главного вентилятора шахты необходимы по нескольким причинам:

безопасность: вентиляция является важнейшим аспектом горных работ, поскольку помогает обеспечить безопасность дыхания подземным воздухом и снижает риск накопления вредных газов и пыли;

мониторинг в режиме реального времени для оперативного выявления любых проблем и при необходимости принятия корректирующих действий;

сбор и анализ данных: автоматизированная система может собирать данные о производительности вентилятора, его основные параметры, которые можно использовать для улучшения работы и определения областей для оптимизации.

С учетом вышесказанного и информации из [1,2], система управления и контроля ВГП должна предусматривать – разновидность методов управления и контроля; подачу световых и звуковых предупредительных сигналов; аварийное отключение и остановку вентилятора обслуживающим персоналом из машинного зала при любом виде управления; необходимые меры блокировок и защиты [3]. Таким образом, совершенствование систем автоматизации может повысить производительность и безопасность системы, что на шахтах является главным фактором.

Материалы и методы

Система контроля и управления в большинстве случае использует физические каналы для передачи информации между своими компонентами. Введение беспроводного способа передачи данных может облегчить затратности прокладывания кабеля в труднодоступных местах и исключить физическое воздействие на канал связи и осуществить подключение резервного канала связи. Повреждение кабеля приводит к возникновению риска обрыва канала, с последующим его восстановлением, что является

затратным по времени и средствам, что в условиях функционирования ВГП недопустимо. Беспроводная система не подвержена такому типу физического воздействия и исправление данного недостатка является развертывание беспроводной локальной сети (WLAN).

Структурная схема автоматизированной системы контроля управления вентилятора главного проветривания на базе САУК ВГП приведена на рисунке 1. В схеме управление происходит через шкаф управления главный (ШУГ), который получает и передает технологические команды управления на шкафы управления локальные (ШУЛ), которые связаны с отдельным вентилятором. Размещение беспроводного канала связи будет производиться между шкафом управления главного до пункта управления горного диспетчера, где из-за большого расстояния между объектами кабель более подвергнут физическому воздействию.

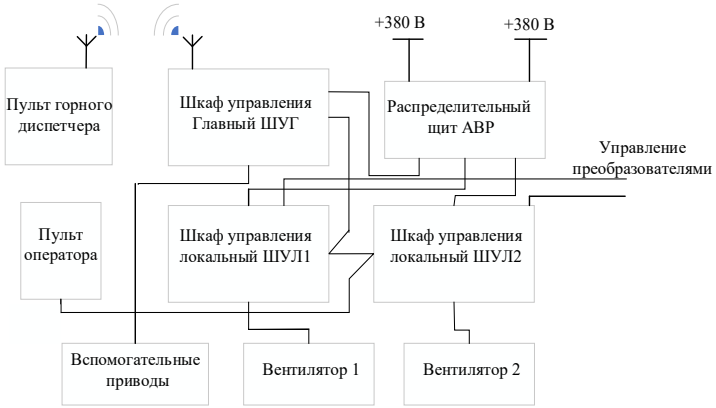


Рисунок 1 – Структурная схема системы автоматизированного управления и контроля на базе САУК ВГП

Для организации сети выбрана внешняя точка доступа по технологии WiMAX, предназначенная для установки на улице. Данная технология может обеспечить покрытие в диапазоне от нескольких до десятков километров, в зависимости от используемой полосы частоты, мощности передатчика, типа используемых антенн и среды, в которой она развернута [4].

Результаты и обсуждение

Передача данных будет происходить на расстоянии 5–10 километров, что является дистанцией между шкафом управления главного до пункта управления горного диспетчера. Для передачи сигнала по технологии

WiMAX используем метод точка-точка (PtP), когда антенны направлены максимально точно друг на друга для передачи данных между без участия других устройств или точек доступа. Для визуального проектирования сети используется программа Microsoft Visio (рисунок 2).

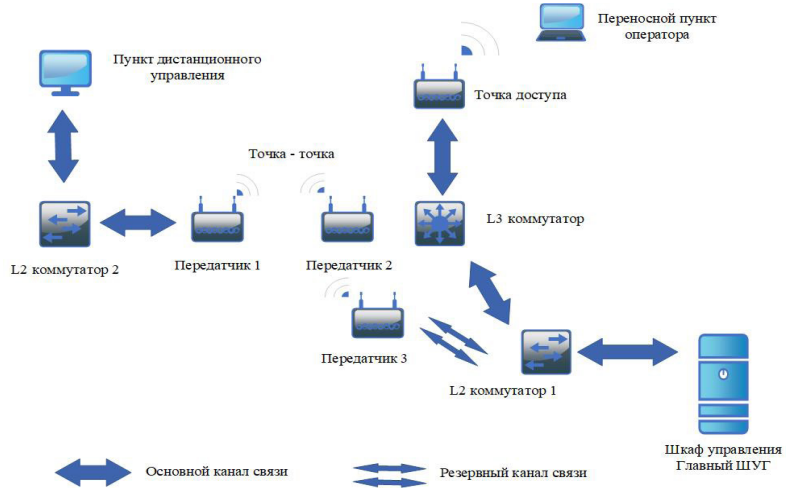


Рисунок 2 – Структурная схема сети подключения к пульту дистанционного управления

Для соединения двух антенн используется технология беспроводного моста, главным условием работы которого – прямая видимость между двумя объектами. Радиомосты с помощью технологии WiMAX подключаются между собой с помощью двух коммутаторов уровня L2, одного уровня L3 и настроенных статических IP-адресах в одной сети [5].

Организация представленной беспроводной сети подразумевает реализацию избыточности – установку моста в соединение точка-точка с использованием двух базовых станций (БС), где беспроводное соединение между передатчиком 1 и 2 является – основным каналом, а между 1 и 3 передатчиком – резервным, для реализации работоспособности системы в случае сбоя. В структуре моста настройки точек, передающих и получающих сигналы – аналогичны [6].

Дополнительно устанавливается всенаправленная точка доступа для передачи сигнала от шкафа ШУГ для переносного пункта оператора – ноутбука, или установленного по заказу предприятия компьютера для снятия показателей контроля ВГП. Для этого настраивается на L3 коммутаторе дополнительная подсеть с помощью протоколов маршрутизации, или

настраиваются статические маршруты для доступа к главной подсети. Эти методы можно использовать для назначения IP-адреса беспроводному мосту.

Для передачи сигнала используются высокопроизводительные антенны на нескольких частотах – 2.4 ГГц – 6 ГГц. Для обеспечения устойчивой работы сигнала, используется канал UNII-3-5 ГГц на частоте 5 ГГц – максимально удаленный от чужих беспроводных сетей, поскольку 2.4 ГГЦ не рекомендуется из-за пересечения беспроводных каналов. Это соответствует стандарту 802.11ac и обеспечивает скорость передачи данных от 433 Мбит/с в зависимости от характеристик антенны [7].

Факторы скорости передачи данных включают – полосу пропускания, линию прямой видимости, тип антенны, длину антенного кабеля и устройство, принимающее передачу. Помехи могут исходить из ряда источников, включая телефоны с частотой 2,4 ГГц, беспроводное оборудование, произведенное другими компаниями. Развертывание беспроводного сетевого оборудования необходимо проводить на высоте, для получения прямой видимости приёмника и для исключения негативного влияния на мощность WiMAX передатчика, поэтому рекомендуется делать монтаж на некотором расстоянии от металлических конструкций. Антенны, которые подключаются к мосту, нуждаются не только в визуальной прямой видимости, но и в радио прямой видимости [8].

Построение сети с использованием технологии WiMAX требует наличие точек доступа:

А. Для направленного сигнала. Точка доступа должна работать в частотном диапазоне от 5 ГГц, и предназначена для создания сетей – точка-точка. Направленность антенны – узконаправленная или секторная. Скорость передачи – 500 Мб/с. Дальность действия антенны 20 км. Присутствие настройки ширины канала 10–50 МГц, поддерживание приема и передачи данных на разных частотах.

В. Для секторного или всенаправленного сигнала. Главный фактор для выбора оборудования данного типа является работа на частоте 5 ГГц и дальностью покрытия сигнала – 500 метров для секторного или 100 для всенаправленного. Для увеличения дальности работы антенны используются повторители сигнала. Наличия стандарта WiFi 5 (802.11ac). Присутствие настройки ширины канала 10–50 МГц.

Для безопасного подключения, предотвращения несанкционированного доступа и защиты конфиденциальных данных с помощью мостов должна поддерживаться эквивалентная конфиденциальность проводных сетей (WEP). Методы шифрования, такие как AES - протокол целостности временного ключа (TKIP), протокол целостности ключа Cisco (CKIP) или проверка целостности сообщений Cisco (CMIC) с WPA в дополнение к динамическому WEP с 802.1x.

Динамические ключи WEP более безопасны, поскольку динамические ключи WEP часто меняются, их труднее взломать [9].

Для организации бесперебойной сети, а именно предотвращения широковещательного шторма и дублирования пакетов между коммутаторами используется протокол STP [10]. Это происходит путем автоматической блокировки портов, которые в настоящее время не нужны для полноценного подключения. Для представления работы процесса передачи сигнала в локальной сети будет использоваться программа Cisco Packet Tracer (рисунок 3).

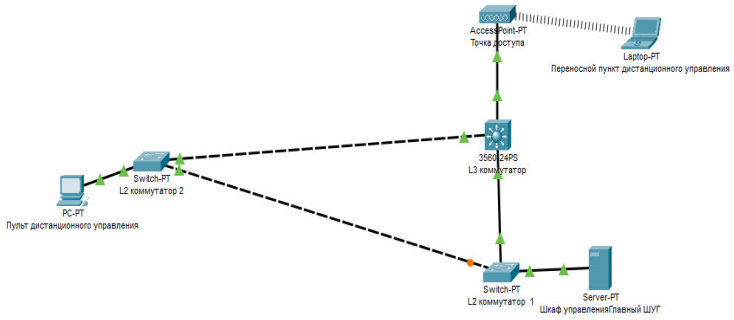


Рисунок 3 – Схема работа протокола STP в программе Cisco Packet Tracer

Протокол STP блокирует один порт(красный порт), тем самым образовывая между L2 коммутаторами разрыв. Это необходимо для создания резервного канала, когда первый мост работает, а второй находится в ожидании. Он начинает работать в том случае, когда передача основного канала прерывается. Для этого выбирается корневой мост – L3 коммутатор, после определяются корневые порты на остальных коммутаторах и блокируется порт на первом L2 коммутаторе для остановки передачи данных. В такой локальной сети будет реализована полностью оптимизированная версия протокола связующего дерева. При отключении одного из портов при передаче сигнала между вторым L2 и L3 коммутаторами, корневой мост активирует заблокированный порт на первом L2 коммутаторе, и передача осуществляется через него.

Выводы

В целом, адаптация беспроводной системы вместо проводной может дать несколько преимуществ, включая большую гибкость и удобство, более

простую установку и снижение затрат. Кроме того, основное преимущество беспроводных линий связи – возможность передавать информацию от точки к точке без проводов, создавая дополнительно резервный канал связи. Поэтому разработка и внедрение беспроводных каналов связи обеспечит надежную и эффективную связь. Однако при переключении на другой канал передачи данных, необходимо учитывать несколько факторов, в том числе расстояние и физические препятствия между устройствами, возможные помехи от других беспроводных устройств или сетей, а также соображения безопасности.

Таким образом, переход от проводного способа передачи данных положительно влияет на безопасность передачи данных и является более надежным в использовании. Особое внимание нужно обратить на выбор оборудования для беспроводной связи, ведь от его мощности и пропускной способности зависит стабильная и безопасная передача данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Фешин, Б. Н.** Системы управления и контроля автоматизированных технологических комплексов : Учебное пособие. Часть 1 / Карагандинский государственный технический университет. – Караганда : Изд - во КарГТУ, 2016. – 103 с.

2 **Фешин, Б. Н.** Системы управления и контроля автоматизированных технологических комплексов : Учебное пособие. Часть 2 / Карагандинский государственный технический университет. – Караганда : Изд - во КарГТУ, 2016. – 112с.

3 Об утверждении Правил обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов угольных шахт : Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 351. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан. – 2015, 13 фев. – № 10255.

4 **Вишневский, В., Портной, С., Шахнович, И.** Энциклопедия WiMax. Путь 4G. – М. : Техносфера, 2009. – 472 с. – ISBN 978-5-94836-223-6.

5 **Шимбирёв, А. А., Тетеревлева, Ев. К., Тетеревлева, Ек. К.** Курс лекций «Компьютерные сети». – МПТ РГТЭУ, 2013.

6 **Одом, У.** Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCENT, CCNA. – М. [и др.] : Вильямс, 2015. – 912 с.

7 **Geier, James, T.** Designing and deploying 802.11 wireless networks : a practical guide to implementing 802.11n and 802.11ac wireless networks for enterprise-based applications. – Indianapolis : Cisco Press, 2015. – 480 p.

8 **Ерохин, Г. А., Чернов, О. В., Козырев, Н. Д., Кочержевский, В. Д.** Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. – М. : Горячая линия. – Телеком, 2007. – 496 с.

9 **Куроуз, Д.; Росс, К.** *Компьютерные сети. Нисходящий подход*'. – М. : Эксмо, 2016 – ISBN : 978-5699-78090-7.

10 **Steward, B.** CCNP TSHOOT 642– 832 Quick Reference. – Cisco Press, 2010. – ISBN 1-58714-012-8.

REFERENCES

1 **Feshin, B. N.** Sistemy upravleniya i kontrolya avtomatizirovannykh tekhnologicheskikh kompleksov : Uchebnoye posobiye. Chast' 1 [Management and control systems for automated technological complexes : Textbook. Part 1]. Karaganda State Technical University. – Karaganda : Publishing house of KSTU, 2016. – 103 p.

2 **Feshin, B. N.** Sistemy upravleniya i kontrolya avtomatizirovannykh tekhnologicheskikh kompleksov : Uchebnoye posobiye. Chast' 2 [Management and control systems for automated technological complexes : Textbook. Part 2]. Karaganda State Technical University. – Karaganda : Publishing house of KSTU, 2016. – 112 p.

3 Ob utverzhdenii Pravil obespecheniya promyshlennoy bezopasnosti dlya opasnykh proizvodstvennykh ob"yektov ugol'nykh shakht: Prikaz Ministra po investitsiyam i razvitiyu Respubliki Kazakhstan ot 30 dekabrya 2014 goda № 351. [On approval of the Rules for ensuring industrial safety for hazardous production facilities of coal mines : Order of the Minister for Investment and Development of the Republic of Kazakhstan dated December 30, 2014 No. 351.] Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan. – 2015. – 13 Feb. – No. 10255.

4 **Vishnevsky, V., Portnoy, S., Shakhnovich, I.** Entsiklopediya WiMax. Put' 4G [WiMax Encyclopedia. The 4G way]. – Moscow : Technosphere, 2009. – 472 P. – ISBN 978-5-94836-223-6.

5 **Shimbirev, A. A., Teterevleva, Ev. K., Teterevleva, Ek. K**. Kurs lektsiy «Komp'yuternyye seti» [Course of lectures «Computer networks»]. – MPT RGTEU, 2013.

6 **Odom, W.** Ofitsial'noye rukovodstvo Cisco po podgotovke k sertifikatsionnym ekzamenam CCENT, CCNA [Official Cisco Guide to Preparing for CCENT, CCNA Certification Exams]. – Moscow [and others] : Williams, 2015. – 912 p.

7 Geier, James, T. Designing and deploying 802.11 wireless networks : a practical guide to implementing 802.11n and 802.11ac wireless networks for enterprise-based applications. – Indianapolis : Cisco Press – 2015. – 480 p.

8 **Erokhin, G. A., Chernov, O. V., Kozyrev, N. D., Kocherzhevsky, V. D.** Antenno-fidernyye ustroystva i rasprostraneniye radiovoln [Antenna - feeder devices and radio wave propagation.] – Moscow : Hotline – Telecom, 2007. – 496 p.

9 **Kurose, D.; Ross, K.** Komp'yuternyye seti. Niskhodyashchiy podkhod' [Computer networks. Top-down approach'] – Moscow : Eksmo. – 2016 – ISBN : 978-5-699-78090-7.

10 **Steward, B.** CCNP TSHOOT 642–832 Quick Reference. – Cisco Press, 2010. – ISBN 1-58714-012-8

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**Л. А. Авдеев[1], А. Р. Кашлев[2]*
[1,2]Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

WIMAX КӨМЕГІМЕН НЕГІЗГІ ЖЕЛДЕТКІШ ЖЕЛДЕТКІШІН БАСҚАРУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Тау-кен өнеркәсібі өндіріске енгізілген инновациялар арқылы автоматтандырудың тиімділігін арттырудың жаңа шешімдерін табу жолдарымен сипатталады. Өндірістің жоғары деңгейіне автоматтандырылған басқару арқылы қол жеткізіледі, ол белгілі бір дәрежеде барлық негізгі және қосалқы процестерді қамтиды. Қазіргі уақытта өндірісті өндіру және өндіру тұрғысынан тиімдірек, сонымен қатар қауіпсіз ету үшін көптеген технологиялар әзірленуде.

Мақалада шахталардағы VGP үшін автоматтандырылған басқару және бақылау жүйесі талқыланады және WiMAX сымсыз жүйесі талданады және таңдалады. Басты мақсат – автоматтандырылған басқару жүйесінің бөлігі ретінде шахтадағы бас басқару шкафы мен диспетчерлік басқару бөлмесі арасындағы байланысты құру кезінде сымды байланыс арнасына балама ретінде сымсыз байланыс арнасын пайдалану.

Сымсыз байланыс арнасы – WiMAX көмегімен VGP басқаруын автоматтандыруға қойылатын талаптар. Байланыс жабдығына және оны орналастыруға қойылатын талаптар әзірленді. Байланыстың резервтік арнасын құру үшін STP хаттамасы арқылы жергілікті желі жұмысының визуализациясы әзірленді.

Осы мақаланың нәтижесі WiMAX технологиясын пайдаланып сымсыз желі арқылы қашықтан басқару құралына қосылатын жергілікті желінің блок-схемасы болады.

Кілтті сөздер: негізгі желдеткіш, сымсыз арна, басқару, WiMAX, автоматика, модель, басқару жүйелері, STP хаттамасы.

**L. A. Avdeev[1], A. R. Kashlev[2]*
[1,2]Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov
Republic of Kazakhstan, Karaganda
Material received on 13.03.23

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE MAIN VENTILATION FAN CONTROL USING WIMAX

The mining industry is characterized by ways to find new solutions to improve the efficiency of automation through innovations introduced into production. A high level of production is achieved by automated control, which, to one degree or another, covers all the main and auxiliary processes. Many technologies are currently being developed to make the industry more efficient in terms of extraction and production, as well as safer.

The article discusses the automated control and monitoring system for VGP in mines and analyzes and selects a WiMAX wireless system. The main goal is to use a wireless communication channel as an alternative to a wired one when building a connection between the main control cabinet and the dispatcher's control room at the mine as part of an automated control system.

The requirements for the automation of VGP control using a wireless communication channel – WiMAX. Requirements for communication equipment and its placement have been developed. A visualization of the local network operation using the STP protocol has been developed to create a backup communication channel.

The result of this article will be a block diagram of a local area network connecting to a remote control over a wireless network using WiMAX technology.

Keywords: main ventilation fan, wireless channel, control, WiMAX, automation, model, control systems, STP protocol.

МРНТИ 44.29.33

doi.org/10.48081/YGJL1368

А. М. Акаев[1], Р. Б. Шарипов[2], Ж. Б. Исабеков[2], Б. Б. Исабекова[2]., А. Г. Калтаев[2]

[1]Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева. Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск;
[2]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

КОНФИГУРИРОВАНИЕ GOOSE–СООБЩЕНИЙ, ИСПЫТАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ REF 615 И SEPAM T62 НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ ПО УСЛОВИЯМ ПРОТОКОЛА GOOSE

Многие организаций вынуждены использовать мероприятия модернизации участков подстанции в связи с непригодностью морально и физический устаревшего оборудования, на примере распределительной подстанции 6 кВ РП-140 ТОО «ПНХЗ». Для целей диспетчеризации и внедрения автоматизированной системы диспетчерского управления электроснабжением с возможностью дистанционного управления выключателями с АРМ начальника смены цеха электроснабжения на ячейках вводов и секционного выключателя были установлены интеллектуальные электронные устройства REF-615, а также замена электромеханических реле на микропроцессорные защиты, ИЭУ Sepat серии 60.

В статье рассмотрен вопрос проверки совместимости работы ИЭУ REF-615 и Sepat 60 в части взаимодействия по протоколу GOOSE. Так как совместимость устройств РЗА разных производителей на цифровой подстанции теоретически должно обеспечивать соответствие их технических характеристик требованиям стандарта МЭК 61850, но на практике положения стандарта часто трактуются вендорами по-разному, что служит причиной несовместимости устройств в информационной среде цифровой подстанции. Показаны настройки передачи GOOSE-сообщений между устройствами разных производителей. Выяснили что, необходимо использовать не менее двух программных инструментов в работе, что в свою очередь усложняет процесс конфигурирования сообщений GOOSE, что сказывается на время ввода оборудования в работу. Необходимы специалисты с более высокой квалификацией и опытом работы с устройствами разных производителей. Испытания показали полную совместимость REF-615 и SEPAM T62 в части обмена дискретными сигналами по средствам GOOSE – сообщений.

Ключевые слова: конфигурирование Goose-сообщений, интеллектуальные электронные устройства, REF 615, SEPAM, протокол Goose, цифровые подстанции.

Введение

В современных рыночных условиях, законе о закупках и проведение тендеров, инженерам эксплуатирующей организации сложно выбрать устройства релейной защиты одного производителя [1–3], поэтому часто в электроустановках монтируются и затем эксплуатируются устройства разных производителей, даже в пределах одного распредустройства. Ставились разные задачи в зависимости от целей проводилась поэтапная модернизация распределительной подстанции 6 кВ РП-140 ТОО «ПНХЗ». Для целей диспетчеризации и внедрением автматизированной системы диспетчерского управления электроснабжением (АСДУ ЭС) с возможностью дистанционного управления выключателями с АРМ начальника смена цеха электроснабжения на ячейках вводов и секционного выключателя были установлены интеллектуальные электронные устройства (ИЭУ) REF-615 [4–5]. Следующим этапом, уже для других целей, замена морально и физический устаревшего оборудования, на отходящих фидерах была произведена модернизация релейной защиты, замена электромеханических реле на микропроцессорные защиты, ИЭУ Sepam серии 60.

В связи с вышеуказанными обстаятельствами возникла необходимость проверки совместимости работы ИЭУ REF-615 и Sepam 60 в части взамодействия по протоколу GOOSE. Протокол GOOSE, описанный главой МЭК 61850-8-1 [6–7], является одним из наиболее широко известных протоколов, предусмотренных стандартом МЭК 61850. Дословно расшифровку аббревиатуры GOOSE это Generic Object-Oriented Substation Event, можно перевести как «общее объектно-ориентированное событие на подстанции». Протокол GOOSE осуществляет передачу данных по технологии «издатель–подписчик» без подтверждения приема данных. Обеспечение функциональной совместимости интеллектуальных устройств различных

производителей это один из основных принципов, заложенных в стандарт МЭК 61850 [8–10]. Совместимость устройств РЗА разных производителей на цифровой подстанции теоретически должно обеспечивать соответствие их технических характеристик требованиям стандарта МЭК 61850. Однако на практике положения стандарта часто трактуются вендорами по-разному, что служит причиной несовместимости устройств в информационной среде цифровой подстанции.

Материалы и методы

Для проверки совместимости по протоколу GOOSE, подключил два ИЭУ друг к другу, посредством интерфейса Ethernet. Чтобы сконфигурировать GOOSE-сообщения между ИЭУ разных производителей, в частности REF-615 и Sepam T62, необходимо использовать программное обеспечение для указанных устройств. Для конфигурирования REF-615 использовалось программа PCM600 (программный инструмент устройств (ИЭУ) защиты и управления линейки Relion® компании АББ, отвечающий требованиям стандарта МЭК 61850), а для SEPAM T62 потребовалось использовать программу CET800 (CET850 это конфигуратор IEC 61850 Edition 1 и 2, связанный с устройствами Sepam/Easergy P3 и P5 /ION7x50/ION8650), так же для назначения в матрице конфигурации GOOSE-сообщений определенным светодиодам необходимо использовать программный инструмент SFT2841.

Изучив возможности вышеуказанных программных инструментов, обойтись использованием только программой одного конкретного производителя не представляется возможности.

Протокол GOOSE как сервис, предназначенный для обмена сигналами между устройствами РЗА в цифровом виде. По своему назначению GOOSE–сообщение призвано заменить передачу дискретных сигналов по сети оперативного тока.

Сперва в инструменте CET850 создали cid файл под названием TP, после создания и конфигурирования файла (рисунок 1), IP адрес у каждого устройства в проекте должен быть индивидуален. В дальнейшем этот файл сохраняется и затем импортируется в программу PCM600 для настройки обмена сигналами между REF-615 и SEPAM T62.

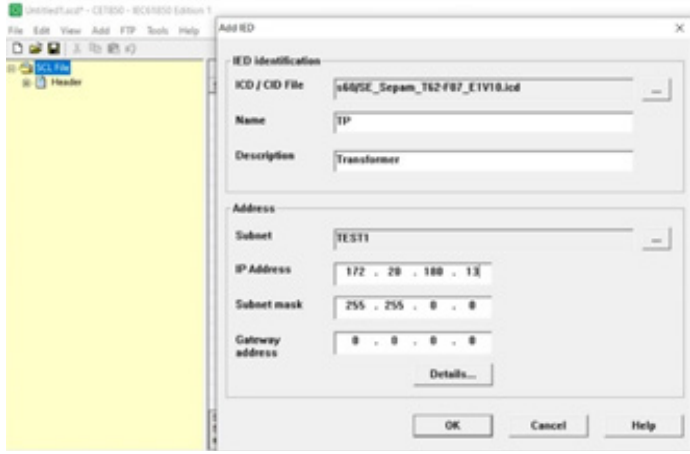


Рисунок 1 – Добавление ИЭУ Sepam в проект

Перед экспортом файла, необходимо добавить сигнал «LD0.CSWI1.pos» (рисунок 2), который привязан к физическому дискретному входу I101 SEPAM T62. На который подадим сигнал для срабатывания входа.

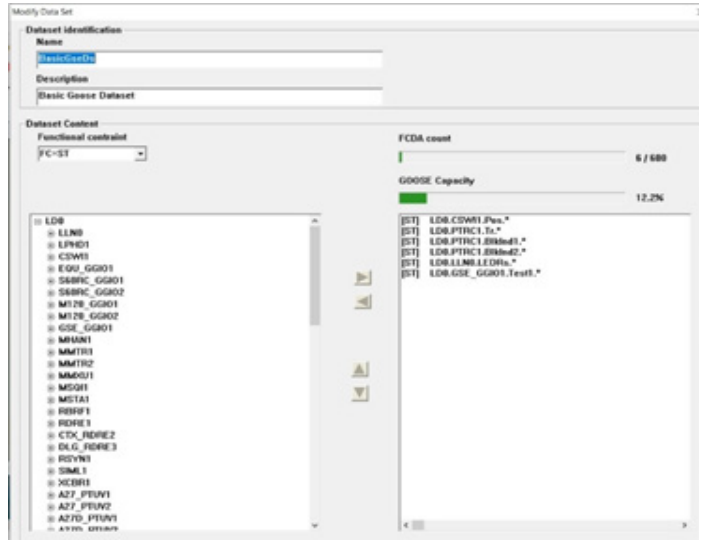


Рисунок 2 - Выбор сигнала «LD0.CSWI.Pos»

В PCM600, чтобы добавить устройство стороннего производителя в проект, необходимо выбрать общее ИЭУ МЭК61850 (рисунок 3). Затем импортируем раннее созданный файл TP.cid в добавленное общее ИЭУ.

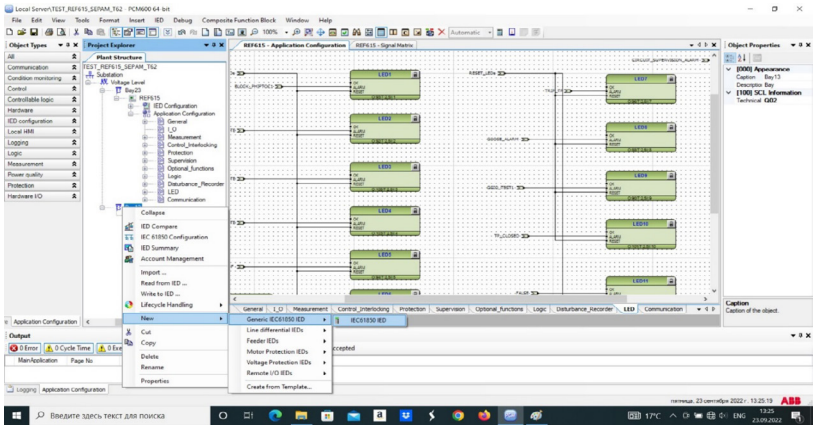


Рисунок 3 – Добавление нового ИЭУ стороннего производителя в проект PCM600

После импорта «CID» файла в раннее созданном проекте «TEST_REF615_SEPAM_T62», выделяем ИЭУ TP-Transformer открываем инструмент «Настройка МЭК61850» и видим GOOSE сообщение, отправляемые издателем TP–Transformer (созданный из импортируемого файла TP.cid). Видим нужный нам сигнал «LD0.CSWI1.Pos» (рисунок 4). Для того чтобы ИЭУ REF-615 принимал этот сигнал от Sepam T62 (ИЭУ TP-Transformer), необходимо подписаться на GOOSE–сообщение содержащий данный сигнал, ставим галочку напротив набора данных «TP.AP1.LD0.LLN0.BasicGseDS».

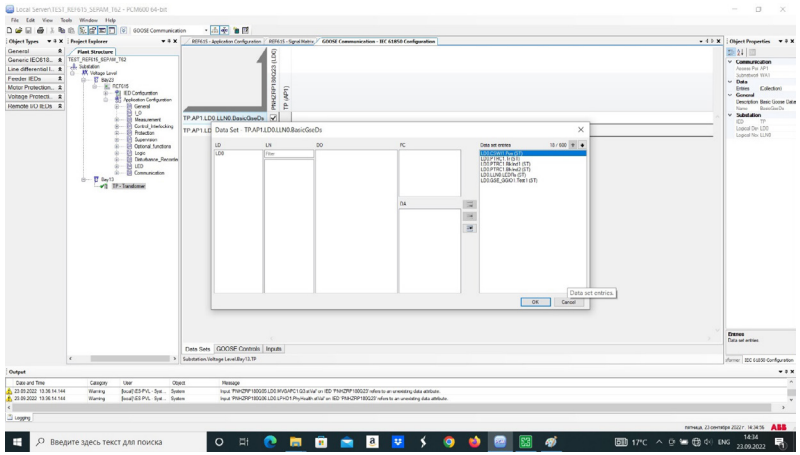


Рисунок 4 – GOOSE–сообщения отправляемые ИЭУ Sepam T62

Настроили GOOSE сообщение отравляемое ИЭУ Sepam T62, на которое подписано ИЭУ REF-615. Для полной проверки совместимости ИЭУ, так же необходимо настроить GOOSE – сообщения отправляемое в обратном направлении от REF-615 к Sepam T62. Теперь необходимо сконфигурировать GOOSE–сообщение отправляемое ИЭУ REF-615 с помощью программы PCM600. Для этого, в раннее созданном проекте «TEST_REF615_SEPAM_T62», открыли инструмент конфигурирования «настройка МЭК61850» и создал набор данных «PNHZRP180Q23.LD0.LLN0.DSGSE». В набор данных добавляем сигнал LD0.XGGIO110.Ind2.stVal, к которой «привязан» физический дискретный вход 2 платы бинарных входов X110 (рисунок 5).

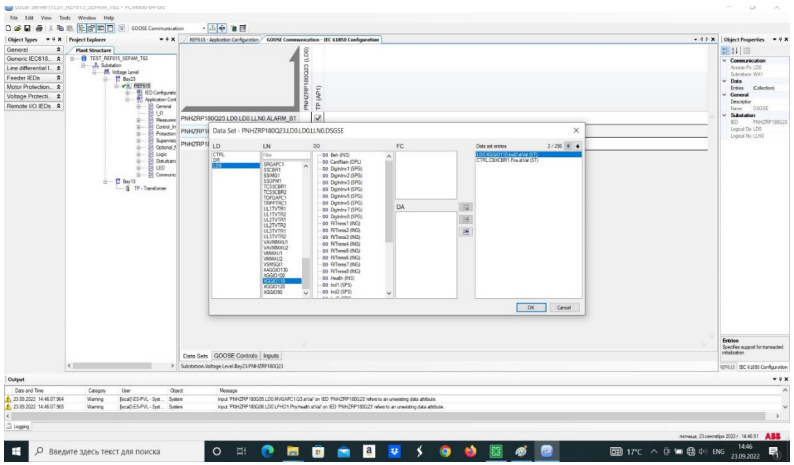


Рисунок 5 – Выбор сигнала «LD0.XGGIO110.Ind2.stVal» в набор данных «PNHZRP180Q23.LD0.LLN0.DSGSE»

После сохраняем конфигурацию и загружаем в устройство REF-615. Таким образом настроили GOOSE сообщение на стороне отправителя (издателя).

Для того чтобы, устройство Sepam T62 принимал GOOSE–сообщение, необходимо подписаться на него. Sepam имеет 32 входа GOOSE, которые могут быть использованы в качестве двоичных входов с помощью управления логическими функциями Sepam.

Назначить атрибуты данных (сигналы) на входа GOOSE Sepam в программе PCM600 не представляется возможным. Поэтому необходимо экспортировать проект в виде SCD файла. Затем открыть его в программе CET850. Где и настроим подписку, назначим сигналы соответствующим входам. D таблице назначения GOOSE входов, нужный нам атрибут данных «LD0.XGGIO110.Ind2.stVal» определим на вход G406 (рисунок 6).

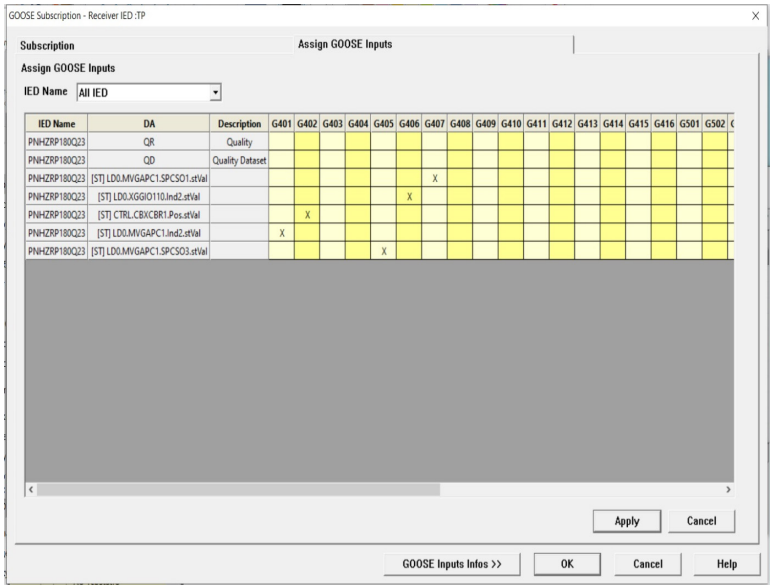


Рисунок 6 – Таблица назначения GOOSE входов Sepam

Также потребуется, для визуализации успешности получения сообщения GOOSE от Sepam T62, на ИЭУ REF-615 используем программируемый светодиод 10. Для этого в программе PCM600 назначим на этот светодиод сигнал, получаемый от Sepam T62 атрибут данных «LD0.CSWI1.pos». В матрице сигналов и в инструменте конфигурации логики сигнал «LD0. CSWI1.pos» назначим на блок GOOSERCV_INTL, создадим переменную «TP_CLOSED» и подключим ее к светодиоду 10 (Рисунок 7).

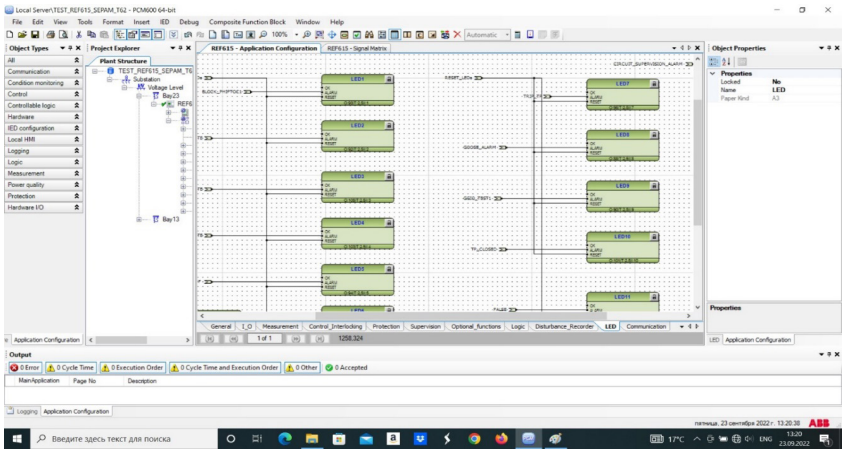


Рисунок 7 – В инструменте конфигурации логики переменная «TP_CLOSED» подключен к светодиоду 10.

После завершения настроек GOOSE–сообщений, необходимо сохранить изменения и закачать в устройства. Все операции по конфигурированию завершены, можно приступить к испытаниям.

Результаты и обсуждение

Инициируем отправку GOOSE–сообщения, на вход I101 Sepam подали напряжение 220 В постоянного тока. В тот же момент на REF-615 засветился 10-ый светодиод, что подтверждает успешности приема GOOSE – сообщения (рисунок 8).

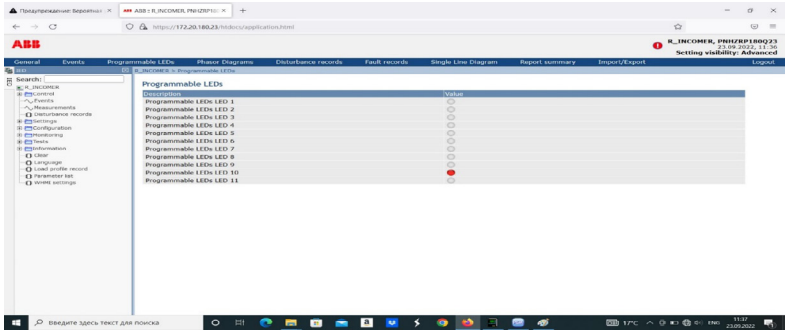


Рисунок 8 – Подключение к REF-615 по веб-интерфейсу

Теперь проверим передачу сигнала по средствам GOOSE коммуникации от REF-615 к Sepam T62. Подадим напряжение 220В постоянного тока на бинарный вход 2 платы X110. Для наблюдения успешности доставки сигнала онлайн, необходимо при помощи программы SFT2841 подключиться к Sepam T62, открыть инструмент мониторинга «Состояния входов, выходов, ламп», видим, что вход GOOSE G406 засветился желтым цветом, что подтверждает успешность приема сигнала (Рисунок 9).

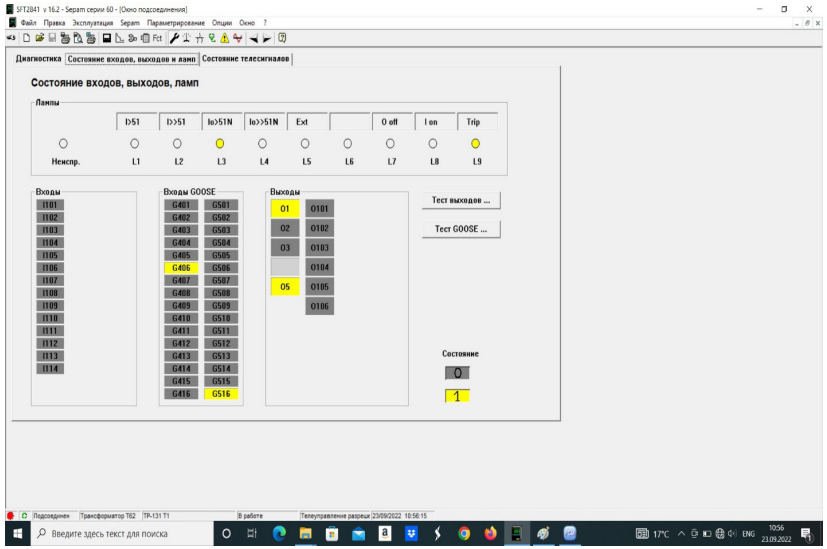


Рисунок 9 – Интерфейс программы SFT2841, инструмент диагностики «состояния входов, выходов, ламп»

Выводы

Для настройки передачи GOOSE-сообщений между устройствами разных производителей необходимо использовать не менее двух программных инструментов, что в свою очередь усложняет процесс конфигурирования сообщений GOOSE, что сказывается на время ввода оборудования в работу. Требуются специалисты с более высокой квалификацией и опытом работы с устройствами разных производителей. Проведение испытания показало полную совместимость REF-615 и SEPAM T62 в части обмена дискретными сигналами по средствам GOOSE - сообщений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Аношин, А. О., Головин В.** Цифровые подстанции. Проблемы внедрения устройства РЗиА // Новости электротехники. – 2012. – № 4. – С. 21–24.

2 Емельянцев А. Устройства РЗА и МЭК61850. Проблемы передачи GOOSE-сообщений // Новости ЭлектроТехники №2 (74). [Электронный ресурс]. – URL: http://news.elteh.ru/arh/2012/74/06.php (Дата обращения 10.01.2023).

3 **Горелик Т. Г., Кириенко О. В.** Цифровая подстанция. Подходы к реализации // Энергетик, 2013. – № 2. – С. 15–17.

4 Motor Protection and Control. REM615. Application Manual [Electronic resource] – URL: https://library.e.abb.com/public/19990808c8ec6b3ac1257b130056a890/REM615_appl_756885_ENa.pdf (Date of access 10.01.2023).

5 ABB RELION 615 Series Engineering Manual [Electronic resource]. – URL: https://www.manualslib.com/manual/1623533/Abb-Relion-615-Series.html (Date of access 10.01.2023).

6 IEC 61850−1 TR Ed.2 Communication networks and systems for power utility automation − Part 1: Introduction and overview. − Germany 2012. − P. 31.

7 Communication networks and systems for power utility automation –Part 1-2: Guidelines on extending IEC 61850. [Electronic resource]. – URL: https://cdn.standards.iteh.ai/samples/100139/6131b144f4b14a439f615703984bc8e5/IEC-TS-61850-1-2-2020.pdf (Date of access 10.01.2023).

8 Communication networks and systems in substations. Part 1. Introduction and overview [Electronic resource]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200091383 (Date of access 10.01.2023).

9 CET850, IEC 61850 configuration software [Electronic resource] – URL: https://www.se.com/ww/en/download/document/SEPED306025EN/ (Date of access 10.01.2023).

10 IEC850-211-S. Modbus TCP to IEC-61850 Gateway [Electronic resource] – URL: https://aveon.ru/technical_support/icpdas/ Usermanual_IEC850-211-S.pdf (Date of access 10.01.2023).

REFERENCES

1 **Anoshin, A. O., Golovin, V.** Sandyq qosalqy stansıalar. RZIA qurylǵysyn engizý máseleleri [Digital substations. Problems of implementation of the RZA device]. Novosti elektrotekhniki. – 2012. – № 4. – P. 21–24.

2 **Emeliantsev, A.** RZA jáne IEC 61850 qurylǵylary. GOOSE habarlamalaryn jiberý máseleleri [RZA and IEC 61850 devices. Problems of transmitting GOOSE

messages] // Electrical Engineering News. – N. 2 (74). [Electronic resource] – URL: http://news.elteh.ru/arh/2012/74/06.php (Date of access 10.01.2023).

3 **Gorelik, T. G., Kirienko, O. V.** Sandyq qosalqy stansıa. Iske asyrý tásilderi [Digital substation. Approaches to implementation] // Energetik.– 2013. – N 2. – P. 15–17.

4 Motor Protection and Control. REM615. Application Manual [Electronic resource] – URL: https://library.e.abb.com/public/19990808c8ec6b3ac1257b130056a890/REM615_appl_756885_ENa.pdf (Date of access 10.01.2023).

5 ABB RELION 615 Series Engineering Manual. [Electronic resource] – URL: https://www.manualslib.com/manual/1623533/Abb-Relion-615-Series.html (Date of access 10.01.2023).

6 IEC 61850−1 TR Ed.2 Communication networks and systems for power utility automation − Part 1: Introduction and overview. − Germany, − 2012. − P. 31.

7 Communication networks and systems for power utility automation –Part 1-2: Guidelines on extending IEC 61850. [Electronic resource] – URL: https://cdn.standards.iteh.ai/samples/100139/6131b144f4b14a439f615703984bc8e5/IEC-TS-61850-1-2-2020.pdf (Date of access 10.01.2023).

8 Communication networks and systems in substations. Part 1. Introduction and overview [Electronic resource]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200091383 (Date of access 10.01.2023).

9 CET850, IEC 61850 configuration software [Electronic resource]. – URL: https://www.se.com/ww/en/download/document/SEPED306025EN/ (Date of access 10.01.2023).

10 IEC850-211-S. Modbus TCP to IEC-61850 Gateway [Electronic resource] – URL: https://aveon.ru/technical_support/icpdas/ Usermanual_IEC850-211-S.pdf (Date of access 10.01.2023).

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**А. М. Акаев[1], Р. Б. Шарипов[2], Ж. Б. Исабеков[2], Б. Б. Исабекова[2]*
А. Г . Калтаев[2]
[1]Дәулет Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ;
[2]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

GOOSE ХАБАРЛАМАЛАРЫН КОНФИГУРАЦИЯЛАУ, REF 615 ЖӘНЕ SEPAM T62 СМАРТ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫН GOOSE ПРОТОКОЛЫНЫҢ ШАРТТАРЫ БОЙЫНША

ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ҮЙЛЕСІМДІЛІККЕ СЫНАУ

Көптеген ұйымдар «ПМХЗ»ЖШС 6 кВ РП-140 тарату қосалқы станциясының мысалында ескірген жабдықтың моральдық және физикалық жарамсыздығына байланысты қосалқы станция учаскелерін жаңғырту іс-шараларын қолдануға мәжбүр. Диспетчерлеу және электрмен жабдықтауды диспетчерлік басқарудың автоматтандырылған жүйесін енгізу мақсатында бастықтың АЖО ажыратқыштарын қашықтықтан басқару мүмкіндігімен электрмен жабдықтау цехын ауыстыру кіріс ұяшықтарында және секциялық ажыратқышта REF-615 интеллектуалды электрондық құрылғылары орнатылды, сондай-ақ электромеханикалық релелерді микропроцессорлық қорғауларға ауыстыру, Sepat 60 сериялы ЭЭУ.

Мақалада ИЭУ REF-615 және Sepat 60 жұмысының GOOSE хаттамасы бойынша өзара іс-қимыл бөлігінде үйлесімділігін тексеру мәселесі қаралды. Сандық қосалқы станциядағы әр түрлі өндірушілердің RZA құрылғыларының үйлесімділігі теориялық тұрғыдан олардың техникалық сипаттамаларының МЭК 61850 стандартының талаптарына сәйкестігін қамтамасыз етуі керек, бірақ іс жүзінде стандарттың ережелерін вендорлар әр түрлі түсіндіреді, Бұл сандық қосалқы станцияның ақпараттық ортасындағы құрылғылардың үйлесімсіздігін тудырады. Әр түрлі өндірушілердің құрылғылары арасында GOOSE хабарламаларын жіберу параметрлері көрсетілген. Біз жұмыста кем дегенде екі Бағдарламалық құралды пайдалану керек екенін білдік, бұл өз кезегінде Goose хабарламаларын конфигурациялау процесін қиындатады, бұл жабдықты іске қосу уақытына әсер етеді. Әр түрлі өндірушілердің құрылғыларымен жұмыс істеу тәжірибесі мен біліктілігі жоғары мамандар қажет. Сынақтар GOOSE хабарламалары арқылы дискретті сигнал алмасу бөлігінде REF-615 және SEPAM T62 толық үйлесімділігін көрсетті.

Кілтті сөздер: Goose хабарламаларын конфигурациялау, ақылды электрондық құрылғылар, REF 615, SEPAM, Goose протоколы, сандық қосалқы станциялар

**A. M. Akaev[1], R. B. Sharipov[2], Z. B. Issabekov[2], B. B. Issabekova[2], A. G. Kaltayev[2]*
[1]D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk;
[2]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 13.03.23

CONFIGURATION OF GOOSE MESSAGES, TESTING OF INTELLIGENT ELECTRONIC DEVICES REF 615 AND SEPAM T62 FOR FUNCTIONAL COMPATIBILITY UNDER THE TERMS OF THE GOOSE PROTOCOL

Many organizations are forced to use measures to modernize substation sites due to the unsuitability of morally and physically outdated equipment, for example, the 6 kV RP-140 distribution substation of PNKHZ LLP. For the purposes of dispatching and the introduction of an automated system of dispatching control of power supply with the possibility of remote control of switches from the ARM of the head of the shift of the power supply shop, intelligent electronic devices REF-615 were installed on the cells of the inputs and the sectional switch, as well as the replacement of electromechanical relays with microprocessor protection, IEU Sepam series 60.

The article deals with the issue of checking the compatibility of the REF-615 IEU and Sepam 60 in terms of interaction via the GOOSE protocol. Since the compatibility of RPA devices from different manufacturers at a digital substation should theoretically ensure that their technical characteristics meet the requirements of the IEC 61850 standard, but in practice the provisions of the standard are often interpreted differently by vendors, which causes incompatibility of devices in the information environment of a digital substation. The settings for transmitting GOOSE messages between devices from different manufacturers are shown. We found out that it is necessary to use at least two software tools in work, which in turn complicates the process of configuring GOOSE messages, which affects the time of equipment commissioning. Specialists with higher qualifications and experience working with devices from different manufacturers are needed. Tests have shown full compatibility of REF-615 and SEPAM T62 in terms of the exchange of discrete signals by means of GOOSE messages.

Keywords: configuration of Goose messages, intelligent electronic devices, REF 615, SEPAM, Goose protocol, digital substations

УДК 50:47:99;68:05:29

doi.org/10.48081/MRWK4204

***А. Н. Алтыбаев[1], Е. К. Конысбаев[2], Е. С. Ержигитов[3], К. М. Акишев[4], А. Д.Тулегулов[5]**

[1,2,3,5]ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Республика Казахстан, г. Алматы;

[4]Казахский университет технологии и бизнеса, Республика Казахстан, г. Астана

email: narikovich@yandex.ru

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОДПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Приведены результаты проектно-исследовательских изысканий по созданию автоматизированной системы управления подпочвенным внесением удобрений с целью повышения эффективности работы мобильных агрегатов в растениеводстве. Разработана условно-логическая архитектура автоматизированной системы управления состоянием исполнительных механизмов высевающего аппарата для сеялки подпочвенного внесения удобрений, а также конструктивно-технологические методы их реализации с использованием доступных программно-аппаратных средств современных информационно-телекоммуникационных и цифровых технологий. Реализована программная интеграция с глобальной навигационной спутниковой системой (GPS/ГЛОНАСС). По результатам производственно-эксплуатационного тестирования подтверждена функциональная работоспособность предлагаемой автоматизированной системы управления исполнительными органами высевающего аппарата серийно выпускаемой сеялки (СЗС-2.1), что обеспечивает дифференцированное внесение удобрений исходя из фактической потребности почвенных условий на каждом участке посевной площади, а также обеспечивает снижение энергозатрат связанных с декорбонизацией окружающей среды. Анализ возникновения и развития системы точного земледелия позволяет сформулировать следующую ее сущность, имеющую практическое значения для реальных производственных процессов производства полевых работ: точное земледелие – это совокупность относительно самостоятельных технологий. Результаты исследования позволяют, обеспечить дозированное внесение удобрений, с учетом характера и потребности почвы, повышая культуру, результат и эффективность выполнения технологических операций.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, производственные процессы, инновации, спутниковая навигация, программное обеспечение, тестирование работоспособности, эффективность.

Введение

Производственно-технологические процессы сельского хозяйства с позиции управляемости относятся к наиболее сложным объектам, в силу того что поведение большинства ресурсов продукционных процессов определяется естественно-природными условиями.

Современная парадигма инновационного развития сельскохозяйственного производства сопряжена с широким применением информационно-цифровых технологий, электроники, автоматизированных систем. Интеллектуальной основой для этого служат фундаментальные инновационные решения в других сферах и отраслях, которые также успешно используются и в сельском хозяйстве. Принято, что современная инновационная основа сельскохозяйственного производства базируется на системы точного земледелия[1, 2, 3].

В то же время следует отметить, несмотря на ряд положительных тенденций, в целом трансформационные процессы в области производства полевых механизированных протекают фрагментарно, прикладно-практическая реализация IT-решений сопровождается поставкой на рынок техники (в частности, технологические комплексы для мобильных процессов в земледелии) стоимостью, не сопоставимой с экономическими возможностями сельскохозяйственного производства.

Анализ возникновения и развития системы точного земледелия [4, 5] позволяет сформулировать следующую ее сущность, имеющую практическое значения для реальных производственных процессов производства полевых работ: точное земледелие – это совокупность относительно самостоятельных технологий (технологии GPS и GIS, точного картографирования полей и др.), необходимость внедрения которых определяется имеющимися ресурсами конкретного производства, а также научно-техническим потенциалом на данном этапе производственных отношений.

Методы и материалы

Методологическую основу работы составляет совокупность методов научного познания, среди которых основное место занимают анализ литературы по проблеме исследования. Методы научной абстракции, индукции и дедукции применены для определения сути и содержания ряда понятий, имеющих непосредственное отношение к теме настоящей работы. Информационной базой исследования послужили нормативно-технические материалы, учебная, справочная литература, мнение различных авторов содержащихся в литературных источниках, статистические сборники. Методика проведения апробации – полевые испытания транспортно-технологических машин с учетом ГОСТ Р 54783-2011. Испытания сельскохозяйственной техники.

Результаты и обсуждение

Для разработки (синтеза) автоматизированной системы управления внесения удобрений (АСДВУ) на базе серийно выпускаемых агрегатов реализованы следующие конструкторско-технологические и программно-аппаратные решения:

– механизм привода вала высевающего аппарата от прикатывающих катков сеялки заменен на привод от электродвигателя;

– в качестве управляющего параметра принята частота вращения электродвигателя;

– в основу дифференцированного внесения удобрений принят «off-line» подход с использованием доступных программно-аппаратных средств современных информационно-телекоммуникационных и цифровых технологий.

Согласно «off-line» подходу нормы внесения по каждому участку поля определяются заранее, и техника работает по уже введённой программе со всеми расчётами. Программно-аппаратная составляющая технологической системы по координатам спутниковой навигационной системы определяет текущее положение мобильного агрегата, сравнивает его с данными электронной карты и обеспечивает соответствующую норму внесения удобрений.

АСДВУ состоит (см.рис.1) из навигационного приемника Trimble NAV-900 (GPS/ ГЛОНАСС), контроллера Raspberry Pi3, сенсорного дисплея HEV1001, электродвигателя (ЭлДв) для привода высевающих аппаратов, а также датчиков скорости вращения высевающего аппарата (n), датчика скорости движения агрегата (VMTA) и блока управления внешними устройствами.В контроллере на основе полученных из приемника навигационных данных определяются положениясеялки в пространстве.

Далее, положениесеялок в пространстве сравниваются с положением полигонов на цифровой карте.

Для измерения скорости вращения вала высевающего аппарата на нем смонтированы магнитное колесо с 12 магнитами и датчик Холла. Данные о скорости вращения вала высевающего аппарата из блока управления внешними устройствами поступают в контролер, и пересчитываются в кг/га. Пересчитанные данные сравниваются с нормой внесения из карты-задания и текущим положением агрегатов, а также используются для формирования отчета о проделанной работе.

Данные с датчика Холла о скорости вращения опорного колеса сеялки из блока управления внешними устройствами поступают в контроллер Raspberry Pi3, где пересчитываются в скорость перемещения агрегатов и используются для дозирования удобрений.

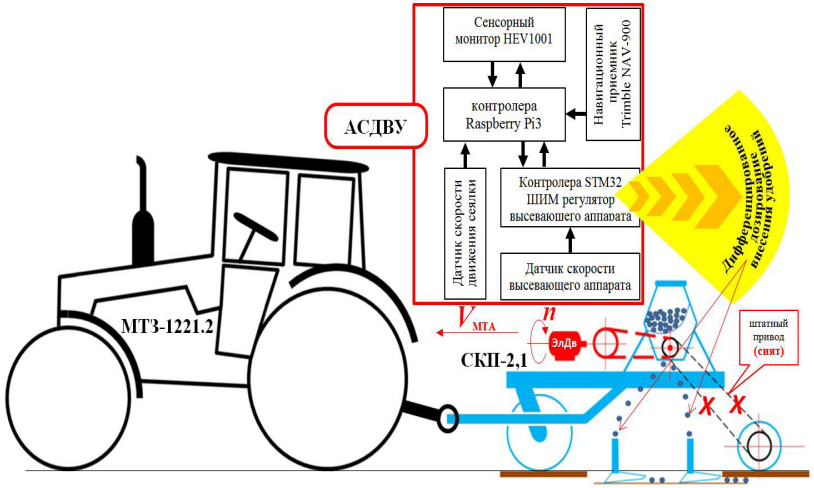


Рисунок 1 – Условно-логическая архитектура автоматизированной системы дифференцированного внесения удобрений (АСДВУ)

Обмен данными между блоком управления внешними устройствами и контроллером RaspberiPi3 осуществляется по протоколу RS232.

Отчет о проделанной работе сохраняется в память контролера Raspberry Pi3 с возможностью переноса на внешние накопители и содержит следующую информацию:

– положение обработанных участков на местности;

– количество израсходованного удобрения;

– средний расход удобрений на единицу площади;

– длина пройденного пути;

– обработанная площадь.

Программное обеспечение разработано на языке Python в свободно распространяемой операционной системе Linux и состоит из блока обработки навигационных данных, блока обработки электронной карты, блока управления внешними устройствами, блока визуализации, блока конвертации данных.

Входными данными для программного обеспечения в данной постановке задачи являются:

– карта-задание с указанием соответствующей нормой внесения удобрений;

– данные текущего местоположения;

– данные об оборотах вала высевающего аппарата;

– данные расположения сеялки относительно фазового центра навигационной антенны;

– данные о скорости движения агрегата;

При этом программное обеспечение генерирует следующие выходные отчеты (документы):

– управляющую (командную) информацию исполнительным органам об изменении нормы высева;

– отчет о проделанной работе;

– текущие данные о количестве вносимого удобрения;

– сигнал о критическом уровне удобрений в бункере.

Производственно-эксплуатационное тестирование работоспособности АСДВУ проводилось на опытном поле Казахского научно-исследовательского института земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР) при внесении минеральных удобрений агрегатом в составе трактора МТЗ-1221.2 с двумя сеялками СКП-2,1. Потребность почвы в удобрениях определялась отбором почвы и последующим агрохимическим анализом учеными-специалистами КазНИИЗиР и была составлена Карта-задание в виде электронной карты с расчетными показателями потребных норм высева (см.рис.2). Карта-задание для дифференцированного внесения удобрений представляет собой «шейп-файл», которая состоит из нескольких файлов с одинаковым именем, но разными расширениями. Основой формата являются три обязательных файла: .shp, .shx и .dbf. Карта-задание содержит в себе пространственно привязанную информацию о дозах внесения удобрений в виде набора полигонов. Алгоритм работы программы приведен на рисунке 3.

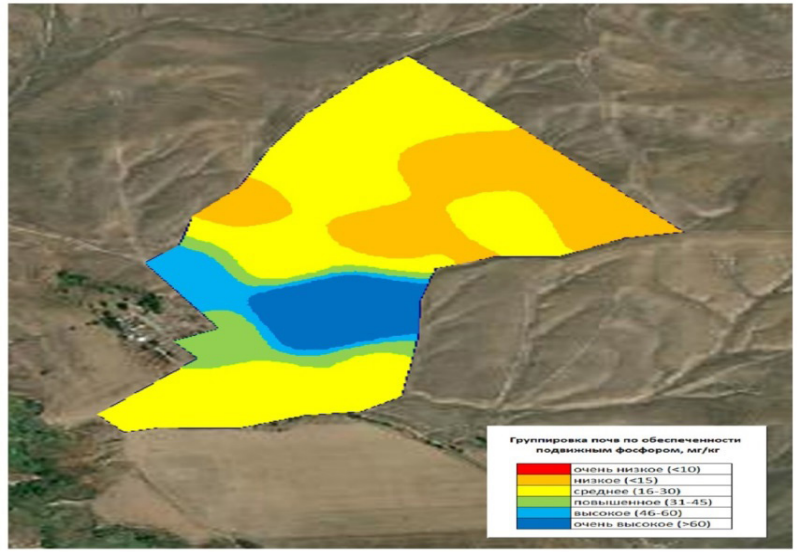


Рисунок 2 – Карта-задание для дифференцированного внесения удобрений

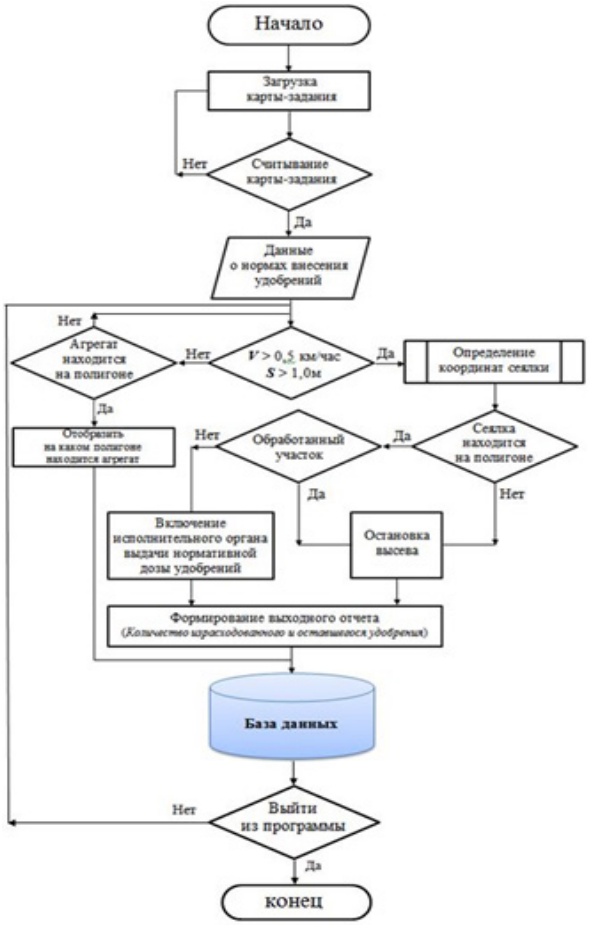


Рисунок 3 – Алгоритм работы программного обеспечения

Перед началом испытаний проводились следующие регулировки и настройки исполнительных органов высевающих аппаратов сеялок:

– регулировочная задвижка выходного окна в задней стенке зернотукового ящика установлена на расстояние 20 мм от нижнего края окна;

– зазоры между клапанами туковых аппаратов и высевающих катушек установлены на 6 мм;

– тарировка дозы внесения удобрений путем взвешивания удобрении, высеянного в течение 5 мин на скорости вращения высевающих барабанов

12 об/мин. Полученные значения введены в программу блоков управления внешними устройствами.

По результатам производственно-эксплуатационного тестирования установлены:

1 отклонение высева от требуемой нормы внесения удобрений составляет не более 4 %;

2 оптимальный диапазон скоростей движения агрегата для обеспечения заданных норм высева:

– для внесения удобрений в количестве 200 кг/га скорость агрегата не должна превышать 4 км/ч;

– для внесения удобрений в количестве 70 кг/га скорость агрегата не должна быть менее 5 км/ч;

3 подтверждена работоспособность основных функционалов программного обеспечения системы автоматизированного внесения удобрений:

– обработка электронной карты поля с нормами внесения удобрений через внешний носитель информации;

– внесение удобрений согласно электронной карте-задания;

– автоматическое отключение части или всех исполнительных устройств при заходе на обработанный участок поля;

– звуковые подсказки при критическом уровне удобрений в бункере;

– автоматическое составление отчета о проделанной работе и сохранение его в память устройства.

Выводы

Практическая реализация разработанной автоматизированной системы управления подпочвенного внесения удобрений в полевых условиях позволила:

– сохранить конструктивно-технологические основы технологической машины серийного выпуска;

– создать предпосылки для реализации цифровой трансформации эксплуатационных решений;

– повысить эффективности производства полевых механизированных работ;

– снизить энергозатраты при выполнении полевых работ;

– обеспечить дозированное внесение удобрений, с учетом характера и потребности почвы, повышая культуру, результат и эффективность выполнения технологических операций.

СПИСКОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Инновационные достижения науки и техники АПК : сборник научных трудов. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 651 с.

2 **Павловский, В.** Точное земледелие – умная технология XXI века / В. Павловский, А. Мучинский, Г. Добыш // Белорусское сельское хозяйство. – 2011. – №4. – С. 27–31.

3 **Якушев, В. В.** Информационно-технологические основы прецизионного производства растениеводческой продукции автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук, – Спб., 2013.

4 **Алтыбаев, А. Н.** Состояние и тенденции информатизации в сельском хозяйстве // Материалы III Международная научно-практическая конференция «Состояние, проблемы и задачи информатизации в Казахстане», посв. 80-летию КазНТУ им. К.И. Сатпаева и 20-летию Межд. Академии Информатизации (г. Алматы, 20-22 ноября 2014 г.).

5 **Балабанов, В. И. и др.** Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. Учебное пособие / В.И. Балабанов, А. И. Беленков, Е. В. Березовский. – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2013. – 117 с.: ил.

6 [Электронный адрес].– https://gpsbazar.kz

7 **Бычков, И. В.** Применение ГИС и ВЕБ-технологий для создания интегрированных информационно-аналитических систем // Вычислительные технологии. – 2007. – Т. 12, – Спец. вып. 3. С. 5–19.

8 **Якушев, В. П.** Выделение однородных зон на поле по урожайности отдельных участков // Докл. РАСХН. – 2007. – № 3. – С. 33–36.

9 **Черняков, Б. А.** Высокотехнологичное земледелие США // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – № 1–5.

10 **Букин, М.** Глобальная навигация // PC WEEK/RE. – 2008. – № 25 (631).

REFERENCES

1 Innovacionnie dostizheniya nauki I techniki APK [Innovative achievements of science and technology of agroindustrial complex]. – Kinel : RIO Samara State University, 2020. – 651 p.

2 **Pavlovskii, V.** Tochnoe zemledelie-umnzya technologiya XXI v. [Precision agriculture – the smart technology of the XXI century] // Belarusian agriculture. – 2011. – No. 4. – P 27–31.

3 **Yakushev, V.** Informazionno-technologicheskie osnovi precezionnogo proizvodstva rastenivodcheskoi produkcii [Information and technological bases of precision production of crop products] /Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. – St. Petersburg, 2013.

4 **Altybaev, A. N.** Sosnoyanie I tendenzii informatizacii v selskom khozyastve [The state and trends of informatization in agriculture] // Materials of the III International Scientific and Practical Conference «The state, problems and tasks of informatization in Kazakhstan» dedicated to the 80th anniversary of KazNTU named after K.I. Satpayev and the 20th anniversary of the International Academy of Informatization. Almaty, November 20–22, 2014.

5 **Balabanov, V., Belenkov, A., Berezovskiy, E. V.** Navigazionnie technologii v selskom chozyaistve. Koordinatnoe zemledelie. [Navigation technologies in agriculture. Coordinate farming] //Textbook. V. I. Balabanov, A. I. Belenkov, E. V. Berezovsky. – M. : Publishing house of RGAU-MSHA named after K. A. Timiryazev, 2013. – 117 p.: ill.

6 [Electronic resource] – https://gpsbazar.kz

7 **Bychkov, I. V., Ganchenko, A. S.** Primenenie Web technologii dlya sozdaniya integrirovannich informacionno-analiticheskich system [Application of GIS and WEB technologies for the creation of integrated information and analytical systems] // Computing technologies. – 2007. – Vol. 12. – Special issue. 3. – P. 5–19.

8 **Yakushev, V. P.** Videlenie odnorodnich zon na pole po yrozhainosti otdelnich ychastkov [Allocation of homogeneous zones in the field according to the yield of individual plots] // Dokl. RASKHN. – 2007. – No. 3. – P. 33–36.

9 **Chernyakov, B. A.** Visokotechnologichnoe zemledelie SSHA [High-tech agriculture in the USA] // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2004. – No. 1–5.

10 **Bykin, M.** Globalnaya navigaciya[Global navigation] // PC WEEK/RE. 2008. No. 25 (631).

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**А. Н. Алтыбаев[1], Е. К. Қонысбаев[2], Е. С. Ержігітов[3], К. М. Акишев[4] , А. Д Тулегулов.[5]*

[1,2,3,5]Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығы ЕЖШС, Қазақстан Республикасы, Алматы қ;

[4]Қазақ технология және бизнес университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.,

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ПРОЦЕСТІ БАСҚАРУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ПРАКТИКАЛЫҚ ІСКЕ АСЫРУ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ ТОПЫРАҚҚА

Өсімдік шаруашылығындағы мобильді агрегаттар жұмысының тиімділігін арттыру мақсатында тыңайтқыштарды жер қойнауын басқарудың автоматтандырылған жүйесін құру бойынша жобалау-зерттеу зерттеулерінің нәтижелері келтірілген. Тыңайтқыштарды жер қойнауына себу үшін егу ап-паратының атқарушы тетіктерінің жай-күйін басқарудың автоматтандырылған жүйесінің шартты-логикалық архитектурасы, сондай-ақ қазіргі заманғы ақпараттық-телекоммуникациялық және цифрлық технологиялардың қолжетімді бағдарламаларын-аппараттық құралдарын пайдалана отырып, оларды іске асырудың конструктивті-технологиялық әдістері әзірленді. Ғаламдық навигациялық спутниктік жүйемен (GPS/ГЛОНАСС) бағдарламалық интеграция іске асырылды. Өндірістік-пайдалану тестілеуінің нәтижелері бойынша сериялық шығарылатын сепкіштің (СЗС-2.1) себу аппаратының (СЗС-2.1) ұсынылатын автоматтандырылған басқару жүйесінің функционалдық жұмыс қабілеттілігі расталды, бұл егіс алқабының әрбір учаскесіндегі топырақ жағдайларының нақты қажеттілігіне негізделген тыңайтқыштарды саралап енгізуді қамтамасыз етеді, сондай-ақ декорбонизацияға байланысты энергия шығынын азайтуды қамтамасыз етеді-қоршаған орта. Нақты егіншілік жүйесінің пайда болуы мен дамуын талдау оның нақты өндірістік процестері үшін практикалық маңызы бар келесі мәнін тұжырымдауға мүмкіндік береді: нақты егіншілік–бұл салыстырмалы түрде тәуелсіз технологиялардың жиынтығы. Зерттеу нәтижелері топырақтың сипаты мен қажеттілігін ескере отырып, технологиялық операциялардың мәдениетін, нәтижесі мен тиімділігін арттыра отырып, тыңайтқыштардың дозаланған енгізілуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: автоматтандырылған басқару жүйесі, өндірістік процестер, инновациялар, спутниктік навигация, бағдарламалық қамтамасыз ету, жұмысқа қабілеттілікті тестілеу, тиімділік.

**A. N. Altybaev[1], E. K. Konysbaev[1], E. S. Yerzhigitov[1], K. M. Akishev[2], A. D. Tulegulov[2]*
[1]Scientific and Production Center of Agroengineering, Republic of Kazakhstan, Almaty,
[2]Kazhakh University of Technology and Business, Republic of Kazakhstan, Astana
Material received on 13.03.23

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEM SUBSURFACE FERTILIZATION

The results of design and research studies on the creation of an automated control system for subsurface fertilization in order to improve the efficiency of mobile units in plant growing are presented. The conditional-logical architecture of the automated control system of the state of the actuators of the seeding apparatus for the drill of subsurface fertilization, as well as constructive and technological methods of their implementation using available software and hardware of modern information and telecommunication and digital technologies, has been developed. Software integration with the global navigation satellite system (GPS/GLONASS) has been implemented. According to the results of production and operational testing, the functional capability of the proposed automated control system for the executive organs of the seeding apparatus of the serially produced seeder (SPS-2.1) was confirmed, which ensures differentiated fertilization based on the actual needs of soil conditions at each site of the sowing area, and also provides a reduction in energy costs associated with decorbonization.the environment. The analysis of the emergence and development of the precision farming system allows us to formulate its following essence, which has practical significance for real production processes of field work: precision farming is a set of relatively independent technologies. The results of the study make it possible to provide metered fertilization, taking into account the nature and needs of the soil, increasing the culture, result and efficiency of technological operations.

Keywords: automated control system, production processes, innovations, satellite navigation, software, performance testing, efficiency.

FTMAP 28.23.15

doi.org/10.48081/ZGSJ8683

***Н. А. Алимбекова[1], Б. К. Мусетова[2], А. К. Жумадиллаева[3]**
[1,2,3]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.
email:nazakhatovna@mail.ru

СҰРЫПТАУ ҮШІН ПЛАСТИКАЛЫҚ КОНТЕЙНЕРЛЕРДІҢ КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛІН ЖАСАУ

Бұл мақалада қазіргі уақыттағы жаһандық экономикалық және экологиялық мәселеге айналған пластикалық контейнерлердің екінші реттік өңдеуге қажет ететін сұрыптау үшін классификациялық модел ұсынылған. Ұсынылған жоба пластикалық қалдықтарды қайта өңдеу өндірісінде, сорттау орындарындағы жұмыс мехнизмін жеңілдету мақсатындағы пластик бөтелкелердің түстері бойынша автоматты ажырату және жіктеудің мүмкін болатын моделдерін қарастырады. Бұл кеңейіп келе жатқан түстер жиынтығымен жұмыс жасау үшін әртүрлі материалдарда (мөлдір емес, мөлдір немесе жартылай мөлдір) пайда болатын жаңа түстер жиынтығын зерттей алатын және оларды анықтай алатын машиналық көру негізіндегі интеллектуалды жүйені әзірлеу үшін қажет. Пластикалық бөтелкелерді түсі бойынша сұрыптаудың автоматты жүйесі ретінде механикалық бөлігі және машиналық көру жүйесі арқылы бөліп қарастырылды. Бөтелкелерді түс бойынша сұрыптауда CMyCam5, PixyCam көру сенсоры, TCS3200 түс сенсоры, CCD камерасы және де түрлі камералар қолданылатындығы көрсетілді. Камера CCD пикселдерінің негізгі үш түрлі толқын ұзындығына реакциясы болатын сигналдарды шығарады. Пластикалық бөтелкенің түсін анықтаудағы ықтимал қиындықтар мен мәселелері анықталып, мәселені шешу жолдары көрсетілді. Пластикалық бөтелкелерді түсі бойынша сұрыптау классификацияның бір түрі ретінде көрсетілді, ал басқа түрлері автордың одан әрі зерттеулерінде жүргізілген.

Кілтті сөздер: Пластикті қайта өңдеу, Классификация, Цифрлық кескін; Машиналық көру, CCD камера.

Кіріспе

Қазіргі таңда қоғамда экологиялық мәселелерді шешу жұмыстары кеңінен қарастырылуда, осының ішіндегі ең ірі мәселелер қатарынан пластикалық қалдықтарды өңдеу болып табылады. Күн сайын тонна қалдықтар пайда болады, бұл әртүрлі қалалар мен олардың муниципалдық органдары үшін осындай қалдықтарды көмуге арналған полигондардың болмауына байланысты үлкен проблема тудырады. Сонымен қатар, қалдықтар арасындағы улы қауіпті материалдар денсаулыққа зиян келтіреді және қоршаған ортаға зиян келтіреді. Жергілікті аймақтар үшін қалдықтарды қайта өңдеуге көп қаражат жұмсалады. Қоршаған ортаны қорғау және қалдықтарды игеру мәселелері қоғамдық сананың алдыңғы қатарына шықты. Көптеген заманауи қалаларда зерттеулер жүргізілді, материалдарды жасанды интеллектке негізделген қайта өңдеу қондырғылары (фандоматтар, қосымша сұрыптау құрылғылары және т.б.) салынды және қайта өңдеу өнеркәсібінің экономикалық салдары қарастырылды.

Әлемде ПЭТ-бөтелкелер, ПП-бөтелкелер, бөтелке қақпақтары және т.с.с. қалдықтарды сұрыптау туралы жобалар кездеседі. Мысалы, Падилла Маганья Дж., [1] Боливиядағы Ла Салле университеті үшін лимон түсті таңдау жүйесін жасайды, мұнда CMyCam5 PixyCam көру сенсорын қолданады, ол лимон жасыл, сары және ашық жасыл болған жағдайда үш түсті анықтауға мүмкіндік береді.

Аренас Кампроверди Альфредоның жұмысында пластикалық бөтелке қақпақтарын 4 түске бөліп сұрыптайды, [2] ол жұмыста көру сенсоры қолданылды. Чжаокун Ван, Бинбин Пан, Янцзюнь Хуан және Гуанцюн Сун орындауында [3] Нанкин ғылым және технологиялар университетінің машина жасау мектебінен Қытай мен Канададағы Ватерлоо университетінің машина жасау және мехатроника факультеті 2018 жылдың желтоқсанында жасанды көруді қолдана отырып, пластикалық бөтелкелерді қайта өңдеуге арналған 7 түсті сұрыптау технологиясын ұсынды [4]. Индонезиядағы Гунадарма технологиялар университетінің ақпарат факультетінің түлектері Эфраим Грегорио мен Бенни Ахмадтың жұмыстарында TCS3200 түс сенсорын пайдаланады [5], бұл сұрыптау технологиясында белгілі бір объект басқа бір объектпен салыстырылады, яғни алдын ала белгілі бір түс беріледі, кейін басқа объекттердің түстері салыстырылып сұрыпталады.

Үндістандағы Модинагар Газиабад университетінің SRM инженерлік факультетінен түлектері Амитеша Сачдева, Махеш Гупта, Маниша Пандей және Прабхам Ханделвалдың жұмысын байқауға болады [6]. Олар нысандарды түс бойынша таңдайтын роботтың қолын жасады, алайда, бұл жүйе тек қана жасыл, көк және қызыл түстермен жұмыс жасайды.

Зерттеу әдістері мен нәтижелері

Пластикалық бөтелкелерді автоматты түрде сұрыптау кезінде түстерді жіктеу қажеттілігі артып келеді, өйткені пластикалық бөтелке өндірушілері түстер спектрін қолдануға тән маркетингтің артықшылықтарын пайдалануға дайындалуда. Сонымен қатар, пластикалық бөтелкелерге жаңа түстер жиынтығын енгізу үрдісі бар [7]. Түстердің кең таңдауы пластикалық бөтелке маркетологтары үшін жақсы болғанымен, ол жаңа қиындықтар туғызады және пластикалық бөтелкелерді қайта өңдеуге кететін шығындарды арттырады. Бұл кеңейіп келе жатқан түстер жиынтығымен жұмыс жасау үшін әртүрлі материалдарда(мөлдір емес, мөлдір немесе жартылай мөлдір) пайда болатын жаңа түстер жиынтығын зерттей алатын және оларды анықтай алатын машиналық көру негізіндегі интеллектуалды жүйені әзірлеу қажет. Бұл тұрғыда түстерді жіктеу жүйесін әзірлеу кезінде жаңа түстерді енгізу маңызды мәселе болып табылады. Шын мәнінде, адамдар түстерді үш негізгі түстер (қызыл, жасыл және көк) арқылы қабылдайды, бірақ бұл қабылдау әр түрлі болуы мүмкін болғандықтан [8], дәстүрлі CCD камералары шығаратын әдеттегі RGB (Қызыл, Жасыл, Көк) сигналдарын HSI (Реңк, Қанықтылық, Қарқындылық) аймағына түрлендіру қажет. Пластикалық бөтелкенің түсін бағаламас бұрын, қарқындылық параметріне тәуелді емес реңк параметрін қолдану керек, өйткені ол жарықтандырудың өзгеруіне, тағы да басқа себептерге тәуелді болады [9].

I қарқындылығы жалпы жарық қарқындылығына жатады және келесі формула арқылы анықталады:

$$I=\frac{R+G+B}{3} \quad (1)$$

H – негізгі түс мәні, ал S қырқындылығы – жарықтықтың әсерінен өзгермейтін дәреже көсеткіші (ақ түс үшін S нөлге тең).

S мына формуламен берілген:

$$S = 1 - \frac{3\min(R,G,B)}{R+G+B} \quad (2)$$

S белгілі бір түс көрсетпейтінін көруге болады, алайда, ол түс пропорциясын және ақ түстен айырмашылығын көрсетеді.

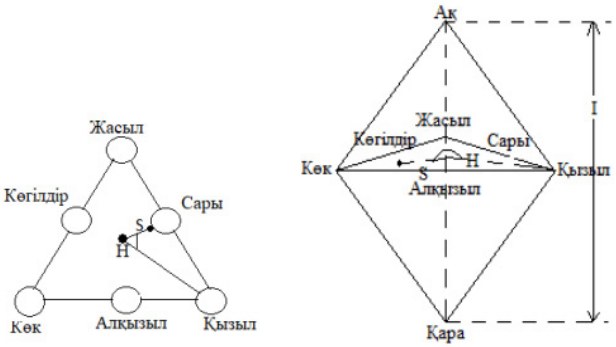
1-суретте көрсетілгендей реңк түс үшбұрышындағы W орталық ақ нүктесінің айналасындағы бұрылу бұрышы ретінде анықталады [10]. Бұл R-W векторымен анықталған таза қызыл бағыт пен C-W векторымен

анықталған C түсінің бағыты арасындағы бұрыш, нәтижесінде H нүктелік көбейтіндіге(C-W) тәуелді cos(H)-пен сипатталуы мүмкін.(R-W):

$$H = cos^{-1}\left(\frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-B)(G-B)]^{1/2}}\right) \quad (3)$$

Немесе егер B>G болса, осы мәннен 2π азайту керек [10]

Пластикалық бөтелкенің түсін тексеру кезінде реңк түсті өлшеудің ең маңызды параметрі болып табылады. Түстерді реңктердің таралуын құру және оны сәйкес оқу жиынтығының реңктерінің таралуымен салыстыру арқылы мұқият тексеруге болады. Салыстырудың ең оңай жолы-салыстырылатын екі үлестірімнің орташа мәні мен стандартты ауытқуын есептеу және қалыпты үлестіру функцияларын қамтитын дискриминантты талдау.



Сурет 1 – Түрлі түсті үшбұрыш

CCD камера. Зарядталған құрылғылар-металл оксид конденсаторлары (фотогейттер) бар матрицалық детекторлар. Спектрдің фокустық сызығымен жарықтандыру кезінде қақпаның астында жиналатын заряд (электронды тесік буы) пайда болады. Пиксель CCD үшін құрылыс материалы болып табылады, ол бейне кескіні бағытталған тікбұрышты пиксель массиві болып табылады. Матрицадан оқу арнайы синхрондау схемаларына сәйкес қақпа потенциалдарын өзгерту арқылы зарядты беру арқылы жүзеге асырылады. Пиксель зарядтары бір уақытта қозғалу(сдвиг) регистріне(леріне) беріледі, содан кейін заряд пропорционалды кернеуге айналатын Шығыс бөліміне беріледі [11]. Мұны орындайтын түйін алдымен сілтеме деңгейіне (қысқыш деңгейіне), содан кейін сигнал деңгейіне орнатылады. Айырмашылық соңғы

сигнал ретінде қолданылады. Бұл әдіс корреляцияланған қос үлгі (CDS) деп аталады және жүйенің шуын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді.

Әр пиксельден келетін сигнал уақыт бойынша өзгеретін бейне сигналы болып табылады. Тік және көлденең позициялар үшін уақыт туралы ақпарат және сенсордың мәні бейне сигналымен біріктіріледі.

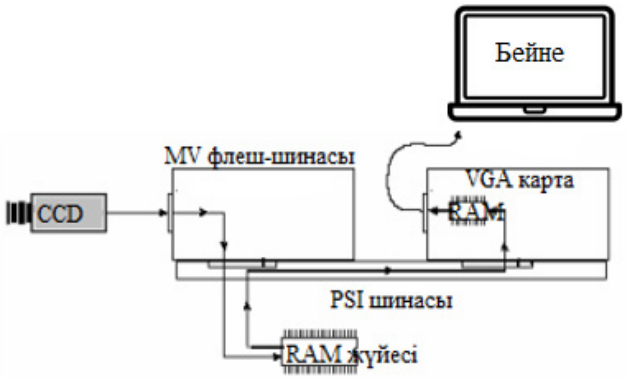
Стандартты аналогтық камералар үшін CCD сызықтары кескінді жаңарту жылдамдығын арттыру үшін кезектесіп отырады. Бұл дегеніміз, алдымен тақ сандары бар жолдар сканерленеді (тақ өріс). Содан кейін жұп сандары бар өрістер сканерленеді (жұп өріс).

Бұл екі өріс бір жақтауды құрайды. Электрондық өнеркәсіп қауымдастығы (EIA) RS-170 NTSC камералары 640 × 480 жолдық ажыратымдылықпен секундына 30 кадр жылдамдықпен жаңартылады.Аналогтық камералардың бағасы төмен және стандартты аналогтық деректерді жинау құрылғыларымен интерфейсте қарапайым [12].

Жақтауды(раманы) түсіру. Кадрларды түсіру PCI Direct Memory Access (DMA) беру арқылы кескінді жіберуді қамтамасыз ететін бейнені масштабтау процессоры негізінде жасалған. Бұл PCI шинасын басқару құрылғысы кескін деректерін тікелей жүйеге немесе дисплей жадына нақты уақыт режимінде жібере алады, бұл басқа тапсырмаларды орындау үшін орталық процессорды бос қалдырады.

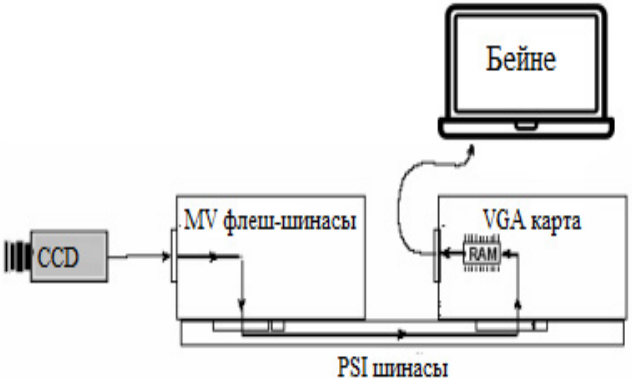
Кадрларды түсіру нақты уақыттағы бейнелерді жүйелік жадқа жіберу үшін PCI шинасын пайдаланады. PCI шинасының теориялық жылдамдығы нақты уақыттағы бейне деректерін беру үшін жеткілікті; дегенмен, нақты өнімділік процессор, жадты кэштеу, карталар арасындағы өзара әрекеттесу, операциялық жүйе, шинаны енгізу, аналық плата микросхемалары жиынтығы және BIOS нұсқасы сияқты факторларға байланысты. Жақтауды түсіруде екі түсіру режимі бар: экраннан тыс және экран режимі.

Экраннан тыс түсіру режимі. Экраннан түсірілген кезде бейне алдымен жүйелік жадқа тасымалданады. Содан кейін ол VGA дисплейінің жадына жіберіледі (2-сурет). Жаңарту жылдамдығы қолданылатын VGA картасына, түсіру терезесінің өлшеміне және таңдалған түс бит өлшеміне байланысты өзгереді. Бейне кадр жиілігі жүйенің конфигурациясына байланысты секундына 5-тен 15 кадрға дейін болуы керек. Бұл режим кез-келген VGA карталарында қолдануға арналған.



Сурет –2 Экраннан тыс түсіру режимі

Экранда түсірілген кезде бейне тікелей дисплей жадына жіберіледі (3-сурет). Толық өткізу қабілеттілігіне қол жеткізу үшін жоғары өнімді дисплей картасын пайдалану қажет. Бұл VGA мониторында бейнені секундына 30 кадрда толық көрсетудің ең жақсы тәсілі.



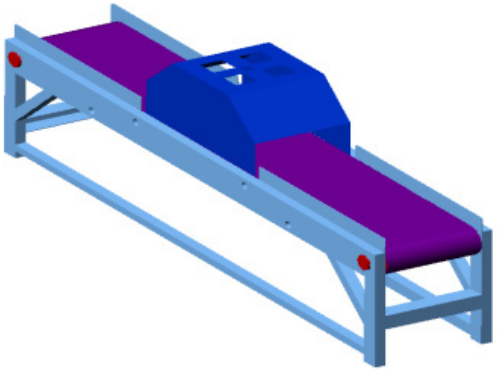
Сурет – 3 Экранда түсіру режимі

Пластикалық бөтелкелерді түсі бойынша сұрыптаудың автоматты жүйесі екі негізгі бөліктен тұрады:

- Механикалық бөлігі;
- Машиналық көру жүйесі.

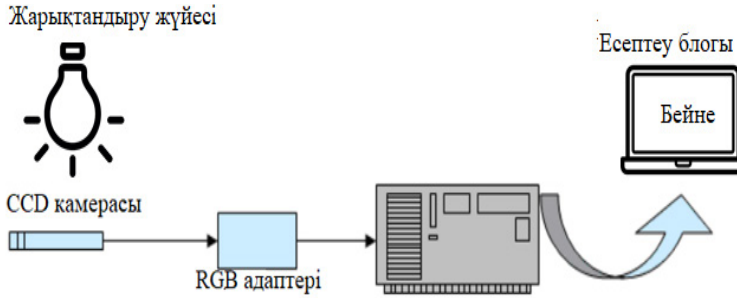
Механикалық бөлігі. Зауыттағы практикалық жағдайда тұрмыстық қалдықтардан жасалған пластикалық бөтелкелер таспалы конвейерлермен тасымалданады және басқару жүйесі қозғалыста ұсталған пластикалық бөтелкелердің суреттерінде жұмыс істейді. Механикалық жүйе конвейерлік жүйемен ұсынылған, ол негізінен беріліс қорабы бар айнымалы ток қозғалтқышымен басқарылатын резеңке жолақ болып табылады. Қозғалтқыштың айналу жиілігі жиілік түрлендіргішімен реттеледі, бұл жүйе тексерілгендерді жібереді. Бөтелке жүйенің ортасына орнатылған басқару камерасы арқылы қорап тексерілетін бөтелкені сыртқы жарықтандырудан оқшаулайтын және қораптың жоғарғы жағына орнатылған шамдармен сынақ аймағын тұрақты жарықтандыруды қамтамасыз ететін етіп жасалған. Шамдар қораптың шатырының ортасына орнатылған CCD камерасын қоршайды.

Жүйенің прототипі тексеру үшін қозғалтқышты тоқтатпай, бөтелкенің түсін жылдам анықтауға арналған. Сондықтан қозғалтқыштың жылдамдығы сызықтық жылдамдық диапазонын қамтамасыз ететіндей етіп анықталды. 4-суретте жүйенің схемалық диаграммасы көрсетілген



Сурет – 4 Механикалық жүйенің схемасы

Көру жүйесі. Көру жүйесінің алдында пластикалық бөтелкелердің суреттерін түсіру, алынған кескіндерді өңдеу, түс белгілерін алу және бөтелкенің түсін жіктеу міндеті тұр. Көру жүйесі RGB адаптері бар CCD камерасынан, кадр түсіру құрылғысынан, артқы жарық блогынан, есептеу блогынан және дисплей блогынан тұрады.



Сурет –5 Машиналық көру жүйесінің негізгі компоненті

CCD камерасы пикселдерінің үш түрлі толқын ұзындығына (қызыл, жасыл және көк) реакциясы болып табылатын аналогтық сигналдарды шығарады. Бұл сигналдарды RGB адаптері қабылдайды және NTSC аналогтық сигналына түрлендіреді. Сигналды сандық түсті кескінді алу үшін кескіннің мультиспектральды сигналын іріктеуді, цифрландыруды және кванттауды жүзеге асыратын кадрларды түсіру құрылғысы алады. Кескінді түстерді жіктеу алгоритмдерін орындайтын өңдеу блогы талдайды. 5-суретте машиналық көру жүйесінің негізгі компоненті көрсетілген.

Алдын ала өңдеу операциялары қажетті өлшемдерді орындау және белгілерді алу және оларды классификаторларға беру үшін деректерді талдау арқылы алынған кескінді дайындау үшін қолданылады. Алдын ала өңдеу шуды және артық деректерді азайтуға бағытталған, өйткені жеткіліксіз детекторлар мен жарықтандыру, тегіс емес беттегі жарықтандыру немесе басқа шу көздеріне байланысты оңтайлы сапалы кескін алу кейде мүмкін емес [13].

Пластикалық бөтелкенің түсін анықтаудағы ықтимал қиындықтар мен мәселелер конвейер таспасының кескінінен бөтелке кескінін ажырату және қозғалыстағы пластик бөтелкенің бұлдырлығын жою кіреді. Бөтелкенің түсін бөтелке суретінің ерікті аймағынан анықтау мүмкін емес, өйткені анықтау процесінде сыртқы жапсырма мен қақпақтың түсі кедергі келтіреді. Классификация алгоритмі геометриялық тәуелсіз болуы керек, яғни ол әртүрлі бағытта орналасқан бөтелкелерді анықтау тиіс болады.

Алынған кескінді өңдеудің басында анықталған бөтелке кескінін фондық конвейер таспасынан оқшаулау өте маңызды. Бұл әрекет өңделетін пикселдер деректерінің көлемін азайтады. Бұл операцияның дәлдігі келесі сұрыптау операцияларының нәтижелері үшін өте маңызды.

Қозғалмалы фонда қозғалмайтын объектінің бейнесін алу үшін фондық алу әдісі кеңінен қолданылады. Конвейерге түскен түсті зат кездейсоқ болғандықтан, конвейер уақыт өте келе ластануы сияқты түрлі түсті шулар

пайда болуы мүмкін. Бұл әсерді азайту үшін конвейерде әртүрлі анықтамалық белгілер орналастырылады және фондық кескінді өңдеу арқылы үздіксіз жаңартылып отырады.

Бөтелкенің жапсырмасы мен қақпағы бөтелке түсін көрсетпейді, сондықтан пластикалық бөтелкенің бағытын табу оның түсін анықтаудың маңызды қадамы болып табылады. Бұл жұмыста бөтелке бағытын табу үшін негізгі құрамдас талдау (PCA) қолданылады. PCA өлшемді азайту және деректерді қысу үшін кеңінен қолданылады және деректер жиынтығының негізгі осін анықтау үшін тиімді әдіс болып табылады.

PCA-да екілік кескіндегі ақ пикселдердің (алдыңғы пландағы пикселдердің) XY координаталарымен ұсынылған екі өлшемді кеңістіктегі N нүктеден тұратын S жиыны немесе функция векторлары эквивалентті өлшемді кеңістікке проекциялануы мүмкін, мұнда трансформацияланған векторлардың құрамдас бөліктері корреляциясыз болуға бағытталған (яғни векторлардың шашырау матрицасы диагональ бойынша орналасқан). Осы құрамдастардың біріншісі d құрамдастарынан ең үлкен ауытқуды қамтамасыз етеді. Нәтижесінде негізгі компоненттерді түрлендіруді тасымалдау және таза айналу деп санауға болады. Екі өлшемді кеңістікте X координаттар жүйесіндегі объект нүктелерінің жиынтығы болады.

Қорытынды

Бұл мақала пластикалық бөтелкелерді автоматты сұрыптауға арналған бірнеше деңгейлі классификаторлардың бір түрі: түс бойынша CCD камерасына негізделген машиналық көру арқылы түстерді жіктеу қарастырылды. Әрбір жіктеу кезеңі екі негізгі архитектурадан тұрады: аппараттық және бағдарламалық жасақтама архитектурасы. Пластикалық бөтелкенің түсін тану тапсырмасына қол жеткізу үшін квадраттық дискриминант функциясына негізделген классификатор мен шешім ағашының классификаторы біріктірілді.

Мақала авторлары жақын инфрақызыл спектроскопияның көмегімен бастапқы мәліметтер жинақтап, Машиналық оқытуды қолдану арқылы пластикалық типті жіктеу, яғни пластиктің түрлері бойынша сұрыптау және екінші өңдеуге жатпайтын зиянды қалдықтары бар жіктеулер бойынша да жұмыстар жүргізуде.

Бұл жүйе бір бөтелке классификациясын емес, бірнеше бөтелке классификациясын қолдау үшін кейінірек әзірленуі мүмкін. Пішін классификациясы қатты деформацияланған пластик бөтелкелерді, сондай-ақ бөтелке емес пішінді пластикалық материалдарды бөлу үшін де жүзеге асырылуы мүмкін.

Сұрыптау қадамы қайта өңдеу процесінің ажырамас бөлігі болып табылады, сондықтан автоматтандырылған сұрыптау жүйесіне қажеттілік

жоғары өнімділік пен дәлдікке деген өсу қажеттілігінің табиғи нәтижесі ретінде қарастырылуы мүмкін. Нақты дәлдікке қол жеткізе отырып материалды қолмен сұрыптауға болады, бірақ өнімділік пен өндіріс құнының құны бойынша, әсіресе ауқымды өңдеуге қатысты болғанда тиімсіз болып табылады. Сондай-ақ, әзірленіп жатқан әдістер мен оларды шешудің бағдарламалық-алгоритмдік құралдары басқару теориясының, шешімдер қабылдаудың зияткерлік жүйелерінің ғылыми әдістерін әлемде және Қазақстанда дамытуға мүмкіндік береді. Болашақта күтілетін нәтижелер оңтайлы режимдерді табуға және Қазақстан Республикасының өндірістік кәсіпорындарының күрделі технологиялық объектілері мен процестерін тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Padilla-Magaña, Sánchez-Suárez J. I. and Oseguera-Espinoza P.** «Untomatic control of a color sorting machine using the PixyCam CMUCAM5 for quality assurance» // Technology and Innovation Magazine. – Vol 3. – No. 8. P 35–44, September 2016, Bolivia.

2 **Arenas, A.** «Design and implementation of a scale prototype of a vision color sorting machine» Catholic University of Santiago de Guayaquil, September 2018, Ecuador.

3 **Zhaokun,W., Binbin, P., Huang, Y. and Sun G.,** «Classification for plastic bottles recycling based on image recognition» // Waste Management. – Vol. 88. P 170–181. – April 2019, Elsevier Ltd.

4 DF Robot, «DF Robot: Drive the Future». – 2017 [Electronic resources] .URL:https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/DFRobot%20PDFs/SEN0101_Web.pdf

5 **Efraim G. and Benny, A.** «Development of Robotic Arm for Color Based Goods Sorter in Factory Using TCS3200 Sensor with a Web-Based Monitoring System» // 2018 Third International Conference on Informatics and Computing (ICIC). – Agosto 2018. – DOI 10.1109/IAC.2018.8780461. – IEEE, Indonesia.

6 **Sachdeva A., Gupta, M. Pandey, M. and Khandelwal, P.** «Development Of Industrial Automatic Multi Colour Sorting and Counting Machine Using Arduino Nano Microcontroller and TCS3200 Colour Sensor,» // The International Journal of Engineering and Science (IJES). – Vol. 6. – P. 56–59. 2017. – India

7 **H. A. Rodriguez-Arias and A. Mendoza-González.** «Automatic Classification System by Color of Plastic Bottle Caps (SISAC)» // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering 844 012037, 2020.

8 **Child, J.** «Vision-Based Sorting System Helps Recyclers Distinguish a Spectrum of Plastic-Bottle Colors using Custom Image-Processing Software»

Vision System Design, Web Article. 2002. [Electronic resource] – http://vsd.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Archives&Subsection=Display&ARTICLE_ID=133298&KEYWORD=DALSA.

9 **Davies, E. R.** «Machine Vision : Theory, Algorithms, Practicalities». – ISBN 0122060938. – Amsterdam ; Boston : Elsevier., 2005

10 **Gonzalez, R. C. Woods, R. E.** «Digital Image Processing». – ISBN 0-201-18075-8. – Second Edition. Prentice Hal., 2002.

11 JETI Technische Instrumente GmbH «Basics of Spectral Measurement».– 2005, May

12 Image Acquisition Tutorial, Developer Zone, National Instruments. [Electronic resource] – URL: http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/a49b1d8d7fe14f1a86256b250077210c?OpenDocument.

13 **Y. Tachwali, Y. Al-Assaf, A.R. Al-Ali,** Automatic multistage classification system for plastic bottles recycling «Resources, Conservation and Recycling 52». P. 266–285–2007.

REFERENCES

1 **Padilla-Magaña, J. Sánchez-Suárez I. and Oseguera-Espinoza P.** «Untomatic control of a color sorting machine using the PixyCam CMUCAM5 for quality assurance» // Technology and Innovation Magazine. – Vol 3. – No. 8. – P. 35–44. – September 2016, Bolivia.

2 **Arenas, A.** «Design and implementation of a scale prototype of a vision color sorting machine». Catholic University of Santiago de Guayaquil – September 2018 – Ecuador.

3 **Zhaokun, W., Binbin, P., Huang Y. and Sun G.,** «Classification for plastic bottles recycling based on image recognition» // Waste Management. – Vol 88 – P. 170–181 – April 2019. – Elsevier Ltd.

4 **Robot, DF** «DF Robot: Drive the Future» 2017. [Electronic resource] URL:https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/DFRobot%20PDFs/SEN0101_Web.pdf

5 **Efraim G. and Benny A.,** «Development of Robotic Arm for Color Based Goods Sorter in Factory Using TCS3200 Sensor with a Web-Based Monitoring System» // 2018 Third International Conference on Informatics and Computing (ICIC) – Agosto 2018 – DOI 10.1109/IAC.2018.8780461, IEEE, Indonesia.

6 **Sachdeva, A. Gupta, M. Pandey, M. and Khandelwal P.,** «Development Of Industrial Automatic Multi Colour Sorting and Counting Machine Using Arduino Nano Microcontroller and TCS3200 Colour Sensor» // The International Journal of Engineering and Science (IJES). – Vol. 6 P. 56–59 – 2017. – India

7 **Rodriguez-Arias, H. A. and Mendoza-González A.,** «Automatic Classification System by Color of Plastic Bottle Caps (SISAC)» // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – 844 012037. – 2020.

8 **Child, J.** «Vision-Based Sorting System Helps Recyclers Distinguish a Spectrum of Plastic-Bottle Colors using Custom Image-Processing Software» Vision System Design, Web Article. 2002. [Electronic resource] – http://vsd.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Archives&Subsection=Display&ARTICLE_ID=133298&KEYWORD=DALSA.

9 **Davies, E. R.** «Machine Vision : Theory, Algorithms, Practicalities». – ISBN 0122060938 – Amsterdam ; Boston : Elsevier., 2005.

10 **Gonzalez, R. C. Woods R. E.,** «Digital Image Processing». – ISBN 0-201-18075-8 – Second Edition. Prentice Hal., 2002.

11 JETI Technische Instrumente GmbH «Basics of Spectral Measurement» – 2005, May.

12 Image Acquisition Tutorial, Developer Zone, National Instruments. URL: [Electronic resource] – http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/a49b1d8d7fe14f1a86256b250077210c?OpenDocument

13 **Tachwali Y., Al-Assaf Y., Al-Ali A.R. ,** Automatic multistage classification system for plastic bottles recycling «Resources, Conservation and Recycling 52» – P. 266–285 – 2007.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

**Н. А. Алимбекова[1], Б. К. Мусетова[2], А. К. Жумадиллаева[3]*
[1,2,3] Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана.
Материал поступил в редакцию 13.03.23.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КЛАССИФИКАЦИИ ПЛАСТИКОВЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ СОРТИРОВКИ

В данной статье представлена модель классификации сортировки пластиковых контейнерах, нуждающейся во вторичной переработке, которая на сегодняшний день стала глобальной экономической и экологической проблемой. В предлагаемом проекте рассматриваются возможные модели автоматического разделения и классификации пластиковых бутылок по цвету с целью упрощения механизма работы на сортировочных предприятиях при производстве переработки пластиковых отходов. Это необходимо для разработки интеллектуальной системы на основе машинного зрения, способной изучать и идентифицировать новые наборы цветов,

проявляющиеся в различных материалах (непрозрачных, прозрачных или полупрозрачных), для работы с расширяющимся набором цветов. В качестве автоматической системы сортировки пластиковых бутылок по цвету рассматривались механическая часть и система машинного зрения. Показано, что для сортировки бутылок по цвету используются CMyCam5, датчик технического зрения PixyCam, датчик цвета TCS3200, CCD и различные камеры. Камера излучает сигналы, пиксели CCD которых реагируют на три основные длины волн. Сортировка пластиковых бутылок по цвету была показана как один из видов классификации, и в дальнейших исследованиях автора упоминаются и другие этапы.

Ключевые слова: переработка пластика, классификация, цифровое изображение, машинное зрение, CCD камера.

**N. Alimbekova[1], B. Musetova[2], A. Zhumadillayeva[3]*
[1,2,3] L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Astana
Material received on 13.03.23

DEVELOPMENT OF A CLASSIFICATION MODEL FOR PLASTIC CONTAINERS FOR FURTHER SORTING

This article presents a classification model for sorting plastic containers in need of recycling, which has become a global economic and environmental problem today. The proposed project considers possible models for automatic separation and classification of plastic bottles by color in order to simplify the mechanism of work at sorting enterprises in the production of plastic waste processing. This is necessary to develop an intelligent machine vision system capable of learning and identifying new sets of colors appearing in different materials (opaque, transparent or translucent) to work with an expanding set of colors. As an automatic system for sorting plastic bottles by color, the mechanical part and the machine vision system were considered. It is shown that CMyCam5, PixyCam vision sensor, TCS3200 color sensor, CCD and various cameras are used to sort bottles by color. The camera emits signals whose CCD pixels respond to three main wavelengths. The sorting of plastic bottles by color was shown as a type of classification and other stages were referred to.

Keywords: plastic recycling, classification, digital image, machine vision, CCD camera.

МРНТИ 44.31.01

doi.org/10.48081/VJTG6647

М. А. Ануарбеков[1], Ж. А. Айдымбаева[2], Н. Н. Саракешова[3]
[1,3]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана;
[2]Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, Республика Казахстан, г. Алматы;
email: ma-0795@mail.ru

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЖИГАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГАЗА

В статье приводится описание экспериментального стенда для сжигания синтетического газа в горелочном устройстве. Синтетический газ является низкореакционным топливом, состав которых постоянно изменяется, в связи с этим необходимо выбрать оптимальный угол стабилизаторов для эффективного сжигания синтетического газа разного состава. Приведены результаты экспериментов с разными стабилизаторами, первый – с углом стабилизаторов равным 45, второй – 60, третий – полукруг. В каждом эксперименте было по 7 режимов. В начале в каждом эксперименте был установлен оптимальный режим по расходу газа и скорости воздуха. В последующих режимах скорость воздуха изменялась, а расход газа был постоянным. В ходе эксперимента, исследовалось влияние угла стабилизаторов на процессы стабилизации, эффективное сжигание синтетического газа с устойчивым горением и уменьшением образования вредных выбросов. Уголковые стабилизаторы для экспериментального стенда были представлены в трех вариантах (45, 60 и полукруг) для нахождения оптимального угла стабилизатора при котором происходит устойчивое горение с низким выходом вредных выбросов оксидов азота. Было проведено достаточно экспериментов, чтобы уменьшить значения абсолютной погрешности. После сбора всех

необходимых данных по исследуемым параметрам вычислялись средние значения арифметических или геометрических параметров. По данным результатов эксперимента были построены графики (полноты сгорания, температурной неравномерности, концентрации веществ), и по ним сделано обсуждение.

Ключевые слова: горелочное устройство, уголковые стабилизаторы, синтетический газ, закрученные потоки, коэффициента избытка воздуха, полнота сгорания.

Введение

Возобновляемые источники энергии, в том числе использование синтетический и биогазов для Казахстана являются актуальными. А индивидуальные аграрные хозяйства все больше нуждаются в универсальных горелочных устройствах, в которых эффективно можно было бы сжигать синтетические газы разного состава. Это возможно в микрофакельных горелках с изменением степени закрутки потока воздуха.

Известно горелочное устройство для сжигания низкокалорийных топлив – трубчатая горелка [1], в котором топливо поступает из множество трубок, а воздух для горения через межтрубное пространство. Смешивание происходит в струйных потоках на выходе из труб. Недостатком такого устройства является плохое перемешивание топлива с окислителем, как следствие его низкая эффективность горения и высокое содержание выбросов.

Прототипом изобретения является блок горелки для сжигания низкокалорийных газов [2], который содержит расширительную трубу горелки с трубой подачи топливовоздушной смеси (ТВС) расположенной на одной оси с ним; на выходе расширительной трубы имеется распределительный узел с завихрительными лопатками с углами поворота 20–45° относительно оси горелки, а с наружи горелки в распределительный узел соединен дефлектор в форме усеченного конуса расширяющегося от выхода горелки относительно оси горелки на 20–45°.

Прототипу присуще следующие недостатки: необходимость подачи предварительно перемешанной ТВС, низкая стабилизация пламени выходным дефлектором и для стабилизации пламени необходимость установки вспомогательных горелок. А также выходной дефлектор имеет низкую микрофакельность горения, как следствие его высокие локальные температуры, соответственно, большие выбросы NOx [3].

В работах [4] разработана конструкция горелки для сжигания синтетических газов, называемая противоточная вихревая горелка. Противоточная вихревая горелка состоит из вихревой камеры, куда поступает топливо и входит окислитель закрученным тангенциальным потоком.

Из-за сильной закрутки потока, воздух с топливом, перемешиваясь, в центре горелки создает противоточное вихревое ядро направленное к выходу вихревой камеры. На выходе из вихревой камеры устанавливается сопло-диафрагма для предотвращения проскока пламени. Авторы показывают, что применение особенностей диафрагмированных ограниченных закрученных течений позволяет увеличить время пребывания ТВС в зоне высокой температуры и повысить устойчивость горения в обеднённой по отношению к топливу смеси за счет организации в проточной части горелочных устройств газодинамического противотока вихрей, а так же развитых крупномасштабных рециркуляционных течений [5, 6]. Эффекты применяемые в противоточной вихревой горелке также используется и циклонно-вихревой горелке Штыма, которая используется в котлах для сжигания твердого топлива [7].

Разработанная и исследованная горелка может быть использована в различных топливосжигающих устройствах, где будет использован синтетический и биогаз в качестве топлива. Полученные результаты исследования будут полезны для создания малотоксичных камер сгорания, теплогенераторов и водогрейных котлов.

Материалы и методы

В ходе эксперимента перед началом каждого режима записывались показания на счетчике и время начала, а после окончания режима записывалось время окончания с показаниями на счетчике. Таким образом, мы смогли определить время и расход газа в режиме. Расход газа определяем следующим образом:

$$G_{\text{Г}} = \frac{\Delta G_{\text{Г}}}{\Delta \tau}, \text{кг/с} \quad (1)$$

где $\Delta G_{\text{г}}$ – расход газа в кг за отрезок времени $\Delta\tau$.

Регулируем необходимый воздух, устанавливая регулятор (заслонка), который регулирует поток воздуха на выходе вентилятора. В каждом режиме статическое давление воздуха на входе в горелку измерялось с помощью многофункциональной измерительной системы Testo 454 п.

Определяя статическое давление воздуха на входе в горелку, определяем скорость воздуха в каждом режиме следующим образом [8]:

$$w_{\text{В}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \text{P}_{\text{В}}}{\rho}}, \text{м/с} \quad (2)$$

где, ρ – плотность воздуха, 1,225 кг/м^3;

$P_В$ – статическое давления воздуха на входе в камеру сгорания, Па.

Расход воздуха, кг/с:

$$G_В = w_В \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}, кг/с \quad (3)$$

где, $w_В$ – скорость воздуха,м/с;

d – диаметр при выходе вентилятора, м.

Избыток воздуха α [1] рассчитывался по следующему уравнению:

$$\alpha_\Sigma = 3600 \cdot \frac{G_В}{G_г \cdot L_0} \quad (4)$$

где, L_0 – стехиометрический коэффициент [8];

Коэффициент полноты сгорания топлива. Из уравнения теплового баланса камеры, отнесенного к 1 кг сжигаемого топлива [8]:

$$\eta_г = \frac{(1+\alpha_\Sigma \cdot L_0)\cdot(c_{рг}\cdot T^*_г - c_{рг}\cdot T^*_0) - \alpha_\Sigma \cdot L_0 \cdot (c_{рв}\cdot T^*_в - c_{рв}\cdot T^*_0) - (c_{рт}\cdot T^*_т - c_{рт}\cdot T^*_0)}{Q^р_н} \quad (5)$$

где, $T^*_г$ – температура газов на выходе из камеры сгорания, К [8];

T^*_0 – стандартная температура определения теплоты сгорания топлива, К [8];

$T^*_в$ – температура воздуха на входе в камеру сгорания, К [8];

$T^*_т$ – температура топлива на входе в форсунку [8];

$Q^н_р$ – низшая теплота сгорания рабочего топлива [8] кДж/кг; МДж/м$_3$.

$c_{рв}$, $c_{рг}$, $c_{рт}$ – средняя массовая теплоемкость воздуха, газа и топливы при температуре, стоящей сомнозителем у названного параметра, кДж/кг · К [9];

Определение степени неравномерности поля температур на выходе из камеры сгорания. При расчете искомой общей неравномерности, в результате обработки полученных в ходе эксперимента, выбираются максимальное и минимальное значение температуры.

$$\delta = \frac{T^*_{г.max} - T^*_{г.min}}{T^*_В} \cdot 100\% \quad (6)$$

где, $T^*_{г.max}$, – температура газов на выходе из камеры сгорания, К [8];

Описание экспериментального стенда

Целью проведения экспериментального исследования горелочных устройств для сжигания синтетических газов на основе закрученного потока служит экспериментальный стенд описанный ниже.

Стенд для изучения горелочных устройств с разными уголковыми стабилизаторами, которые относятся к микрофакельному способу сжигания топлива представлен на рисунке 1.

Подача топлива осуществлялась газбалоном ***1***, температура газа соответствовала температуре наружного воздуха, которая составляла 26300С. Перед подачей к горелочному устройству с помощью измерительных приборов: манометр ***2*** и газовый счетчик ***3***, измерялись основные характеристики топлива.

Источником воздуха был вентилятор ***4*** радиальный «Venus DF5» улитка центробежная высокого давления.

На выходе из вентилятора 4 была установлена стабилизационная труба ***5*** длина, которой составляла 120 см, а диаметр ∅ 15 см. Она предназначена для выравнивания полей скоростей.

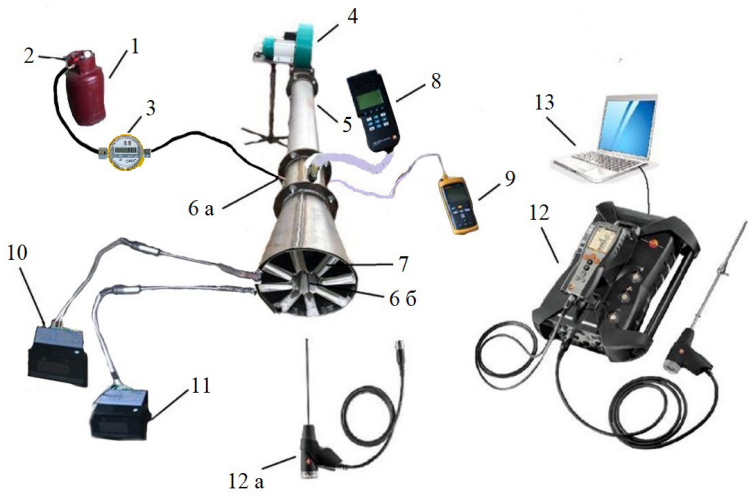
В стабилизационной трубе диффузора фронтового устройства с горелкой *7* находится мерный участок 6а для измерения параметров подающего воздуха из вентилятора. В мерном участке ***6а*** установлены коллекторы статического давления и насадок полного давления 8, которые входят в многофункциональную измерительную систему «TESTO 454-п», для определения расхода и поля скоростей потока, а температура воздуха на входе определялась с помощью контактного термометра «Fluke 52 II» **9**.

Температура продуктов сгорания измерялась с помощью термопары типа термопара хромель-алюмелевая (ТХА) «Метран 231-02» ***10***, диапазон измерения которой составляет от -40 0С до +1200 0С, а температура воздуха на выходе из горелки измерялась с помощью термопары типа термопара хромель-копелевая (ТХК) «Метран 232-02» ***11***, которая предназначена для измерения значений температуры воздуха до 800°С.

На выходе из горелки *7* проводился газовый анализ, измерение температур, скоростей потоков газовых сред с использованием газоанализатора «TESTO 350». Анализ проб продуктов сгорания для химического анализа производился на выхлопе зондом «Testo-350» ***12а.***

С помощью портативного компьютера ***13*** осуществлялся сбор данных по всем измерительным прибора экспериментального стенда.

В качестве микрофакельного горелочного устройства использовано микрофакельная горелка для сжигания синтетических газов по патенту на изобретение РК № 35652 [10] и биогазов по патенту на изобретение РК №35652 [3].



1 – газбалон (пропан), 2 – клапан, 3 – газовый счетчик, 4 – вентилятор, 5 – стабилизирующая труба, 6 а – топливоподающая трубка, 6 б – топливоподающая трубка каждому стабилизатору, 7 – стабилизаторы, 8 – многофункциональная измерительная система testo 454 п, 9 – контактный термометр Fluke 52 II, 10 – термопара храмель копелевая, 11 – хромель-алюмелевая термопара, 12, 12 а – газоанализатор Testo 350, 13 – портативный компьютер.

Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда с измерительным приборами

Синтетический газ является низкореакционным топливом, состав которых постоянно изменяется, в связи с этим необходимо выбрать оптимальный угол стабилизаторов для эффективного сжигания синтетического и биогаза разного состава. Уголковые стабилизаторы для экспериментального стенда были представлены в трех вариантах (45, 60 и полукруг) для нахождения оптимального угла стабилизатора при котором происходит устойчивое горение с низким выходом вредных выбросов оксидов азота. Общий вид уголковых стабилизаторов представлен на рисунке 2.

Рисунок 2 – Общий вид уголковых стабилизаторов

Результаты и обсуждение

По итогам проведенных экспериментальных исследований осуществляется сбор данных и их дальнейший анализ для эффективного сжигания синтетического газа с устойчивым горением и уменьшением образования вредных выбрасов.

Было проведено достаточно экспериментов, чтобы уменьшить значения абсолютной погрешности. После сбора всех необходимых данных по исследуемым параметрам вычислялись средние значения арифметических или геометрических параметров. По данным, полученным в эксперименте, были построены нижеследующие графики.

Полнота сгорания

На рисунке 3 представлены изменение полноты сгорания топлива от коэффициента избытка воздуха. При увеличении коэффициента избытка воздуха происходит повышение полноты сгорания до достижения максимума и затем снижение за счет участия большого количество воздуха, что приводит к повышению уноса топлива из зоны горения. Более резкое падение полноты сгорания топлива замечено для стабилизаторов имеющие полукруглую форму. Наибольшее изменение полноты сгорания происходит для стабилизаторов с углом 60˚, за счет снижения времени нахождения газов в зоне рециркуляции.

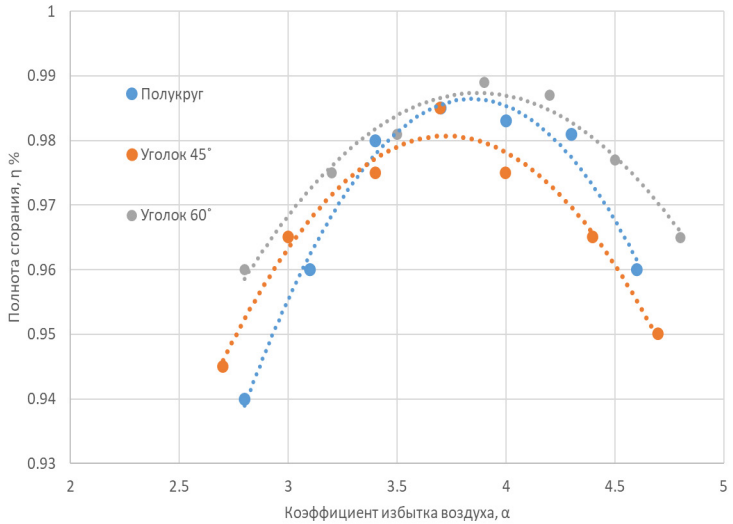


Рисунок 3 – Зависимость полноты сгорания
от коэффициента избытка воздуха

На рисунке 4 представлены зависимость полноты сгорания от скорости воздуха. Как видно из рисунка, наиболее полное горение обеспечивает полукруглый стабилизатор. Как видно из рисунка, наиболее полное сгорание топлива происходит при скоростях воздуха равным 10–12 м/с, что соответствует стехиометрическому соотношению топлива и воздуха. Наиболее эффективным стабилизатором с точки зрения полноты сгорания является стабилизатор в форме полукруга. Данное обстоятельство объясняется наиболее эффективным перемешиванием топлива с воздухом в зоне рециркуляции. Нименееэффективным является уголок в 45˚, так как такой уголок влияет меньше всего на структуру потока – создает наименьшие рециркуляционные зоны.

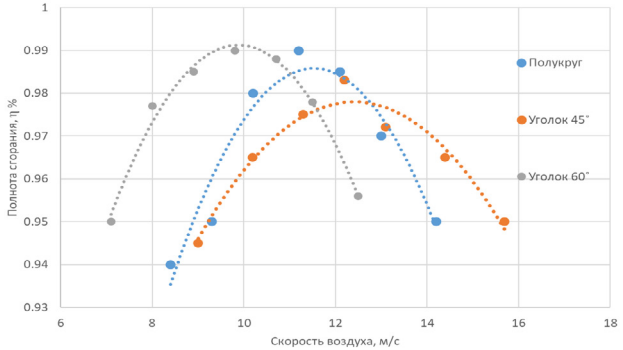


Рисунок 4 – Зависимость полноты сгорания от скорости воздуха

Температурная неравномерность

На рисунке 5 представлена зависимость температуры неравномерности от коэффициента избытка воздуха. Как видно из рисунка, увеличение избытка воздуха, т.е. увеличение расхода воздуха приводит к увеличению неравномерности в виду роста турбулентности в зоне горения. Большой поток воздуха, создает большие возмущения, что можно увидеть на рисунке 5, что приводит к образованию неравномерных течений, увлечению горячих потоков в сторону и другие процессы.

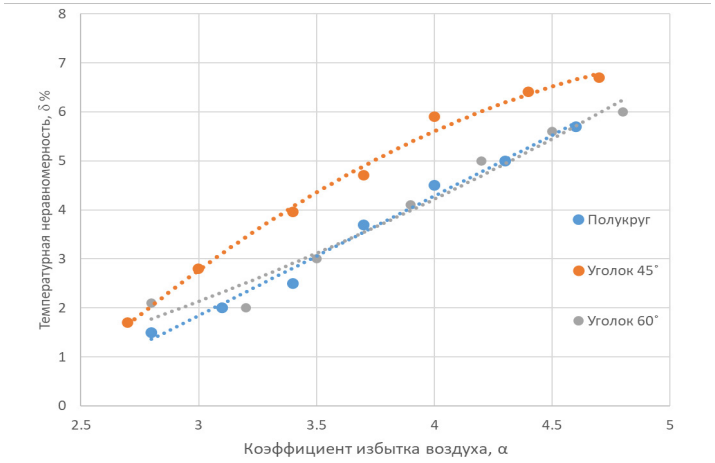


Рисунок 5 – Зависимость температуры неравномерности
от коэффициента избытка воздуха

На рисунке 6 представлена зависимость температуры неравномерности от скорости воздуха. Как видно из рисунке, наиболее эффективным с точки зрения обеспечения равномерного распределения температуры являются полукруглые стабилизаторы. Уголковые имеют схожий характер. Исследования показывают, что увеличение скорости приводит к увеличению температурной неравномерности, это объясняется повышением турбулентности течения потока.

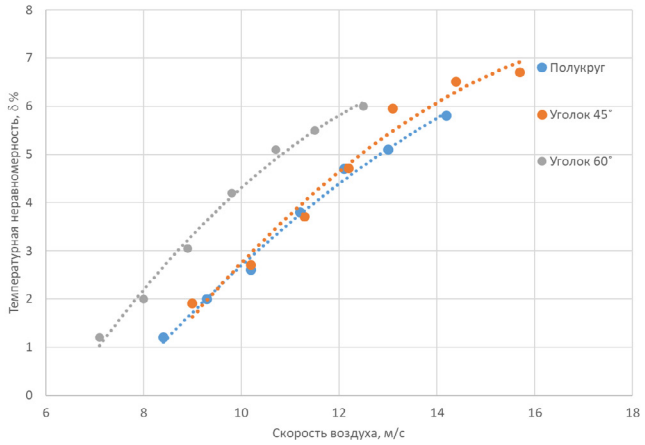


Рисунок 6 – Зависимость температуры неравномерности от скорости воздуха

Концентрации веществ

На рисунке 7 представлена зависимость концентрации оксидов азота от коэффициента избытка воздуха. Известно, что температура газов зависит от количества воздуха поступающего в зону горения. При увеличении воздуха в зоне горения средняя температура в ней снижается. Аналогично предыдущему графику, со снижением температуры газов, за счет наличиния большого количества воздуха в зоне горения, снижаются и концентрации оксидов азота. Наименьшие концентрации оксидов азота присущеи стабилизаторам в виде полукруга.

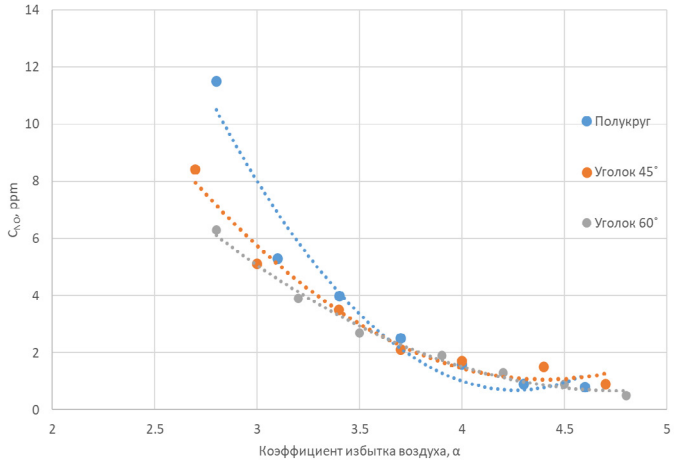


Рисунок 7 – Зависимость CNO от коэффициента избытка воздуха

Выводы

При проведение эксперимента с уголковыми стабилизаторами 45 в ряде случаях наблюдалось неполное сжигание топлива в связи с некачественным перемешиванием топливно-воздушной смеси и неразвитой зоной обратных токов на стабилизаторах, в следствии чего расход топлива увеличился до 1,2 г/с.

При проведение эксперимента с уголковыми стабилизаторами 60, были внесены изменения в количество стабилизаторов с 8 до 6 единиц, для увеличения межстабилизаторного пространства и уменьшения расхода топлива до 0,92 г/с. Однако, в ходе эксперимента наблюдалось нестабильное горение бедной смеси.

При проведение эксперимента с уголковыми стабилизаторами, выполненными в виде полукруга, наблюдалось горение синего пламени на выходе из горелки, что связано с развитой зоной обратных токов и качественным перемешиванием ТВС.

Эксперимент показал, что наиболее приемлемыми для эффективного сжигания синтетических и биогазов являются стабилизаторы в виде полукруга.

Хотелось бы отметить, что в ряде режимов при установке стабилизаторов с углами 4560 было зафиксировано наличие синего пламени, но в отношении к общему количеству просчитанных режимов эти случаи незначительны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Хзмалян, Д. М., Каган, Я. А.,** Теория горения и топочные устройства. Учебное пособие для студ. вузов. М. : «Энергия», 1976. – С. 174 – 175.

2. Патент RU2622353. Блок горелки для сжигания низкокалорийных газов/ Скачков, Р. А., Менгер, К., Гусев, М. П., Сердюк, К. М., Хан, В. К., Опубл. 2017–06–14

3 Патент на изобретение РК №35652. Микрофакельная горелка для сжигания синтетических газов/Ануарбеков, М. А., Достияров, А. М., Картджанов, Н. Р., Опубл. 06.05.2022.

4 **Гурьянов, А. И.,** Экспериментальное и теоретическое исследование механизмов горения в ограниченном закрученном потоке / Гурьянов, А. И., Пиралишвили, Ш. А., // Тепловые процессы в технике. – 2009. – Т. 1 – №5. – С. 170–177.

5 **Бирюк, В. В., Веретенников, С. В., Гурьянов, А. И., Пиралишвили, Ш. А., Вихревой** эффект. Технические приложения. Том 2 (Часть 1). М. : Научтехлитиздат, 2014. – 288 с.

6 Патент RU2740240C1. Горелка вихревая противоточная / Илиев, Р. Л., Мешков, С. А., Миславский, Б. В., Опубликовано 2021–01–12.

7 **Штым, А. Н.,** Аэродинамика циклонно-вихревых камер. – Владивасток: Изд. ДВГУ, 1984. – 200 с.

8 **Пчелкин, Ю. М.,** Камеры сгорания газотурбинных двигателей. – М. : Машиностроение, 1984. – 280 с.

9 **Пчелкин, Ю. М.,** Учебное пособие «Характеристики работы камер сгорания ГТД». М., 1978. – 282 с.

10 Патент на изобретение РК №35865. Горелочное устройство для сжигания биогаза/Ануарбеков М. А., Достияров А. М., Опубл. 30.09.2022.

REFERENCES

1 **Khzmalyan, D. M., Kagan, Ya. A.,** «Teoriya goreniya i topochnye ustrojstva», [Theory of combustion and furnace devices]. Textbook for students. universities. Moscow: Energia, 1976. – P. 174–175.

2 Patent RU2622353. «Blok gorelki dlya szhiganiya nizkokalorijnyh gazov», [Burner unit for burning low-calorie gases]/ Skachkov, R. A., Menger, K., Gusev, M. P., Serdyuk, K. M., Khan, V. K., Publ. 2017–06–14

3 Patent for the invention of RK No. 35652. «Mikrofakelnaya gorelka dlya szhiganiya sinteticheskih gazov», [Microfakel burner for burning synthetic gases]/ Anuarbekov, M. A., Dostiyarov, A. M., Kartdzhanov, N. R., Publ. 06.05.2022.

4 **Guryanov, A. I.** «Eksperimentalnoe i teoreticheskoe issledovanie mekhanizmov goreniya v ogranichennom zakruchennom potoke», [Experimental and theoretical study of combustion mechanisms in a limited swirling flow] / Guryanov, A. I., Piralishvili, Sh. A., // Thermal processes in technology. – 2009. – Vol.1– No. 5. – P. 170–177.

5 **Biryuk, V. V., Veretennikov, S. V., Guryanov, A. I., Piralishvili, S., A.** «Vihrevoj effekt», [Vortex effect]. Technical applications. Volume 2 (Part 1). Moscow: Nauchtekhlitizdat, 2014. – 288 p.

6 Patent RU2740240C1. «Gorelka vihrevaya protivotochnaya», [Countercurrent vortex burner] / Iliev, R. L., Meshkov, S. A., Mislavsky, B. V., Published 2021-01-12.

7 **Shtym, A. N.,** «Aerodinamika ciklonno-vihrevyh kamer», [Aerodynamics of cyclone-vortex chambers]. – Vladivastok: Publishing House of DVSU, 1984. – 200 p.

8 **Pchelkin, Yu. M.,** «Kamery sgoraniya gazoturbinnyh dvigatelej», [Combustion chambers of gas turbine engines]. – Moscow: Mechanical Engineering, 1984. – 280 p

9 **Pchelkin, Yu. M.,** Textbook «Harakteristiki raboty kamer sgoraniya GTD», [Characteristics of the combustion chambers of the gas turbine engine] . Moscow, 1978. – 282 p.

10 Patent for the invention of the Republic of Kazakhstan No. 35865. «Gorelochnoe ustrojstvo dlya szhiganiya biogaza», [Burner for biogas combustion] / Anuarbekov M. A., Dostiyarov A. M., Publ. 30.09.2022.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**М. А. Ануарбеков[1], Ж. А. Айдымбаева[2], Н. Н. Саракешова[3],*
[1,3]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.;
[2] Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және телекоммуникация университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ЭКСПЕРИМЕНТТІК СТЕНДТІҢ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ СИНТЕТИКАЛЫҚ ГАЗДЫ ЖАҒУҒА АРНАЛҒАН ЖАНАРҒЫ ҚҰРЫЛҒЫНЫҢ ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Мақалада жану құрылғысында синтетикалық газды жағуға арналған эксперименттік стендтің сипаттамасы келтірілген. Синтетикалық газ құрамы үнемі өзгеріп отыратын төмен реактивті отын болып табылады, осыған байланысты әртүрлі құрамдағы

синтетикалық газды тиімді жағу үшін стабилизаторлардың оңтайлы бұрышын таңдау қажет. Әр түрлі стабилизаторлармен тәжірибе нәтижелері келтірілген, біріншісі – стабилизаторлардың бұрышы 45°, екіншісі–60°, үшіншісі-жарты шеңбер. Әр экспериментте 7 режим болды. Басында әр экспериментте газ шығыны мен ауа жылдамдығы үшін оңтайлы режим орнатылды. Кейінгі режимдерде ауа жылдамдығы өзгеріп, газ шығыны тұрақты болды. Эксперимент барысында, әсері стабилизаторлар процестеріне тұрақтандыру, тиімді жағу синтетикалық газды тұрақты жануына азаюымен зиянды. Эксперименттік стендке арналған стабилизаторлар үш нұсқада ұсынылды (45°, 60° және жартылай шеңбер) стабилизаторлардың оңтайлы бұрышын табу үшін онда азот оксидтерінің зиянды шығарындыларының төмен шығуымен тұрақты жану жүреді. Абсолютті қателік мәндерін азайту үшін жеткілікті эксперименттер жүргізілді. Зерттелетін параметрлер бойынша барлық қажетті деректерді жинағаннан кейін арифметикалық немесе геометриялық параметрлердің орташа мәндері есептелді. Эксперимент нәтижелеріне сәйкес графиктер салынды (жанудың толықтығы, температураның біркелкі концентстігі, заттардың концентрациясы) және олар бойынша талқылау жасалды.

Кілтті сөздер: жану құрылғысы, стабилизаторлар, синтетикалық газ, бұралған ағындар, артық ауа коэффициенті, жану толықтығы.

**M. A. Anuarbekov[1], Zh. A. Aydimbayeva[2], N. N. Sarakeshova[3]*
[1,3]S. Seifullina, Kazakh Agrotechnical University,
Republic of Kazakhstan, Astana;
[2]Gumarbek Daukeev Almaty University of Power Engineering
and Telecommunications, Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 13.03.23

DESCRIPTION OF THE EXPERIMENTAL STAND AND THE RESULTS OF THE STUDY OF THE BURNER DEVICE FOR BURNING SYNTHETIC GAS

The article describes an experimental stand for burning synthetic gas in a burner device. Synthetic gas is a low-reaction fuel, the composition of which is constantly changing, and therefore it is necessary to choose the optimal angle of stabilizers for efficient combustion of synthetic gas of

different composition. The results of experiments with different stabilizers are presented, the first with the angle of the stabilizers equal to 45 °, the second – 60°, the third – a semicircle. There were 7 modes in each experiment. At the beginning of each experiment, the optimal mode for gas flow and air velocity was established. In subsequent modes, the air velocity changed, and the gas consumption was constant. During the experiment, the influence of the angle of stabilizers on the stabilization processes, the efficient combustion of synthetic gas with steady gorenje and reduction of harmful emissions was investigated. Corner stabilizers for the experimental stand were presented in three versions (45°, 60° and a semicircle) to find the optimal stabilizer angle at which stable combustion occurs with a low yield of harmful emissions of nitrogen oxides.Gorenje Enough experiments have been carried out to reduce the absolute error values. After collecting all the necessary data on the studied parameters, the average values of arithmetic or geometric parameters were calculated. According to the results of the experiment, graphs were constructed (completeness of combustion, temperature unevenness, concentration of substances), and a discussion was made on them.

Keywords: burner device, corner stabilizers, synthetic gas, swirling flows, excess air coefficient, completeness of combustion.

МРНТИ 44.29.31

doi.org/10.48081/DZGG2263

***Ю. Ф. Булатбаева[1], Р. Б. Косымбаев[2]**
[1,2]Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Республика Казахстан, г. Караганда
e-mail: julia_my_angel@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ ПЕРВОГО ПОДЪЕМА

В статье приведены результаты исследования об эффективности применения преобразователя частоты на насосных станциях первого подъема. Насосные станции первого подъема отличаются от насосных станций второго, третьего подъема тем, что работают на аккумулирующую емкость. Применение преобразователя частоты на насосных станциях первого подъема повышает энергоэффективность насосных агрегатов путем регулирования частоты вращения асинхронных электродвигателей и стабилизации уровня жидкости в аккумулирующих емкостях на одном уровне. В качестве объекта исследования выступает береговая насосная станция обогатительной фабрики Нурказган, предназначенная для забора воды и перекачки из Самаркандского в приемный резервуар. Проведен ряд исследований с применением математического моделирования в ППП Matlab&Simulink. На основе известных данных о насосных агрегатах, установленных на насосной станции была построена модель насосного агрегата со стабилизацией уровня воды в приемном резервуаре. В результате моделирования были получены основные зависимости основных параметров насоса от потребления жидкости из резервуара. С изменением потребления жидкости из резервуара изменяется скорость вращения насосного агрегата, напор и потребляемая мощность. Подача насоса и потребление в это время равны друг другу, поэтому необходимая мощность соответствует потребляемой мощности, в чем и состоит энергосбережение.

Ключевые слова: преобразователь частоты, насосная станция, энергоэффективность, электродвигатель, ППП Matlab&Simulink.

Введение

На сегодняшний день значительная часть электродвигателей в промышленности служит для привода насосных агрегатов. Насосные установки зачастую оборудованы асинхронными электродвигателями, что предоставляет возможность широкого выбора способов управления насосными агрегатами [1].

На практике сейчас имеется положительный опыт применения регулируемого электропривода на насосных станциях второго и третьего подъема. На десятках насосных станций второго подъема используются насосные агрегаты с регулируемым электроприводом [2].

Совсем по-другому обстоят дела с оценкой целесообразности применения регулируемого электропривода на насосных станциях первого подъема. Основным отличием процесса работы между насосными станциями первого и следующих подъемов является то, что первые работают не на водопроводную сеть, а на аккумулирующие емкости: резервуары, отстойники, бассейны, фильтры. Аккумулирующие емкости помогают сгладить нестабильность водопотребления. Из-за попыток сокращения строительных работ на некоторых станциях емкости резервуара недостаточно, чтобы выполнять аккумулирующую функцию. В этом случае аккумулирующий эффект снижается. Необходимость регулирования подачи насосных агрегатов возникает при необходимости поддержания уровня жидкости в резервуарах и реализуется цикличным включением и отключением насосных агрегатов с применением устройств плавного пуска [3].

В технической литературе практически не рассматривается целесообразность применения регулируемого электропривода для насосных агрегатов первого подъема. Однако эта проблема, несомненно, является актуальной, учитывая, что все города, крупные и промышленные предприятия нашей страны имеют станции первого подъема, оснащенные насосными агрегатами большой мощности [4].

В качестве объекта исследования выступает береговая насосная станция обогатительной фабрики Нурказган, предназначенная для забора воды из Самаркандского водохранилища и перекачки в приемный резервуар технической воды для подачи воды на обогатительную фабрику. На береговой насосной станции установлено два центробежных насоса Д630-90, оснащенные асинхронными электродвигателями 5АН315В4 мощностью 250 кВт (1 рабочий, 1 резервный).

Материалы и методы

Для исследования эффективности применения преобразователя частоты на береговой насосной станции обогатительной фабрики Нурказган была

разработана имитационная модель системы автоматического регулирования в ППП Matlab&Simulink.

Структурная схема электродвигателя при управлении частотным способом со стабилизацией уровня будет представлена в виде типовых динамических звеньев, а структурная схема насоса будет представлена в виде функциональных блоков, которые реализуют зависимости подачи, напора, мощности и момента статического сопротивления от скорости [5].

Исходные данные приведены в виде паспортных данных по приводному электродвигателю и насосу [6].

Паспортные данные по приводному электродвигателю:

1 Номинальная мощность – $P_{ном}$=250 кВт;

2 Номинальное напряжение – $U_{ном}$=380/660 В;

3 Номинальное скольжение – $s_{ном}$=0,02;

4 Номинальная частота вращения $n_{ном}$=1485 об/мин;

5 Номинальный КПД – $\eta_{дв.ном}$=0,943;

6 Номинальный коэффициент мощности - $\cos\varphi_{ном}$=0,9;

7 Перегрузочная способность двигателя – $\lambda=M_{max}/M_{ном}$=2;

8 Момент инерции двигателя – $J_{дв}$=3,7 кг·м^2.

Паспортные данные по центробежному насосу:

1 Паспортная подача – $Q_{ном}$=630 м^3/ч;

2 Паспортный напор - $H_{ном}$=90 м;

3 Паспортный КПД – $\eta_{н.ном}$=0,82.

Структурная схема насосного агрегата представлена на рисунке 1.

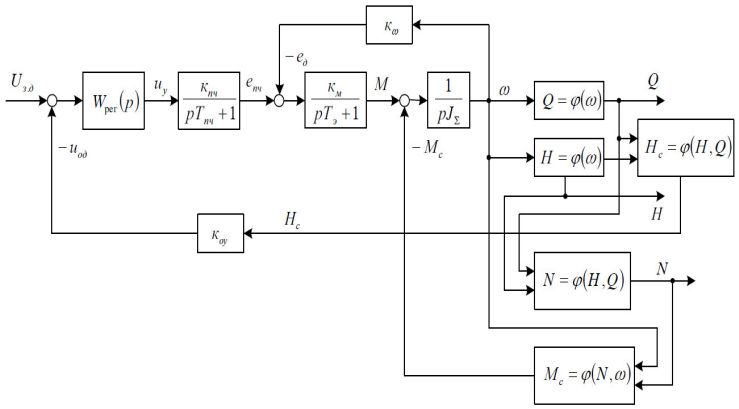


Рисунок 1 – Структурная схема частотно-регулируемого насосного агрегата со стабилизацией уровня жидкости в резервуаре

В блоках на структурной схеме на рисунке 1 будут реализованы зависимости подачи Q=f(ω), напора H=f(ω), мощности N=f(Q,H), и момента статического сопротивления M_c=f (N,ω) от угловой скорости насоса [7].

Дополнительные данные, необходимые для расчета:

1 Плотность перекачиваемой жидкости - ρ=1000 кг/м^3;

2 Разница геодезической высоты между высотой установки насоса и высотой подъёма воды (высота подъема жидкости) -$H_{под}$=30 м;

3 Высота резервуара $H_р$=9 м;

4 По данным предприятия потребление жидкости из резервуара колеблется от 150 до 600 м^3/ч , а среднее потребление составляет около $Q_{п.ср}$)=300 м^3/ч;

5 Время работы насоса в год $T_р$=8050 час/год;

Функциональная схема модели насосного агрегата с численными значениями для насоса Д-630-90 и двигателем 5АН315В4 приведена на рисунке 2.

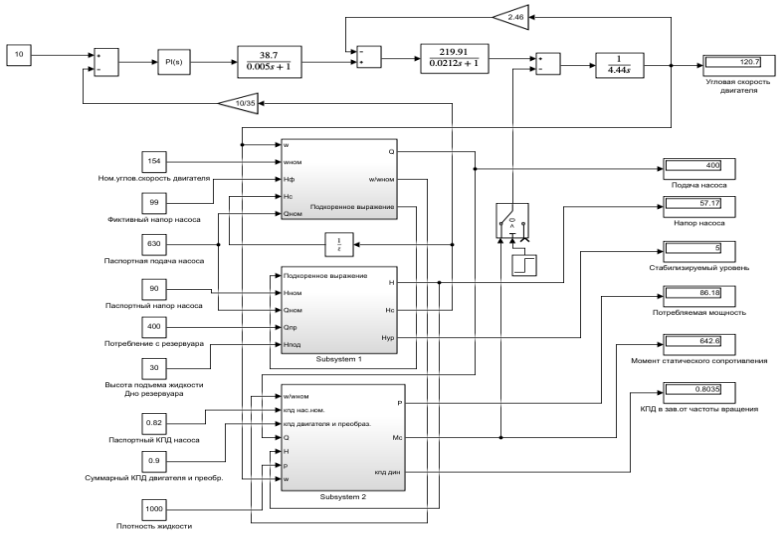


Рисунок 2 – Функциональная схема модели насосного агрегата со стабилизацией уровня жидкости в резервуаре

В подсистеме Subsystem реализована зависимость подачи насоса от угловой скорости насоса:

$$Q = Q_{\text{ном}}\sqrt{\frac{H_{\text{ф}}\left(\frac{\omega}{\omega_{\text{ном}}}\right)^2 - H_c}{H_{\text{ф}} - H_c}}$$

В подсистеме Subsystem 1 реализованы зависимости напора насоса от угловой скорости насоса и статического напора от расхода жидкости. Зависимость напора насоса от угловой скорости насоса описывается уравнением

$$H = H_c + (H_{\text{ном}} - H_c)\frac{H_{\text{ф}}\left(\frac{\omega}{\omega_{\text{ном}}}\right)^2 - H_c}{H_{\text{ф}} - H_c},$$

а статического напора от расхода жидкости следующим уравнением

$$H_{\text{ур}} = H_c - H_{\text{под}}.$$

При этом стабилизируемым параметром является статический напор.

Уровень жидкости в резервуаре вычисляется по формуле

$$H_{\text{ур}} = H_c - H_{\text{под}}.$$

В Subsystem2 собраны зависимости КПД, активной мощности насоса, потребляемой мощности насосом и статического момента сопротивления насоса от угловой скорости.

Описанные ниже зависимости используются для определения КПД, статического момента насоса, мощности, и потребляемой электроэнергии в режиме стабилизации уровня жидкости

$$\eta_{\text{н}} = 1 - \frac{1 - \eta_{\text{ном}}}{\left(\frac{\omega}{\omega_{\text{ном}}}\right)^{0,36}}$$

$$N = \frac{\rho Q H}{102\eta_{\text{н}}}$$

$$M_{\text{н.с}} = \frac{\rho \times Q \times H \times 10^3}{\omega \times 102 \times \eta_{\text{н}}}$$

Потребляемая мощность насосом вычисляется путем деления активной мощности насоса на произведение КПД преобразователя и двигателя.

Результаты и обсуждение

Изменяя потребление жидкости из аккумулирующей емкости, фиксируем численные значения параметров. Полученные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты моделирования при стабилизации уровня жидкости в резервуаре

$Q_п$,м³/ч	ω,рад/с	Q,м³/ч	H,м	$H_{ур}$,м	P,кВт
150	96,2	150	38,12	5	22,13
200	99,65	200	40,54	5	31,27
250	103,9	250	43,66	5	41,93
300	108,9	300	47,47	5	54,47
350	114,5	350	51,98	5	69,26
400	120,7	400	57,17	5	86,66
450	127,3	450	63,06	5	107
500	134,3	500	69,64	5	130,7
550	141,7	550	76,92	5	158,1
600	149,3	600	84,89	5	189,6

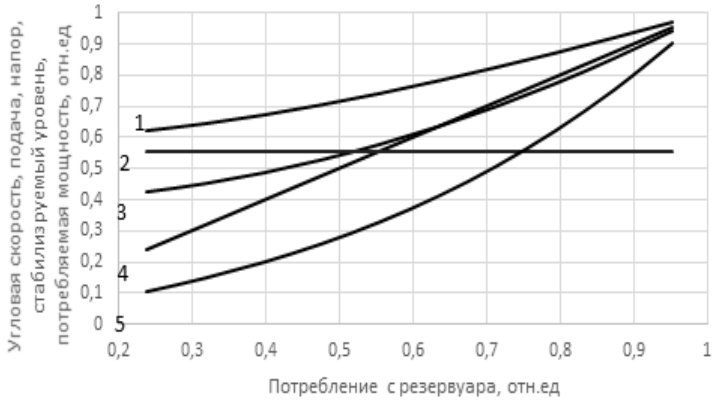
С повышением потребления жидкости увеличивается скорость насоса, напор и потребляемая мощность. Подача насоса и потребление равны друг другу, поэтому необходимая мощность соответствует потребляемой мощности [8].

Таблица 2 – Результаты моделирования при стабилизации уровня жидкости в резервуаре в относительных единицах

$Q_п^*$,м³/ч	ω*,рад/с	Q*,м³/ч	H*,м	$H_{ур}^*$,м	P*,кВт
0,238095	0,624676	0,238095	0,423556	0,555556	0,105381
0,31746	0,647078	0,31746	0,450444	0,555556	0,148905
0,396825	0,674676	0,396825	0,485111	0,555556	0,199666
0,47619	0,707143	0,47619	0,527444	0,555556	0,259381
0,555555	0,743507	0,555555	0,577555	0,555556	0,329809

0,63492	0,783767	0,63492	0,635222	0,555556	0,412666
0,714285	0,826624	0,714285	0,700667	0,555556	0,509523
0,79365	0,872078	0,79365	0,773778	0,555556	0,62238
0,873015	0,92013	0,873015	0,854667	0,555556	0,752856
0,95238	0,969481	0,95238	0,943222	0,555556	0,902856

Известно, что среднее водопотребление жидкости из резервуара составляет 300 м³/час при времени работы насоса 8050 час/год. С помощью модели определяем потребляемую мощность насосного агрегата P_2=54,47 кВт при стабилизации уровня жидкости в резервуаре $H_{ур}$=5 м [9]. Графические зависимости основных параметров насоса от потребления жидкости из резервуара приведены на рисунке 3.



1 – угловая скорость, 2 – стабилизируемый уровень, 3 – напор, 4 – подача, 5 – потребляемая мощность

Рисунок 3 – Графические зависимости основных параметров насоса от потребления жидкости из резервуара

Величина потребляемой электроэнергии в системе частотно-регулируемого электропривода со стабилизацией уровня жидкости в резервуаре

$$W_2 = P_2 \times T_р = 54{,}47 \times 8760 = 477157 \text{ кВтчас/год.}$$

Если не используется регулируемый электропривод, то поддержание уровня воды в резервуаре осуществляется путем циклического управления насосными агрегатами, то есть включением/отключением насосного агрегата

в зависимости от уровня в резервуаре [10]. При этом, можно считать насос работает при номинальных значениях подачи и напора, а мощность, потребляемая насосом, составляет:

$$P_1 = \frac{\rho \times Q_{ном} \times H_{ном}}{102 \times \eta_{н.ном} \times \eta_{дв.ном}} = \frac{1000 \times 0{,}175 \times 90}{102 \times 0{,}82 \times 0{,}943} = 199{,}68 \text{ кВт.}$$

Учитывая, что при среднем водопотреблении равном 300 м3/ч насосный агрегат будет работать в течении 11 часов в сутки для того, чтобы повысить уровень воды в резервуаре на необходимый уровень, то потребление электроэнергии при использовании нерегулируемого электропривода насоса

$$W_1 = P_1 \times T_р = 199{,}68 \times 4015 = 801715 \text{ кВтчас/год.}$$

Экономия электроэнергии при использовании частотно-регулируемого электропривода в системе стабилизации уровня жидкости в резервуаре:

$$\Delta W_{эл} = W_1 - W_2 = 801715 - 477157 = 324558 \text{ кВтчас/год.}$$

В этом и заключается концепция энергосбережения при работе преобразователя частоты в качестве управляющего устройства.

Выводы

Проведя анализ результатов исследования, был сделан вывод, о том, что при применении преобразователя частоты на насосных станциях первого подъема энергопотребление снижается в 2 раза. Также стоит заметить, что эффективность применения преобразователя частоты зависит от водопотребления и характеристики трубопровода. Для применения преобразователя частоты на насосных станциях первого подъема необходимо, чтобы присутствовала потребность в регулировании подачи в широких диапазонах. Также не имеет смысла применение преобразователя частоты в системах с высоким статическим напором (разность геодезических отметок между наивысшей точкой подачи воды и местом установки насоса), равным 60-70% от напора насосного агрегата.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Аникин, Ю. В., Царев, Н. С., Ушакова, Л. И.** Насосы и насосные станции : учебное пособие. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018.– 138 с.

2 **Зуев, К. И.** Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения: учебное пособие. – Владимир: Издательство ВлГУ, 2016. – 224 с.

3 **Лезнов, Б. С.** Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. – М.: Машиностроение, 2013. – 176 с.

4 **Фащиленко, В. Н.** Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий: учебное пособие. – М. : Издательство «Горная книга», 2012. – 260. с.

5 **Дьяконов, В. П.** MATLAB. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.

6 **Кацман, М. М.** Электрические машины. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 496 с.

7 **Шарапов, В. М., Полищук, Е. С.** Датчики: Справочное пособие. – М. : Техносфера, 2012. – 624 с.

8 **Абакумов, А. М.** Исследование системы стабилизации уровня жидкости в резервуарах // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». – 2021. – Т.29. – № 1. – С. 104-119.

9 **Денисенко, В. П.** ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // Современные технологии автоматизации. – 2006. – № 4. – С. 66–74.

10 **Денисенко, В. П.** ПИД-регуляторы: вопросы реализации // Современные технологии автоматизации. – 2007. – № 4. – С. 86–97.

REFERENCES

1 **Anikin, YU. V., Carev, N. S., Ushakova, L. I.** Nasosy i nasosnye stancii: uchebnoe posobie [Pumps and pumping stations: a tutorial]. – Ekaterinburg: Ural University Publishing house, 2018. – 138 p.

2 **Zuev, K. I.** Avtomatizaciya sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya: uchebnoe posobie [Automation of water supply and sanitation systems: a tutorial]. – Vladimir: VlGU Publishing house, 2016. – 224 p.

3 **Leznov, B. S.** Chastotno-reguliruemyj elektroprivod nasosnyh ustanovok [Frequency-controlled electric drive of pumping units]. – Moscow : Mechanical engineering, 2013. – 176 p.

4 **Fashchilenko, V. N.** Reguliruemyj elektroprivod nasosnyh i ventilyatornyh ustanovok gornyh predpriyatij: uchebnoe posobie [Controlled electric drive of pumping and fan installations of mining enterprises: Tutorial]. – Moscow : Publishing house «Mining book», 2012. – 260 p.

5 **D'yakonov, V. P.** MATLAB. Polnyj samouchitel' [MATLAB. Complete tutorial.]. – Moscow : DMK Press, 2012. – 768 p.

6 **Kacman, M. M.** Elektricheskie mashiny [Electric machines]. – Moscow: Publishing center «Academy», 2013. – 496 p.

7 **Sharapov, V. M.,** Polishchuk, E. S. Datchiki: Spravochnoe posobie [Sensors: Reference Guide]. – Moscow : Technosphere, 2012. – 624 p.

8 **Abakumov, A. M.** Issledovanie sistemy stabilizacii urovnya zhidkosti v rezervuarah [Study of the liquid level stabilization system in tanks] // Bulletin of the Samara State Technical University. Series «Technical Sciences». – 2021. – V.29. – № 1. – P. 104–119.

9 **Denisenko, V. P.** PID-regulyatory: principy postroeniya i modifikacii [PID controllers: principles of construction and modification] // Modern automation technologies. – 2006. – № 4. – P. 66–74.

10 **Denisenko, V. P.** PID-regulyatory: voprosy realizacii [PID controllers: implementation issues] // Modern automation technologies. – 2007. – № 4. – P. 86–97.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**Ю. Ф. Булатбаева[1], Р. Б. Косымбаев[2]*
[1,2]Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

БІРІНШІ КӨТЕРУ СОРҒЫ СТАНЦИЯЛАРЫНДА ЖИІЛІК ТҮРЛЕНДІРГІШІН ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада бірінші көтеру сорғы станцияларында жиілік түрлендіргішін пайдалану тиімділігін зерттеу нәтижелері келтірілген. Бірінші көтеру сорғы станциялары екінші, үшінші көтеру сорғы станцияларынан ерекшеленеді, өйткені олар сақтау цистернасында жұмыс істейді. Бірінші көтеру сорғы станцияларында жиілік түрлендіргішін пайдалану асинхронды электр қозғалтқыштарының айналу жиілігін реттеу және сақтау цистерналарындағы сұйықтық деңгейін бір деңгейде тұрақтандыру арқылы сорғы қондырғыларының энергия тиімділігін арттырады. Зерттеу нысаны Самарқандтан су алуға және қабылдау резервуарына айдауға арналған Нұрқазған байыту комбинатының жағалау сорғы станциясы болып табылады. MATLAB&Simulink ҚБП-де математикалық модельдеуді қолдану арқылы бірқатар зерттеулер жүргізілді. Сорғы станциясында орнатылған сорғы қондырғылары туралы белгілі мәліметтер негізінде қабылдау резервуарындағы су деңгейін тұрақтандыратын

соргы қондырғысының моделі құрылды. Модельдеу нәтижесінде соргының негізгі параметрлерінің резервуардағы сұйықтық ағынына негізгі тәуелділігі алынды. Резервуардағы сұйықтық ағыны өзгерген кезде соргы қондырғысының айналу жылдамдығы, қысым және қуат тұтыну өзгереді. Осы уақыт ішінде соргыны беру және тұтыну бір-біріне тең, сондықтан қажетті қуат қуат тұтынуға сәйкес келеді, бұл энергияны үнемдеу.

Кілтті сөздер: жиілік түрлендіргіші, соргы станциясы, энергия тиімділігі, электр қозғалтқышы, MATLAB&Simulink ҚБП.

**Yu. F. Bulatbaeva[1], R. B. Kosymbaev[2]*
[1,2]Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Republic of Kazakhstan, Karaganda.
Material received on 13.03.23

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF USING A FREQUENCY CONVERTER AT PUMPING STATIONS OF THE FIRST LIFT

The article presents the results of a study on the effectiveness of using a frequency converter at pumping stations of the first lift. Pumping stations of the first lift differ from pumping stations of the second, third lift in that they operate on a storage tank. The use of a frequency converter at pumping stations of the first lift increases the energy efficiency of pumping units by regulating the rotational speed of asynchronous electric motors and stabilizing the liquid level in storage tanks at the same level. The object of the study is the coastal pumping station of the Nurkazgan processing plant, designed for water intake and pumping from the Samarkand to the receiving tank. A number of studies have been carried out using mathematical modeling in the ASP Matlab&Simulink. Based on the known data on pumping units installed at the pumping station, a model of a pumping unit with stabilization of the water level in the receiving tank was built. As a result of modeling, the main dependences of the main parameters of the pump on the consumption of liquid from the tank were obtained. With a change in the consumption of liquid from the tank, the rotation speed of the pumping unit, the pressure and the power consumption change. The pump supply and consumption at this time are equal to each other, so the required power corresponds to the power consumption, which is energy saving.

Keywords: frequency converter, pumping station, energy efficiency, electric motor, ASP Matlab&Simulink.

SRSTI 06.73.65.

doi.org/10.48081/UPDW5717

A. S. Baimakhanova[1], K. M. Berkimbayev[2], Eşref Adalı3, G. S. Iskendirova[4]
[1,2,4]Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,
Republic of Kazakhstan, Turkistan;
[3]Istanbul Technical University, Republic of Turkey, Istanbul
e-mail: aygerim.baymakhanova@ayu.edu.kz

IMPLEMENTING DOCUMENT CLASSIFICATION IN PYTHON AND EVALUATING RESULTS

In our article, we will cover general information about machine learning, its main types, as well as the most important libraries for machine learning in Python. Machine learning is one of the main methods for demonstrating data science in general. In machine learning, the computational and algorithmic capabilities of data science are combined with approaches, and the result is a set of data mining approaches, mainly related to the efficiency and theory of computation. Document classification plays an important role in the archiving department, they classify pre-defined documents and store them in a digital archive. Relevance of the topic In digital archives, document classification is an important process for many document preservation organizations. In the course of the study, a technology for testing the use of deep learning algorithms is being created. Deep learning, i.e. deep structured learning, is part of a broad group of machine learning methods based on artificial neural networks. Learning cannot be controlled, partially controlled or controlled.

Keywords: Machine learning, Artificial neural networks, Python, Scikit-learn, Keras, TensorFlow.

Introduction

«Machine learning» this term sometimes effectively solves all data problems. Although the possibilities of these methods are enormous, they must be used effectively. Machine learning is often considered part of the field of artificial intelligence. The program is trained on real data and can then be used to predict and understand various aspects of the data from new observations. At a basic level,

machine learning can be viewed in two main ways. Machine learning with the help of a teacher called be Supervised learning, without the help of a teacher machine learning called be Unsupervised learning. Machine learning for teachers involves modeling data labels and corresponding labels. Once a model is selected, it can be used to label new, previously unknown data. It is divided into classification and regression tasks. In classification, labels are discrete categories, while in regression they are continuous variables. Untrained machine learning involves modeling the features of a dataset without any features. These models include tasks such as clustering and dimensionality reduction. Clustering algorithms are used to extract individual groups of data, while reduction algorithms are designed to find compressed representations of data. There are partial teaching methods that combine the advantages and disadvantages of the two original methods.

Deep learning, i.e. deep structured learning, is part of a broad group of machine learning methods based on artificial neural networks. Learning cannot be supervised, partially supervised or supervised [1].

Document classification is an important task in the office, which is designed to classify pre-defined documents and store them in a digital archive. Document classification is an important process for many organizations when storing digital documents. In the course of the study, a technology for testing the use of Deep learning algorithms is being created.

If we consider the stages of classification on three grounds, according to the location of documents, analysis of textual information, content [2].

When classifying our documents, textual and visual are divided. NLP is used in sentiment analysis to analyze words and phrases in research [3].

Currently, deep learning convolutional neural networks are becoming a powerful tool for recognizing CNN layers.

This research focuses on the use of deep learning for document classification. In this study, a complex classification and compilation of documents is performed. In CNN deep learning, eight pre-trained layers prepared by ImageNet are trained from scratch on a dataset and then trained and classified to train the CNN.

This study examined the effect of image types on the accuracy of deep learning and transfer learning, as well as the effect of image types on crack level classification. The results show that the CNN models have the highest accuracy on the pooled image during deep zero training. In deep learning methods, Convolutional Neural Networks are known to use CNNs for computer tasks. The role of CNN in image classification is huge, it is modern and competitive, effective for complex work [4].

Unlike video analysis methods, CNN does not require manual generation of rules and automatically extracts multilevel features [5].

Materials and methods

Python is an object-oriented language with multiple inheritance. We can say that Python supports the classic OO model with some peculiarities. Classes in Python can have static variables that are common to all instances of the class, but cannot have static methods. All methods are class instances.

The Python programming language appeared in 1991 and quickly gained popularity and became a recognized language for machine learning. It is characterized by the ease of use of high-level programming languages. Learn how to load and visualize data, perform statistical calculations, process images, and more in Python. There are libraries for Let's take a closer look at the most popular Python machine learning libraries: Scikit-learn, PyTorch, Caffe, TensorFlow, Keras, OpenCV and TensorFlow [6].

Scikit-learn is one of the oldest and once popular libraries for training neural networks. It was created in 2007 and is still a reliable tool in areas such as classification, regression, clustering, modeling.

Keras is an open source library written in Python for interacting with artificial neural networks.

Basic principles of the scikit-learn library's statistical evaluation API:

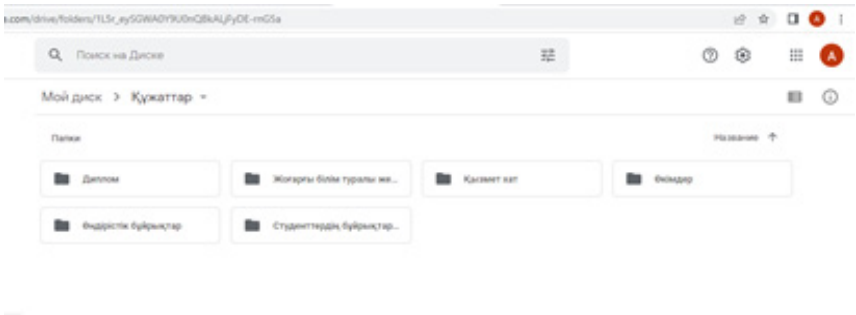
- uniformity lies in the fact that all objects have the same interface and are based on a limited set of methods;
- visibility of the given values of control parameters as public attributes;
- limited object hierarchy, Python language classes are used only for algorithms, data sets are presented in standard formats;
- the integration of many machine learning problems can be expressed as a sequence of low-level algorithms;
- sensible values sets appropriate initial values for option templates required by the library. In practice, these principles make learning the Scikit-learn library easier.

Often, using the Scikit-learn Statistical Estimation API involves the following steps: a model class is selected by importing the appropriate class from the Scikit-learn library; select the hyperparameters of the model by creating an instance of this class with the appropriate values; put data into feature matrix and target vector; train the model on your data; applying the model to new data.

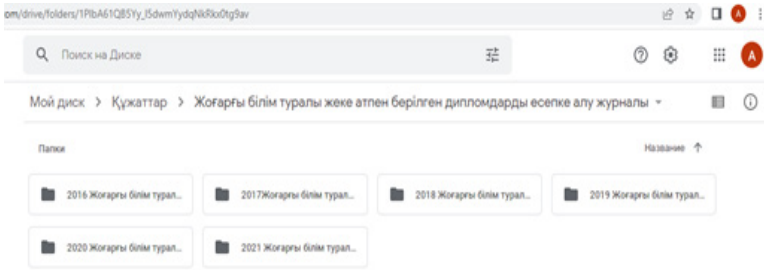
TensorFlow - is currently the most popular machine learning library, meaning it is a very useful library for our work. It has a simple intuitive interface that facilitates the implementation of neural networks, is ideal for developing complex projects such as building multi-layer neural networks, and its training methods are constantly being improved. Let's take a closer look at the architecture of the TensorFlow library. It works with a static calculation schedule. First, the graph is set, then the calculations begin, if necessary, changes are made to the architecture and the model is retrained. This approach was chosen for reasons of efficiency, but

many modern machine learning tools are able to take into account changes in the learning process without a significant loss in speed. The TensorFlow library can be used to perform numerical calculations. In this library, these calculations are done using graphs called data flow. In these graphs, the vertices are mathematical operations, and the edges are data, usually represented as multidimensional arrays or tensors connected by these edges. The name «TensorFlow» comes from artificial neural network computations with multidimensional data and tensors, literally «tensor flow». Tensors are the core objects in TensorFlow and are implemented as n-dimensional arrays of data that allow you to represent data in complex dimensions. Each dimension can be thought of as a separate label [7].

Our documents are saved to disk. In our study, 6 classes were identified and supplemented.

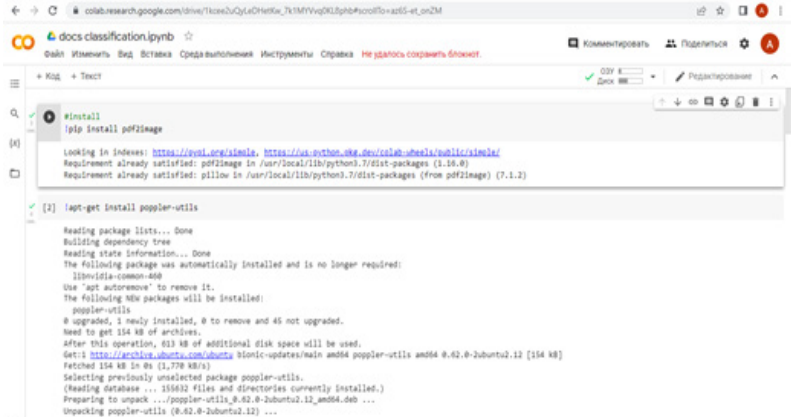


Picture 1 –The number of classes of our work is planned, at the moment 6 classes have been recruited.



Picture 2 – Registration of diplomas of higher education issued in an individual name

The existing algorithms and strategies of the classification task allow to reduce the error in half of the document image [8].Let's take a look at our exploration of these collected documents using the Python programming language. Let's write a function that calculates the confidence level of the scanned text, further illustrating our work in the Python programming language:AlexNet is a convolutional neural network that has greatly influenced the development of computer vision machine learning algorithms. In 2012, The Big Network won the IMAGENET lsvrc-2012 image recognition competition (15.3 % error rate, 26.2 % runner-up). The architecture of AlexNet is similar to the LeNet network created by Yann LeCum. However, AlexNet has many per-layer filters and built-in convolutional layers. The network includes summation, maximum pooling, collapse, data pooling, ReLU activation functions, and stochastic gradient descent.



Picture 3 –I mage recognition

Features of AlexNet. Relu is used instead of the arc tangent as an activation to add non-linearities to the model. Due to this, the speed is 6 times higher than the accuracy of the method.

Results and discussion

Using a drip instead of a corrector solves the problem of retraining. However, the reading time is doubled with a drop rate of 0.5.

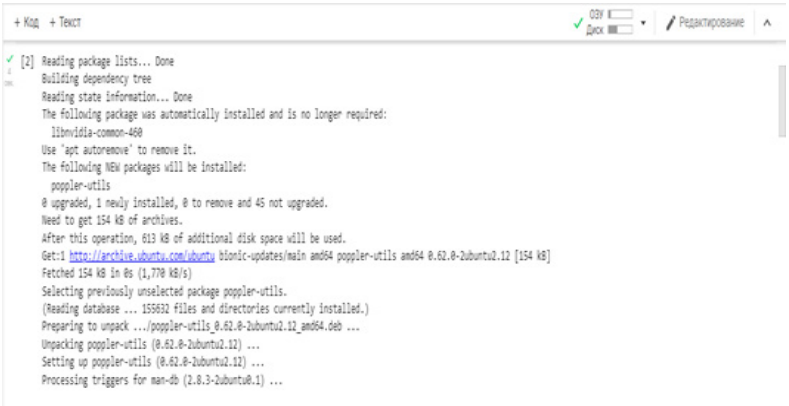
Unions are closed to reduce the size of the network. Due to this, the error rate at the first and fifth levels will decrease to 0.4 percent and 0.3 percent, respectively.

A convolutional neural network (CNN) differs from the other two models in that each layer in a CNN has a known convolution operation, hence the name «convolutional» neural network. The weights in CNNs are distributed among neurons, similar to the communication patterns between neurons in the animal

visual cortex, which was apparently a network inspired by a biological process. Typically, the results of multiple convolutional layers used sequentially in a CNN are reduced with a pooling layer to speed up the process. Thus, a maximum pooling layer or a global pooling layer is often added after the convolutional layers.

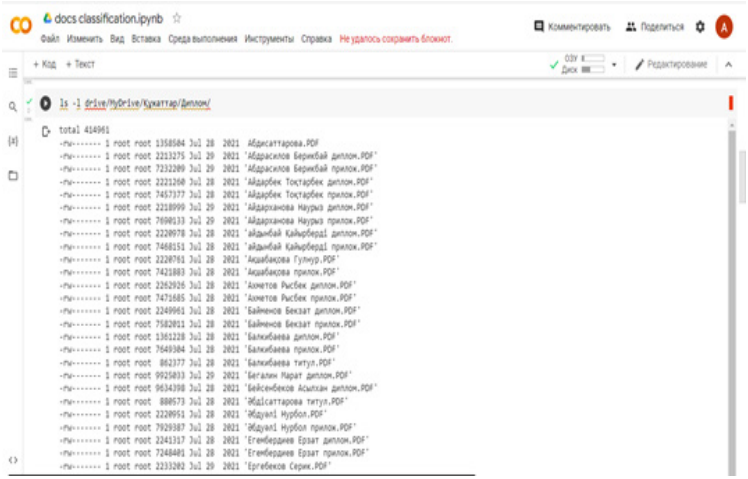
The results obtained using various deep learning methods and simple machine learning methods are compared. It also includes a comparative analysis of the effectiveness of various submission methods.

Switch to the main function: image scanning:



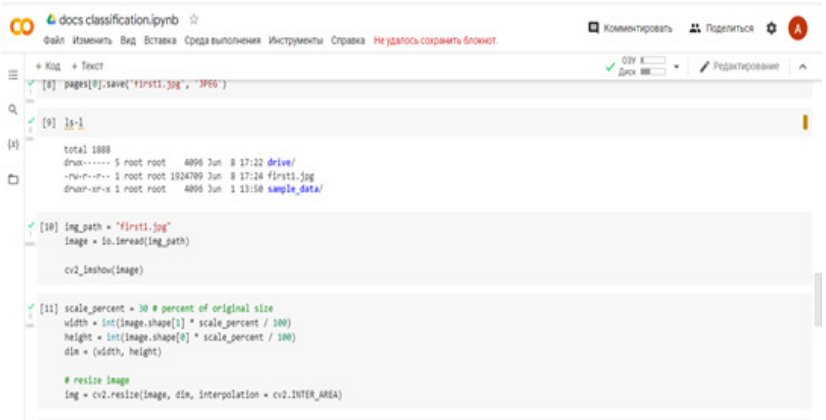
Picture 4 –The process of checking the documents we have collected

Picture 5– Lists of students are shown.



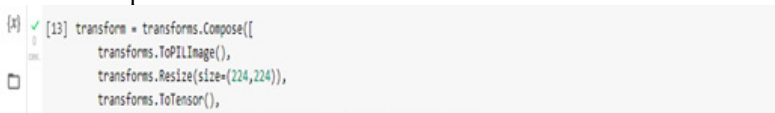
Picture 6 – List

It was then extended to the complex task of generating features (signatures) for image classification, often constructed as a combination of CNN and LSTM [9].



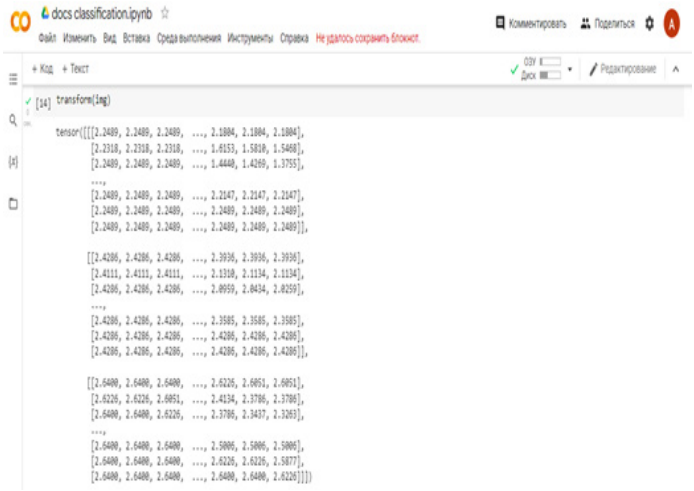
Picture 7–The result of our created program

The next step.



Picture 8–Stage of digitalization

Unlike video analysis methods, CNN does not require manual classification of documents and can automatically extract the required features of the layers [10].



Picture 9 – Stage of digitalization

The above will do the following:

– Scans an image buffer or image file.

– Pre-processes the image.

– Starts the Tesseract engine with predefined options.

- Calculates the confidence level of the received image content.

– Draws a green bar around readable text elements with a confidence score greater than 30.

– Search for specific text in captured image content.

– Highlights or edits found matches with the search text.

– Readable text fields, displays a window with selected or edited text.

– Creates the text content of an image.

– Prints a summary to the console.

So, one of the most popular tools for machine learning is Python. In our study, the Python programming language allows us to work with many machine learning libraries such as Scikit-learn, PyTorch, Caffe, TensorFlow, OpenCV.

Conclusions

It must be said that machine learning has become an integral part of our lives, from medical diagnosis to subsequent treatment and social networking. One of the most popular machine learning tools is Python, which combines power and

ease of use. It allows you to work with many machine learning libraries such as Scikit-learn, PyTorch, Caffe, TensorFlow, OpenCV.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Alladi, T., Kohli, V., Chamola, V., Yu, F.R., Fellow,** IEEE. A deep learning based misbehavior classification scheme for intrusion detection in cooperative intelligent transportation systems [Text] // Digital Communications and Networks. –2022. – P. 2–15.

2 **Hu, J., Kashi, R.,** Wilfong, G. Document image layout comparison and classification [Text]//Proceedings of the Fifth International Conference on Document Analysis and Recognition. ICDAR'99 (Cat. No. PR00318). – IEEE, 1999. – P. 285–288.

3 **Kang, L., Kumar, Dzh., Je, P., Li, YU., Doermann, D.** Convolutional neural networks for document image classification [Text] //2014 22nd International Conference on Pattern Recognition. – IEEE, 2014. – P. 3168–3172.

4 **LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G.** Deep learning [Text] //nature. – 2015. – T. 521. – №. 7553. – P. 436–444.

5 **Lyu, Z., Cao, YU., Van, YU., Van, V.** Computer vision-based concrete crack detection using U-net fully convolutional networks [Text] //Automation in Construction. – 2019. – T. 104. – P. 129–139.

6 **Hu, B., Ergu, D., Yan, H., Lyu, K., Kaj, YU.** Document images classification based on deep learning [Text] //Procedia Computer Science. – 2019. – T. 162. – P. 514-522.

7 **Gupta, M., Bedi, P., Dzhagvani, P., Bhasin, V.** Gene Mutation Classification through Text Evidence Facilitating Cancer Tumour Detection [Text] //Journal of Healthcare Engineering. – 2021. – T 2021.

8 **Afzal, M. Z., Kyol'sh, A., Ahmed, S., Livicki, M.** Cutting the error by half: Investigation of very deep cnn and advanced training strategies for document image classification [Text] //2017 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR). – IEEE, 2017. – T. 1. – P. 883–888.

9 **Cireşan, D., Dzhusti, A., Gambardella, L. M., SHmidhuber, Dzh.** Mitosis detection in breast cancer histology images with deep neural networks [Text] // International conference on medical image computing and computer-assisted intervention. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. – P. 411–418.

10 **Schmidhuber, J.** Deep learning in neural networks: An overview [Text] //Neural networks. – 2015. – T. 61. – P. 85–117.

REFERENCES

1 **Alladi, T., Kohli, V., Chamola, V., YU, F.R.**, nauchnyj sotrudnik IEEE. Skhema klassifikacii narushenij povedeniya na osnove glubokogo obucheniya dlya obnaruzheniya vtorzhenij v kooperativnye intellektual'nye transportnye sistemy [A deep learning based misbehavior classification scheme for intrusion detection in cooperative intelligent transportationsystems] // Cifrovye kommunikacii i seti [Digital Communications and Networks]. – 2022. – R. 2–15. [in English]

2 **Hu, J., Kashi, R., Wilfong, G.** Sravnenie i klassifikaciya komponovki izobrazheniya dokumenta [Document image layout comparison and classification] // V materialah Pyatoj mezhdunarodnoj konferencii po analizu i raspoznavaniyu dokumentov [In Proceedings of the Fifth International Conference on Document Analysis and Recognition]. – Indiya, Bangalor, 1999, sentyabr'. – P. 285–288. [in English]

3 **Kang, L., Kumar, Dzh., Je, P., Li, YU., Doermann, D.** Svertochnye nejronnye seti dlya klassifikacii izobrazhenij dokumentov [Convolutional neural networks for document image classification] // V 2014 g. 22-ya Mezhdunarodnaya konferenciya po raspoznavaniyu obrazov [In 2014 22nd International Conference on Pattern Recognition]. – SHveciya, Stokgol'm, 2014, avgust. – P. 3168–3172. [in English]

4 **LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G.** Glubokoe obuchenie [Deep Learning] // Priroda [Nature]. – 2015. – № 521. – P. 436–444. [in English]

5 **Lyu, Z., Cao, YU., Van, YU., Van, V.** Obnaruzhenie treshchin v betone na osnove komp'yuternogo zreniya s ispol'zovaniem polnost'yu svertochnyh setej U–net [Computer vision-based concrete crack detection using U–net fully convolutional networks] // Avtomatizaciya v stroitel'stve [Automation in Construction]. – 2019. – T. 104. – P. 129–139 [in English].

6 **Hu, B., Ergu, D., Yan, H., Lyu, K., Kaj, YU.** Klassifikaciya izobrazhenij dokumentov na osnove glubokogo obucheniya [Document images classification based on deep learning] // Procedia Computer Science. – 2019. – T. 162. – P. 514–522 [in English]

7 **Gupta, M., Bedi, P., Dzhagvani, P., Bhasin, V.** Klassifikaciya gennyh mutacij s pomoshch'yu tekstovyh dokazatel'stv, oblegchayushchih obnaruzhenie rakovyh opuholej [Gene Mutation Classification through Text Evidence Facilitating Cancer Tumour Detection] // Healthcare Engineering [Healthcare Engineering]. –2021. – P. 233–250 [in English].

8 **Afzal, M. Z., Kyol'sh, A., Ahmed, S., Livicki, M.** Sokrashchenie oshibki vdvoe: issledovanie ochen' glubokoj CNN i strategii povysheniya kvalifikacii dlya klassifikacii izobrazhenij dokumentov [Cutting the Error by Half: Investigation of Very Deep CNN and Advanced Training Strategies for Document Image Classification] // 14-ya Mezhdunarodnaya konferenciya IAPR po analizu i raspoznavaniyu dokumentov [14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition]. – Germaniya, Universitet Kajzerslauterna, 2017. aprel'. – R. 1–6 [in English].

9 **Cireşan, D., Dzhusti, A., Gambardella, L. M., SHmidhuber, Dzh.** Obnaruzhenie mitoza na gistologicheskih izobrazheniyah raka molochnoj zhelezy s ispol'zovaniem glubokih nejronnyh setej [Mitosis Detection in Breast Cancer Histology Images using Deep Neural Networks] // Proceedings MICCAI. Konspekt lekcij po informatike [Proceedings MICCAI. Lecture Notes in Computer Science]. – 2013. – P. 411–418 [in English].

10 **Schmidhuber, J.** Glubokoe obuchenie v nejronnyh setyah: obzor [Deep Learning in Neural Networks: An Overview] // Nejronnye seti [Neural Networks]. – 2015. – P. 85–117 [in English].

Material received on 13.03.23

**А. С. Баймаханова[1], К. М. Беркимбаев[2], Е. Адалы[3], Г. С. Искендірова[4]*
[1,2,4]Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Қазақстан Республикасы, Түркістан қ.;
[3]Стамбул техникалық университеті, Түркия Республикасы, Стамбул қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

PYTHON БАҒДАРЛАМАСЫНДА ҚҰЖАТТАРДЫ КЛАССИФИКАЦИЯЛАУДЫҢ ЖҮЗЕГЕ АСЫРЫЛУЫ ЖӘНЕ НӘТИЖЕЛЕРДІҢ БАҒАЛАНУЫ

Біздің жұмысымызда машиналық оқыту туралы жалпы мәліметтер, оның негізгі түрлері, сондай-ақ Python тілінде машиналық оқытуға арналған ең маңызды кітапханалар қарастырылады. Машиналық оқыту – бұл жалпы деректер ғылымын көрсетудің негізгі әдістердің бірі болып табылады. Машиналық оқытуда деректер ғылымының есептеу және алгоритмдік мүмкіндіктерін тәсілдермен біріктіріліп, нәтижесі негізінен тиімділік пен есептеу теориясымен байланысты деректерді зерттеу тәсілдерінің жиынтығы. Құжаттарды жіктеу архив бөлімінде маңызды рөл атқарады, олар алдын-ала анықталған құжаттарды жіктеп және цифрлық мұрағатта сақтайды. Тақырыптың өзектілігі цифрлық мұрағаттарда көптеген құжаттарды сақтау ұйымдары үшін құжаттарды жіктеу маңызды процесс болып табылады. Зерттеу барысында Deep Learning алгоритмдерін қолдануды дамыту технологиясы жасалады. Терең оқыту, яғни терең құрылымдық оқыту – бұл жасанды нейрондық желілерге негізделген машиналық

оқыту әдістерінің кең тобының бөлігі болып табылады. Оқытуды бақылауға, ішінара бақылауға немесе бақылауға болмайды.

Кілтті сөздер: машиналық оқыту, жасанды нейрондық желілер, Python, Scikit-learn, Keras, TensorFlow.

**А. С. Баймаханова[1], К. М. Беркимбаев[2], Е. Адалы[3], Г. С. Искендирова[4]*
[1,2,4]Международный казахско-турецкий университета
имени Ходжи Ахмеда Ясави, Республика Казахстан, г. Туркестан;
[3]Стамбульский технический университет,
Турецкая Республика, г. Стамбул.
Material received on 13.03.23

ВНЕДРЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ДОКУМЕНТОВ В PYTHON И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

В нашей статье мы рассмотрим общую информацию о машинном обучении, его основных видах, а также самых важных библиотеках для машинного обучения в Python. Машинное обучение – один из основных методов демонстрации науки о данных в целом. В машинном обучении вычислительные и алгоритмические возможности науки о данных сочетаются с подходами, и в результате получается набор подходов к интеллектуальному анализу данных, в основном связанных с эффективностью и теорией вычислений. Классификация документов играет важную роль в архивном отделе, они классифицируют заранее определенные документы и хранят их в цифровом архиве. Актуальность темы В цифровых архивах классификация документов является важным процессом для многих организаций по сохранению документов. В ходе исследования создается технология тестирования использования алгоритмов глубокого обучения. Глубокое обучение, то есть глубокое структурированное обучение, является частью широкой группы методов машинного обучения, основанных на искусственных нейронных сетях. Обучение нельзя контролировать, частично контролировать или контролировать.

Ключевые слова: машинное обучение, искусственные нейронные сети, Python, Scikit-learn, Keras, TensorFlow.

МРНТИ 50.47.29

doi.org/10.48081/GXMR9218

С. В. Войткевич[1], Г. Ш. Казтаев[2]
[1,2]Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,
Республика Казахстан, г. Караганда
e-mail: sofiya_v@kstu.kz,

ОБЗОР КОММУНИКАЦИОННЫХ ПРОТОКОЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ

Обмен данными составляет основу для любой системы автоматики и релейной защиты электроэнергетической системы и фактически является связующим звеном, удерживающим систему в качестве единого целого. В отсутствие обмена информацией функции защиты от перебоев в электроснабжении и управления будут по-прежнему выполняться, но автоматика энергетической системы не сможет функционировать

Цель этой статьи – представить обзор коммуникационных протоколов, реализованных для энергосистемы. Коммуникационные протоколы появляются в связи с необходимостью осуществлять соединение между одним или несколькими объектами системы, чтобы свести к минимуму возможные сбои, которые могут возникнуть в процессе работы оборудования.

Протоколы, представленные в этой статье, являются наиболее широко используемым в промышленном производстве. Данные промышленные протоколы разрабатывались несколько десятков лет назад, но остаются востребованными по сей день. В Казахстане подавляющее большинство АСУТП в горнодобывающих, металлургических, нефтегазовых, пищевых, химических и других промышленностях используют сети Profibus и Modbus. Распространенность в Казахстане той или иной промышленной сети связана в основном с предпочтениями казахстанских компаний-дистрибьютеров импортного оборудования. Результатом этой статьи будет являться сводная таблица, в которой описаны достоинства и недостатки рассматриваемых промышленных

протоколов, а также будут даны рекомендации по улучшению процесса передачи данных в энергосистеме на примере развитых стран.

Ключевые слова: протокол, модель OSI, Modbus, Profibus, интерфейс, стандарт IEC 61850, стандарт IEC 60870-5.

Введение

Электрическая система имеет открытые протоколы связи, такие как Modbus, IEC60870, IEC 61850. Для реализации каждого из протоколов связи представлена модель взаимодействия открытых систем (от англ. Open Systems Interconnection, сокр. OSI), основная цель которой состоит в том, чтобы показать структурное руководство для обмена информацией между компьютерными системами, сетями и терминалами. Система OSI разделена на 7 уровней, что облегчает формы коммуникации, делегируя обязанности на каждом из уровней и упрощая обработку данных.

Предыдущие обзорные работы в этой области ориентированы на описание конкретных методологий. В отличие от других публикаций, в этой статье представлено более общее видение, основанное на модели OSI и стандарте IEC 61850.

Основная проблема, которая рассматривается в этой статье заключается в том, что описываемые коммуникационные протоколы используются уже 3-4 десятилетия, в этой связи необходимо усовершенствовать процесс передачи данных и осуществить переход к новым технологиям таким как беспроводная передача данных с целью повышения энергоэффективности, надежности и безопасности во всей энергосистеме В электроэнергетической системе развитых стран активно практикуются технологии беспроводной передачи данных и сети 5G. В связи с этим был проведен краткий обзор ныне действующих коммуникационных протоколов с выявление как достоинств, так и недостатков.

Материалы и методы

Протокол – это набор правил, которые управляют обменом информацией. Он определяет синтаксис и семантику сообщений, операции управления, синхронизацию и состояния при коммуникации. Протокол может быть реализован программно, аппаратно или программно-аппаратно. Коммуникация – это элемент с множеством применений, который обычно используется для обозначения передачи и приема сообщений.

Модель взаимосвязи открытых систем представляет собой систему, созданную Международной организацией по стандартизации ISO (International Standardization Organization) с целью упрощения взаимодействия в сети, таким образом разделяя коммуникационные обязанности на семь уровней (таблица 1). Основная цель модели – иметь четкую структуру для

обмена информацией между различными уровнями. Уровни, описанные выше, могут быть сгруппированы в две группы: нижний уровень, состоящий из первых трех уровней (физического, канала связи и сети), и верхний уровень, состоящий из последних трех уровней (сеанса, представления и прикладного), в то время как средний уровень (транспортный уровень) может быть частью нижнего или верхнего уровня, в зависимости от требований системы [1].

Таблица 1 – Уровни модели OSI

Уровни	Определение	Пример
Физический	Определяет электрические, физические и процедурные стандарты для доступа к сети передачи данных,	V.35, RJ45, RS-232
Канальный	Организует связь первичного и вторичного узлов друг с другом, уступая место данным, которые отвечают за активацию, поддержание и деактивацию связи.	FFDI, IEEE 802.3, ETHERNET, PPP, ATM
Сетевой	Определяет, какой тип конфигурации сети лучше всего подходит в зависимости от требований.	IP, IPX, X.25, ICMP
Транспортный	Защищает целостность сообщения, от отправления до прибытия. Этот уровень позволяет восстановить ошибку.	Это самый высокий уровень касательно коммуникаций, поскольку уровни, расположенные выше транспортного уровня, не вмешиваются в технические аспекты сети.
Сессионный	Этот уровень позволяет обеспечить доступность сети для различных носителей.	TCP, UDP, SPX
Уровень представления	Этот уровень переводит код и набор символов и определяет механизм отображения сообщения.	SSL
Прикладной	Этот уровень организует прямую связь с приложением, используемым пользователем.	HTTP, FTP, SMT

Промышленные протоколы и коммуникационные стандарты.

Протокол Modbus создан в 1979 году и реализован для несбалансированной передачи с использованием стандарта связи RS232, а позже для сбалансированной передачи со стандартом RS485. Данный протокол надежен, функционален, адаптируем и актуален. На рынке протокол существует более 40 лет. В мире существует два типа протоколов: открытые и проприетарные. Modbus на сегодняшний день является открытым протоколом, это связано с

тем, что Schneider Electric в 2004 году передала права на протокол организации Modbus, что в свою очередь, отвечает за внедрение набора коммуникаций и развитие новых архитектур для распределенных систем автоматизации. Modbus представляет собой протокол запроса ответа, который расположен на уровнях 1, 2 и 7 модели OSI, основанный на взаимодействии по типу «главный-подчиненный» или клиент-сервер, который стал стандартным протоколом в отрасли, благодаря его широкому спектру функциональных возможностей и отличной адаптируемости. Структура протокола вращается вокруг сообщений физического оборудования [2]. На рисунке 1 показана архитектура протокола Modbus.

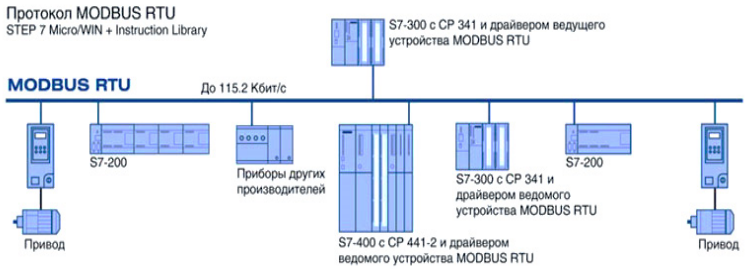


Рисунок 1 – Архитектура протокола Modbus

Промышленный протокол Profibus. Разработка Profibus началась в 1987 году в Германии, когда 21 компания объединились с целью создания стандарта для автоматизированного оборудования и других интерфейсных устройств. Сначала был создан Profibus-FMS, далее в 1993 году за ним последовал Profibus-DP. В настоящее время Profibus стандартизирован в соответствии с IEC 61158 и IEC 61784. Протокол управляемого доступа, используемый в сети Profibus, использует второй уровень модели OSI. Эта коммуникационная шина предназначена для широкого спектра задач автоматизации [3].

Profibus (Process Field Bus) – это стандарт полевой шины, который соответствует национальному стандарту Германии DIN 19245 и европейскому стандарту EN50170. Profibus состоит из трех совместимых частей: Profibus-DP, Profibus-PA и Profibus-FMS. Полевая шина широко используется в области автоматизации и промышленного управления благодаря своей открытости и адаптивности. Profibus-DP разработан специально для распределенных узлов полевого уровня. Profibus-PA широко используется в автоматизации технологических процессов. Profibus-FMS представляет собой структуру токенов сети с несколькими мастерами в режиме реального времени

для мониторинга производственного процесса. На рисунке 2 типовая конфигурация протокола Profibus.

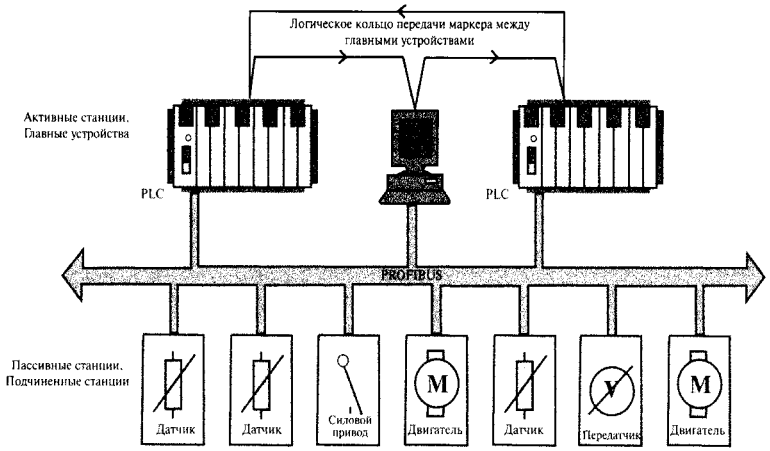


Рисунок 2 – Типовая конфигурация Profibus

Максимальное количество узлов (участников) в сегменте 32, максимальное количество участков в сети 127 (с адресами 0…126). Подключаемые к сети узлы (участники) неравноправны. Различают активные (ведущие) устройства, которые называют Master и пассивные (ведомые), которые называют Slave. Доступ активных устройств к шине разделен по времени, для чего предусмотрен метод эстафетной передачи. Активный узел, получивший доступ к сети, осуществляет обмен данными с пассивными узлами по принципу «ведущий-ведомый». Активный узел получает доступ к сети на определенный промежуток времени. В течение этого времени активный узел выполняет управление всеми необходимыми пересылками данных. По истечении этого времени он приходит в пассивное состояние, а управление передается по эстафете следующему активному узлу. Пассивные узлы не способны управлять передачей информации. Они лишь отвечают на адресованные к ним запросы от ведущих устройств, а также принимают посылаемые со стороны ведущих устройств данные [4].

Стандарт IEC 60870-5 определяет протокол связи для систем дистанционного управления и мониторинга географически крупными процессами. Данный стандарт предназначен для применения в электротехнической промышленности и состоит из пяти основных и четырех дополнительных стандартов. Семейство стандартов определяет

формат передачи фрейма на канальном уровне, общую структуру данных на прикладном уровне и основные функции для информации [5].

Наиболее часто используемыми стандартами протокола IEC 60870 являются стандарт IEC 60870-5-101 и стандарт IEC 60870-5-104.

Стандарт IEC 60870-5-101. Определяет функциональный профиль в соответствии с определениями IEC 60870-5 для взаимодействия между совместимыми устройствами дистанционного управления. В телекоммуникациях функциональный профиль указывает на то, как варианты и неясности в стандартах должны интерпретироваться или реализовываться для обеспечения конкретной функции информационных технологий [6].

Стандарт IEC 60870-5-104. Это международный стандарт, введенный IEC в 2000 году. Он основан на стандарте IEC 60870-5-101, с которым он имеет ту же структуру на прикладном уровне. Данный протокол отвечает за установление связи по назначению TCP/IP для обеспечения безопасной передачи данных между центром управления системой SCADA и различными контроллерами, он также устанавливает, что общий порт, используемый для TCP-передачи – 2404. Этот порт соответствует тем пакетам, которые рассматриваются как ведомыми. [7].

Развитие отрасли вынуждает к созданию протокола IEC 61850, который объединяет протокол IEC 60870-5, Modbus, DNP и другие, способные адаптироваться к текущим потребностям. IEC 61850 является не только протоколом, но и международным стандартом для связи между оборудованием, управления и передачи данных в подстанциях, которая является частью энергосистемы.

Стандарт IEC 61850 определяет коммуникацию между различными устройствами внутри электрической подстанции. Это результат совместной работы многих мировых организаций в области стандартизации электротехники. Стандарт наиболее часто используется в автоматизации электрических подстанций, это протокол, основанный на событиях. Концепция связи данного протокола заключается в том, что редактор периодически отправляет сообщения и при возникновении события (триггер, замкнутый контактор и т.д.) отправляет большое количество сообщений с новыми данными [8].

Результаты и обсуждение

Преимущества и недостатки, которые проявляются в различных протоколах связи и стандартах приведены в таблице 2. Кроме того, показано, что из ранее описанных различий существуют протоколы, адаптируемые к конкретным потребностям с учетом различных сетевых топологий, которые могут быть найдены в энергосистеме, с другой стороны, социально-экономические условия, в которых эта система будет внедрена.

Таблица 2 – Преимущества и недостатки протоколов связи в энергосистеме

Протоколы	Преимущества	Недостатки
Modbus	Простой, надежный и функциональный стандарт. Идеально подходит для малых и средних сетей передачи данных	Высокие затраты на его настройку. Сложное соединение в различных системах Modicon.
Profibus	Широкое применение в области автоматизации и промышленного контроля.	Передает только небольшое количество данных, меньше или равное 244 байтам
IEC 60870-5	Связь по стандартной сети позволяет передавать и принимать данные на различных сервисах или устройствах. Предназначен для больших систем дистанционного управления и мониторинга.	Ограничение типов информации и параметров, определенных в IEC 60870-5-101, не позволяет поддерживать все функции в IEC 60870-5-104. В некоторых случаях выходы строго в RS232 или RS485, для текущих протоколов необходимы преобразователи.
IEC 61850	Улучшены эксплуатационные аспекты обмена информацией между устройствами. Совместим с искусственным интеллектом.	Его применение сосредоточено на электрических подстанциях. Зависит от связи между интеллектуальными электронными устройствами.

Новые технологии разработаны таким образом, чтобы полностью удовлетворить растущие требования современной энергетической системы. Однако в странах, находящихся в процессе развития, не было реализовано никакой новой политики в области инфраструктуры и телекоммуникаций, поэтому на этих территориях нет технологических достижений, которые были разработаны и внедрены в развитых странах для повышения эффективности, надежности и безопасности во всей энергосистеме. Однако технологии, доступны в настоящее время чтобы развивающиеся страны сумели удовлетворить свои потребности в плане энергоэффективности [9]. Протоколы, которые были на рынке 3-4 десятилетия, будут доступны еще несколько десятилетий, хотя существует ряд проблем, связанных с переходом на новые протоколы связи, уже внедренные на территориях, где технологии находятся на самом высоком уровне. Одной из самых больших проблем для развивающихся стран является факт продолжения использования протоколов, которые были на рынке в течение нескольких лет, главным образом из-за их низкой стоимости с точки зрения обслуживания и внедрения, учитывая, что переход или модернизация в технологических сценариях на данный момент немыслимы из-за высокой стоимости, связанной с изменением

такого масштаба, которое в какой-то момент потребуется. Нет никаких сомнений, учитывая, что крайне важно понимать, что технологии постоянно развиваются, и каждое страна должна адаптироваться к текущей политике и тем, которые возникают с точки зрения энергоэффективности [10].

Системы связи произвели революцию в работе энергосистем, это становится все более важным фактором. Задачи, которые необходимо решать, разнообразны, исследовательская работа является постоянной, ее применение варьируется от маломасштабных схем управления и эксплуатации до контроля стабильности, систем координации защиты и других. В этой работе представлено описание протоколов связи в энергосистемах, однако анализируемая тема была взята в общем виде.

Выводы

В энергосистеме используются протоколы связи, некоторые, из которых существуют на рынке более четырех десятилетий, которые все еще имеют широкую распространенность в слаборазвитых странах, это связано с большими проблемами, которые все еще возникают из-за различных факторов, таких как: инфраструктура, экономика, социальное воздействие и другие. Эти протоколы используются и по сей день благодаря их простоте использования, однако мир постоянно меняется, вследствие чего были созданы новые протоколы для удовлетворения новых потребностей окружающей среды. Эти протоколы объединяют старые, обеспечивая простоту для адаптации новых технологий, а также могут улучшить и облегчить взаимодействие человека с оборудованием.

Новым технологии, которые уже в настоящее время используются в развитых странах, таких как Китай, Япония, Соединенные Штаты и часть Европы представляют протоколы с очень высокой скоростью реагирования на каждую проблему, возникающую во всей энергосистеме. Например, такие технологии, как интернет вещей (IoT), машинное обучение, искусственный интеллект, сеть 5G и беспроводные сети предоставляют большую надежность, меньшее время отклика и лучшее взаимодействие человека и машины, начиная с выработки и заканчивая передачей, распределением энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Денисенко, В. В.** Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М. : Изд-во Горячая линия-Телеком, 2009. – 608 Р. – ISBN 978-5-9912-0060-8.

2 **Wilamowski, B. M., Irwin, J. D.** Industrial communication systems. – New York : CRC Press, 2011. – 90 P – ISBN 978-1-4398-0281-6.

3 **Park, J., Mackay, S., Wright, E.** Practical Data Communications for Instrumentation and Control. – London : IDC Technologies, 2009. – 402 P. – ISBN 978-5-94833-023-5.

4 **Reynders, D., Mackay, S., Wright, E.** Practical Industrial Data Communications. – London : IDC Technologies, 2011. – 428 p. – ISBN 0-7506-6395–2.

5 **Борисов, А. М.** Основы построения промышленных сетей автоматики: Учебное пособие/Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 108 с.

6 **Парк, Д., Маккей, С., Райт, Э.** Сбор данных в системах контроля и управления. – Москва : Изд-во ООО «Группа ИДТ», 2010. – 480 с. – ISBN 5-94833-021-4

7 **Страусс, К.** Системы автоматики и коммуникации в сетях электроснабжения. Практическое руководство. – Москва : Изд-во ООО «Группа ИДТ», 2007. – 250 с. – ISBN 978-5-94833-026-6.

8 **Волошин, А. А., Волошин, Е. А., Бусыгин, Т. Г.** Применение методов искусственного интеллекта для автоматического синтеза файлов конфигурации подстанции в соответствии с IEC 61850. – Москва: Программа международной молодёжной научно-технической конференции, 2018.

9 **Кангин, В. В.** Аппаратные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры. – Москва : Изд-во БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 418 с.

10 **Stallings, W.** Data and Computer Communications. – New Jersey : Prentice Hall, 2014. – 917 P. – ISBN 978-0-13-350648-8

REFERENCES

1 **Denisenko, V. V.** Komp'yuternoye upravleniye tekhnologicheskim protsessom, eksperimentom, oborudovaniyem [Computer control of technological process, experiment, equipment.] – Moscow : Publishing house Hotline-Telecom, 2009. – 608 p. – ISBN 978-5-9912-0060-8.

2 **Wilamowski, B. M., Irwin, J. D.** Industrial communication systems. – New York : CRC Press, 2011. – 909 p. – ISBN 978-1-4398-0281-6.

3 **Park, J., Mackay, S., Wright, E.** Practical Data Communications for Instrumentation and Control. – London : IDC Technologies, 2009. – 402 p. – ISBN 978-5-94833-023-5.

4 **Reynders, D., Mackay, S., Wright, E.** Practical Industrial Data Communications. – London : IDC Technologies, 2011. – 428p. – ISBN 0-7506-6395–2.

5 **Borisov, A. M.** Osnovy postroyeniya promyshlennykh setey avtomatiki [Fundamentals of building industrial automation networks] Textbook/South Ural State University. – Chelyabinsk: SUSU Publishing Center, 2012. – 108 p.

6 **Park, J., Mackay, S., Wright, E.** Sbor dannykh v sistemakh kontrolya i upravleniya [Practical Data Acquistion for Instrumentation and Control Systems.] – Moscow : Publishing house of IDT Group LLC, 2010. – 480 p. – ISBN 5-94833-021-4

7 **Strauss, C.** Sistemy avtomatiki i kommunikatsii v setyakh elektrosnabzheniya. Prakticheskoye rukovodstvo [Practical Electrical Network Automation and Communication Systems.] – Moscow : Publishing house of IDT Group LLC, 2007. – 250 p. – ISBN 978-5-94833-026-6.

8 **Voloshin, A. A., Voloshin, E. A, Busygin, T. G.** Primeneniye metodov iskusstvennogo intellekta dlya avtomaticheskogo sinteza faylov konfiguratsii podstantsii v sootvetstvii s IEC 61850. [The Application of Artificial Intelligence Techniques for Automatic Synthesis Substation Configuration Files in Accordance with IEC 61850.] – Moscow: Int. Youth Sci. Tech. Conf., 2018.

9 **Kangin, V. V.** Apparatnyye i programmnyye sredstva sistem upravleniya. Promyshlennyye seti i kontrollery [Hardware and software of control systems. Industrial networks and controllers.] – Moscow : BINOM Publishing House. Laboratory of Knowledge, 2010. – 418 p. – ISBN 978-5-94774-908-3

10 **Stallings, W.** Data and Computer Communications. – New Jersey : Prentice Hall, 2014. – 917 p. – ISBN 978-0-13-350648-8

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**С. В. Войткевич[1], Г.Ш. Казтаев[2]*
[1,2]Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ЭЛЕКТР ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРЫН БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ АРНАЛҒАН БАЙЛАНЫС ХАТТАМАЛАРЫ МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНА ШОЛУ

Деректер алмасу кез-келген автоматика жүйесінің және электр энергетикасы жүйесінің релелік қорғанысының негізін құрайды және шын мәнінде жүйені бірлік ретінде ұстайтын байланыс болып табылады. Ақпарат алмасу болмаған жағдайда электрмен жабдықтаудағы үзілістерден қорғау және басқару функциялары әлі де орындалады, бірақ энергетикалық жүйенің автоматикасы жұмыс істей алмайды

Бұл мақаланың мақсаты-электр желісіне енгізілген байланыс хаттамаларына шолу жасау. Байланыс хаттамалары жүйенің бір немесе бірнеше объектілері арасында байланыс орнату қажеттілігіне байланысты пайда болады, бұл мүмкін болатын сәтсіздіктерді азайтады.

Осы мақалада келтірілген хаттамалар өнеркәсіптік өндірісте кеңінен қолданылады. Бұл өнеркәсіптік хаттамалар бірнеше ондаған жыл бұрын жасалған, бірақ бүгінгі күнге дейін сұранысқа ие. Қазіргі уақытта Өнеркәсіптік желілердің 50-ге жуық түрі бар, олардың ішінде Modbus, Profibus, CANopen, Interbus, Ethernet, DeviceNet және басқаларын атап өтуге болады. Қазақстанда тау-кен, металлургия, мұнай-газ, тамақ, химия және басқа да өнеркәсіптердегі АСУТП басым көпшілігі PROFIBUS және Modbus желілерін пайдаланады. Қазақстанда белгілі бір өнеркәсіптік желінің таралуы негізінен импорттық жабдықтың қазақстандық дистрибьютор компанияларының қалауымен байланысты. Мақаланың соңында қарастырылып отырған Өнеркәсіптік хаттамалардың артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылады.

Кілтті сөздер: хаттама, OSI моделі, Modbus, Profibus, интерфейс, TCP/IP, IEC 60870-5 стандарты.

**S. V Voitkevich[1], G. Sh. Kaztayev[2]*
[1,2]Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov,
Republic of Kazakhstan, Karaganda
Material received on 13.03.23

A REVIEW OF COMMUNICATION PROTOCOLS AND TECHNOLOGIES FOR MONITORING SYSTEMS OF ELECTRICAL SUBSTATIONS

Data exchange forms the basis for any automation and relay protection system of an electric power system and is actually a link that holds the system as a whole. In the absence of information exchange, the functions of protection against power outages and management will continue to be performed, but the automation of the energy system will not be able to function

The purpose of this article is to provide an overview of the communication protocols implemented for the power grid. Communication protocols appear due to the need to establish a connection between one

or more objects of the system in order to minimize possible failures that may occur.

The protocols presented in this article are the most widely used in industrial production. These industrial protocols were developed several decades ago, but remain in demand to this day. Currently, there are about 50 types of industrial networks, among which Modbus, Profibus, CANopen, Interbus, Ethernet, DeviceNet and others can be distinguished. In Kazakhstan, the vast majority of automated control systems in the mining, metallurgical, oil and gas, food, chemical and other industries use Profibus and Modbus networks. The prevalence of one or another industrial network in Kazakhstan is mainly related to the preferences of Kazakhstani companies-distributors of imported equipment. At the end of the article, the advantages and disadvantages of the considered industrial protocols are considered.

Keywords: protocol, OSI model, Modbus, Profibus, interface, TCP/IP, IEC 60870-5 standard.

МРНТИ 44.31.31

doi.org/10.48081/UNNF1815

***А. А. Генбач[1], Д. Ю. Бондарцев[2], Н. А. Генбач[3]**
[1,2,3]Алматинский Университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Республика Казахстан г. Алматы
e-mail:

УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВДУВА ВОЗДУХА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ЭНЕРГООБОРУДОВАНИИ

Разработаны, изготовлены и исследованы процессы на установках с капиллярно-пористыми структурами, вдувом воздуха и воздушно-водоиспарительным охлаждением. Установки позволяют исследовать процессы теплопередачи, аэродинамики и генерации пара и воздушно-механической пены. Разработаны установки с нагревателем большой мощности и работающие под высоким давлением. В качестве капиллярно-пористых структур использовались различные сетчатые материалы в виде изотропных и анизотропных вариантов, причем набор сеток мог осуществляться с ростом гидравлического размера как по направлению, так и против направления теплового потока. В качестве капиллярно-пористых материалов также изучались нано-структурированные покрытия, выполненные путем распыления порошка из минеральных сред сверхзвуковым высокотемпературным факелом огнеструйной горелки ракетного типа. Вдув воздуха сквозь поры и капилляры структуры и покрытий позволяет на порядок интенсифицировать процессы теплообмена, а также существенно форсировать отвод тепловых нагрузок. Наличие капелек воды в многофазном турбулентном пограничном слое расширяет рабочую зону теплопередачи и отодвигает критические тепловые потоки. За счет аналогии процессов гидродинамики, вязкой жидкости, теплообмена и массообмена обобщаются результаты исследования кипения, конденсации, генерации пены чистым и запыленным воздухом. Установки большой мощности позволили исследовать критические тепловые потоки на порядок больше, чем для кипения в большом объёме. Установки, работающие под высоким давлением, позволяют

изучать внутренние (термогидравлические) характеристики кипения и через них рассчитывать тепловые потоки.

Ключевые слова: экспериментальные установки, капиллярно-пористые структуры, теплообмен, массообмен, энергооборудование.

Введение

Вдув воздушного потока в канал разомкнутой экспериментальной испарительной установки предназначены для исследования эффективности эвакуации пара, генерируемого в капиллярно-пористой структуре. Набегающий поток влияет на динамику растущих и гибнущих паровых пузырей [1], а значит и на интенсивность и форсировку [2] процесса теплопередачи.

Вдув воздуха, является одним из внешних методов управления теплообменом, наряду с внутренними способами воздействия на кипящий многофазный пульсирующий пограничный слой [3]. Такой прием использовался в различных устройствах энергоустановок электростанций [4–5].

Более того, за счет комбинированного действия в системе охлаждения капиллярных и массовых сил, возможно управлять внутренними (термодинамическими) характеристиками кипения в структурах [1–2].

Экспериментальными исследования пористой системы охлаждения предназначены для применения ее в энергетических установках [6–10], так и для разработки моделирующих и аналоговых методов изучения быстропротекающих процессов на примере эллиптических систем [3]. Наряду с созданием восокофорсированных систем охлаждения [1–3, 6–8], разрабатываются пористые системы совместного теплообмена, пыле- и газоочистки в пенных многофазных потоках [4, 5].

Материалы и методы

Для интенсификации теплообмена и расширения процесса отводимых тепловых потоков использовался, вдув воздуха с помощью вентилятора 5 в парогенерирущий канал (рис. 1).

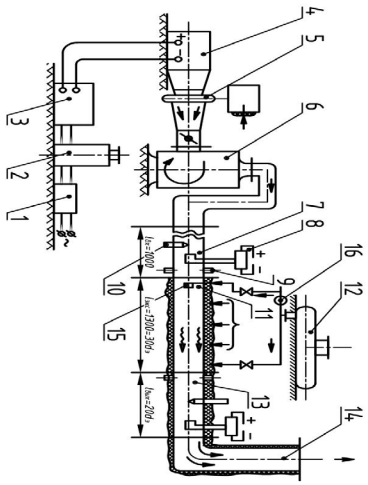


Рисунок 1 – Экспериментальная установка по изучению влияния вдува воздуха на интенсивность теплопередачи: 1 – стабилизатор напряжения; 2 – автотрансформатор; 3 – выпрямитель; 4 – двигатель (N = 4 кВт); 5 – вентилятор (Q = 500 м3/ч; H = 300 мм H2O); 6 – ресивер; 7 – входной участок; 8 – трубка Прандтля; 9 – отбор статического давления; 10 – термометр; 11 – рабочий участок; 12 – бак постоянного уровня; 13 – выходной участок; 14 – отводящий патрубок; 15 – распылитель.

На рабочем участке 11 также устанавливались форсунки 15, т.е. капиллярно-пористая система сочеталась с воздушно-водоиспарительной. Распыляемые форсункой капли воды дополнительно смачивали структуру, а поток воздуха способствовал более интенсивному отводу пара из рабочего участка 11 и уделению его через отводящий патрубок 14 в атмосферу.

На рис. 2 показан стенд по исследованию вдува воздуха и капиллярно-пористая и воздушно-водоиспарительная система охлаждения.

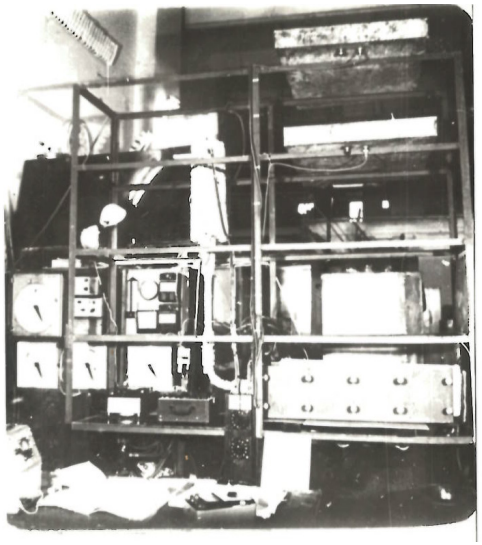


Рисунок –2 Фотография экспериментального стенда по исследованию вдува воздуха на интенсивность теплопередачи в разомкнутой капиллярно-пористой системы охлаждения

На рис.3 изображено устройство охлаждающего элемента. Корпус 1, крышка 2 и вставка 4 выполнены из нержавеющей стали марки 18Н10Т с толщиной стенки 2х10-2 м. Вставка 5 шириной 15х10-3 м служит для образования канала, по которому пар направляется к конденсатору. Охлаждающая жидкость поступает к пористой структуре 6 по медным трубчатым артериям 3. Структура приваривается к стенке точечной сваркой, а перфорированная упругая бронзовая пластина 10 крепится винтами 12. Избыток жидкости улавливается микро-артериями 11 и вновь направляется к структуре, а козырек микро-артерии препятствует интенсивному выбросу жидкости. Предусмотрены датчики 1, 2 для измерения давления потока.

Обогрев стенки производится основным электрическим нагревателем 7. Охранный нагреватель 8 служит для компенсации потерь тепла наружу и быстрого выхода установки на режим.

Он смонтирован в толще изоляции 9. Между основным и охранным нагревателями устанавливается дифференциалы термопара, по которой поддерживается нулевой градиент температуры, что обеспечивает создание адиабатических условий нагрева.

Основной нагреватель выполняется из нихромовой фольги толщиной 0,05; 0,1; 0,3; 0,5; 0,7х10-3 м или нержавеющей пластины – 1 и 2х10-3 м.

Длина нагревателя составляет 0,05…0,3 м. Электрический ток подводится по медным электродам диаметром 30х10-3 м. Слюда толщиной 0,05х10-3 м выполняет роль электроизоляции между стенкой и нихромом.

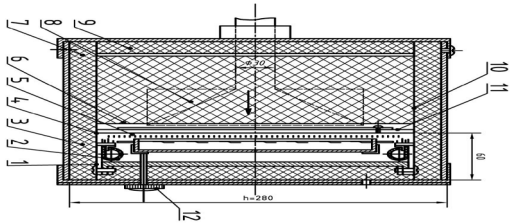


Рисунок 3 – Устройство пористого охлаждения (элемента) (поперечный разрез):
1 – корпус; 2 – крышка; 3 – трубчатая артерия; 4 – вставка; 5 – пористая структура; 6 – электроизоляция (слюда); 7 – основной нагреватель; 8 – охранный нагреватель; 9 – теплоизоляция; 10 – перфорированная прижимная пластина; 11 – микро-артерия

Разъёмная конструкция установки обеспечивает изучение влияния вида структуры на интенсивность теплообмена. Структуры набираются из гладких тканых латунных и нержавеющих сеток простого и саржевого переплетений. Структуры формируются из одного, двух и трех слоев сеток: однослойный – 0,14; 0,28; 0,4; 0,55; двухслойный – 2х0,14; 2х0,4; 2х0,55; 2х1; 0,4х0,55 и трехслойный – 3х0,14; 3х0,28; 0,08х0,14х0,14; 0,08х0,28х0,28; 0,08х0,14х0,4; 0,14х0,28х0,4; 3х0,4. Толщина пористых структур находится в пределах (0,18…3)х10-3 м, а их число достигает девяти при определении величины ΔТн.з..

Кроме электрического нагревателя, применяется лучистый нагрев, а промышленные испытания проводятся с применением газового потока.

Геометрические характеристики применяемых сеток даны в таблице 1.

Таблица 1 – Геометрические характеристики сеток

№	Размер ячейки на просвет, $x10^{-6}$ мхм	Диаметр проволоки, $x10^{-3}$ м	Толщина, $x10^{-3}$ м	Материал	ГОСТ или ТУ
1	0,08х0,08	0,055	0,1	Л80	6613-73
2	0,14х0,14	0,09	0,18	Л80	6613-73
3	0,28х0,28	0,14	0,25	Л80	6613-73

4	0,08x0,08	0,055	0,1	12x18H9T	ЧМТУ-4-7-66
5	0,14x0,14	0,09	0,18	12x18H9T	ЧМТУ-4-7-66
6	0,4x0,4	0,25	0,5	12x18H10T	12184-66
7	0,55x0,55	0,2	0,52	12x18H10T	-

Поверхность охлаждения выполняется из нержавеющей стали марок 18Н10Т и 12х18Н9Т, латуни Л80, меди М2, никеля, алунда и стекла. Толщина стенки принимает значения: 0,05; 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1 и 2х10-3 м.

Выброс капель фотографируется для структур вида: 0,14х0,4; 0,4; 0,4х0,14х0,08; 0,55х0,4х0,14; 1х0,55х0,4.

Результаты и обсуждение

Кризис кипения изучается для структур вида: 0,14; 0,28; 0,4; 0,55; 1х1; 3х1; 0,08х0,55; 0,14х0,55; 2х0,14; 2х0,55; 0,08х0,14х0,14; 0,08х14х0,28; 0,08х0,14х0,4; 3х0,14; 2х0,28; 0,08х0,14х1; 0,4х0,14х0,08; фильтроткань. Величины qкр отводятся до значения 2х106 Вт/м2 при перегревах стенки до 80К. Опыты проводятся вплоть до разрушения стенки и структуры.

В волнистом интенсификаторе с высотой волны 0,05 м и шириной 0,1 м применяются структуры вида 0,08х0,14х1; 0,14х0,14х0,14; 0,4х0,14х0,8; 1х1х1. Радиус волны составляет 0,5 dэ.

Обогрев рабочего участка (рис. 4) осуществляется электрическим нагревателем состоящим из элементов 4, 5, 6. Для компенсации потерь тепла использовался охранный нагреватель 7. Капиллярно-пористое тело 1 прижималось к охлаждаемой стенки 2 перфорированной пластиной.

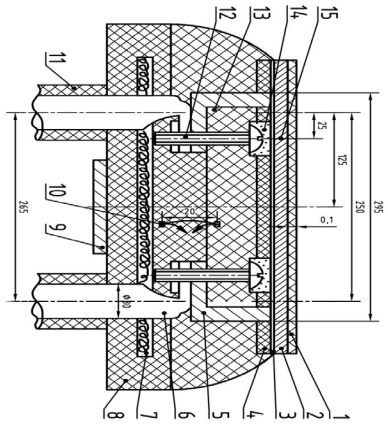


Рисунок 4 – Схема обогрева рабочего участка:
1 – пористое тело; 2 – охлаждаемая стенка; 3 – электроизолирующая

слюда; 4 – нихромовая фольга; 5 – медные шины; 6 – медные электроды; 7 – охранный нагреватель; 8 – теплоизоляция; 9 – прижим; 10 – дифференциальная термопара; 11 – теплоизоляция электродов; 12 – крепежный болт; 13 – асбоцементная плита; 14 – асбестовая пушонка; 15 – термопары.

Для создания высоких удельных тепловых потоков использовался разрезной нихромовый электрический нагреватель малой толщины (0,05х10-3 м) (рис. 5)

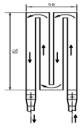


Рисунок 5 – Разрезной низромовый электрический нагреватель большой мощности

(δ = 0,05х10-3 м).

Для исследования влияния высоких давлений в плоском капиллярно-пористом теплообменнике на крышке 4 устанавливались ребра жесткости 5 (рис. 6).

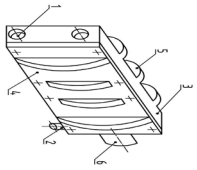


Рисунок 6 – Плоский теплообменник с капиллярно-пористой структурой, работающей под высоким давлением: 1 – окно для подвода охладителя; 2 – патрубок отвода охладителя (слив избыточной жидкости); 3 – корпус; 4 – крышка; 5 – ребра жесткости; 6 – патрубок отвода пара

Также изготавливался теплообменник с искривлённой теплообменной поверхностью нагрева 4 (рис.7), позволяющий исследовать степень прижатия капиллярно-пористой структуры 5. Зажимы 12, скрепляющие корпус 9 и крышку 10, позволяли испытывать систему охлаждения под давлением.

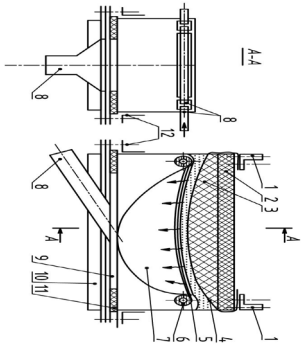


Рисунок 7 – Экспериментальная установка с капиллярно-пористой структурой, охватывающей искривлённую теплообменную поверхность и работающая под высоким давлением: 1 – электрод; 2 – асбестовая плита; 3 – асбестовая пушонка;
4 – нихром; 5 – капиллярно-пористая структура; 6 – питающая артерия; 7 – паровой канал; 8 – патрубок отвода пара; 9 – корпус; 10 – крышка; 11 – прокладка; 12 – зажим

Экспериментальная установка со вдувом воздуха и воздушно-водоиспарительным охлаждением (см. рис. 1) могла быть усовершенствована элементом (рис. 8), позволяющим генерировать воздушно-механическую пену.

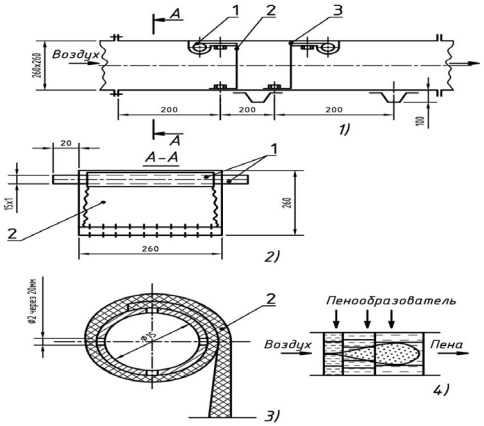


Рисунок 8 – Экспериментальная установка для генерации пенного потока в капиллярно-пористой структуре (1): 1 – питающая артерия; 2, 3 – генерирующая и гасящая структуры; (2) – элемент подвода пенообразователя; (3) установка структуры 2; (4) – механизм выдувания пены из структуры 2

Отличительной чертой элемента являлась безфорсуночная подача пенообразующего раствора с помощью питающей артерии 1, причем установка содержала пеногенерирующую 2 и пеногасящую 3 структуры. На рис.7 также показаны способ подвода пенообразователя, установка структуры и механизм выдувания пенного потока.

Выводы

Таким образом, созданы экспериментальные установки и проведены исследования вдува воздуха в паровой канал, имеющий капиллярно-пористое покрытие. Наличие распылителя позволило сочетать капиллярно-пористую и воздушно-водоиспарительную системы охлаждения. Разработаны нихромовый разрезной электронагреватель большой мощности. Установки позволяли проводить исследования теплообмена для высоких давлений в системе охлаждения (плоский ребристый теплообменник и установка с искривлённой теплообменной поверхностью). Создана установка для генерации и гашения воздушно-механической пены.

REFERENCES

1 **Genbach, A. A., Bondartsev, D. Yu., Beloev, H. I., Genbach, N. A.** Boiling crisis in porous structures. // Energy; – 2022. – 259. – 125076. – https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125076

2 **Genbach, A. A., Bondartsev, D. Yu., Iliev, I. K., Georgiev, A. G.** Scientific method of creation of ecologically clean capillary-porous systems of cooling of power equipment elements of power plants on the example of gas turbines. // Energy. 2020. – 199. – 117458. – https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117458

3 **Genbach, A. A., Bondartsev, D. Yu., Beloev, H. I.** Comparison of Cooling Systems in Power Plant Units.// Energies. – 2021. – 14 – 6365. – https://doi.org/10.3390/en14196365.

4 **Polyaev, V. M., Genbach, A. A.** Control of heat transfer in a porous cooling system // Second world conference of experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics. – – Dubrovnik, Yugoslavia 1991. 23 – 28 June. – P. 639–644.

5 **Polyaev, V. M., et at.** Methods of monitoring energy processes // Experimental thermal and fluid science. International of thermodynamics, experimental heat transfer, and fluid mechanics. Avenue of the Americas. – New York, 1995. 10 April. – P. 273–286.

6 **Seong, Won Moon, et at.** A novel coolant cooling method for enhancing the performance of the gas turbine combined cycle. // Energy. Vol. 160 – 2018. – P. 625–634. – https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.035

7 **Wei, Wang, et at.** Cooling performance analysis of steam cooled gas turbine nozzle guide vane // International Journal of Heat and Mass Transfer. – Vol. 62 – 2013. – P. 668–679. – https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2013.02.080

8 **Uwe, Schulz, et at.** Some recent trends in research and technology of advanced thermal barrier coatings. //Aerospace Science and Technology: – Vol. 7. – Iss. 1. – 2003. – P. 73–80. https://doi.org/10.1016/S1270-9638(02)00003-2

9 **Zhang, J. X., et at.** Thermomechanical fatigue mechanism in a modern single crystal nickel base superalloy TMS-82. Acta Materialia: Vol. 56, Iss. 13, 2008. – P. 2975-2987. https://doi.org/10.1016/j.actamat.2008.02.035

10 **David, R., et at.** Thermal barrier coating materials. // Materials Today. –Vol. 8. – Iss. 6, 2005. – P. 22–29. – https://doi.org/10.1016/S1369-7021(05)70934-2 .

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**A. A. Genbach[1], D. Yu. Bondartsev[2], N. A. Genbach[3]*
[1,2,3]Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Republic of Kazakhstan, Almaty
Material received on 13.03.23

INSTALLATIONS FOR AIR INJECTION STUDY IN THE HEAT TRANSFER INTENSITY IN POWER EQUIPMENT

Processes on installations with capillary porous structures, air injection and air-water evaporation cooling have been developed, elaborated, and investigated. The installations allow us to study the processes of heat transfer, aerodynamics, steam and air-mechanical foam generation. Installations with a high-power heater operating under high pressure have been developed. Various mesh materials in the form of isotropic and anisotropic versions were used as capillary porous structures, and the set of mesh layers could be carried out with an increase in hydraulic size both in the direction and against the direction of the heat flow. Nano-structured coatings made by spraying powder from mineral medium with a supersonic high-temperature flame of a rocket-type flame-jet burner were also studied as capillary porous materials. Air injection through the pores and capillaries of the structure and coatings makes it possible to substantially intensify the heat exchange processes, as well as significantly accelerate the removal of thermal loads. The water droplets presence in a multiphase turbulent boundary layer expands the heat transfer coverage area and pushes away critical heat flows. Based on the analogy of hydrodynamics processes, viscous liquid, heat transfer and mass transfer, the results of the study of boiling, condensation, and foam generation by clean and dusty air are summarized. High-power installations made it possible to study critical heat flows substantially more than for boiling in a large volume. Installations operating under high pressure make it possible to study the internal (thermohydraulic) characteristics of boiling and to calculate heat flows based on these characteristics.

Key words: experimental installations, capillary-porous structures, heat exchange, mass transfer, energy equipment

**А. А. Генбач[1], Д. Ю. Бондарцев[2], Н. А. Генбач[3]*
[1,2,3]Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы Энергетика және Байланыс Университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ЭНЕРГИЯ ЖАБДЫҚТАРЫНДА ЖЫЛУ БЕРУДІҢ ҚАРҚЫНДЫЛЫҒЫНА АУА ҮРЛЕУДІ ЗЕРТТЕУГЕ АРНАЛҒАН ҚОНДЫРҒЫЛАР

Капиллярлы-кеуекті құрылымдары, ауа үрлегіші және ауа-су буландыру салқындатқышы бар қондырғыларында процестер әзірленді, дайындалды және зерттелді. Қондырғылар бу мен ауа-механикалық көбіктің жылу беру, аэродинамика және генерация процестерін зерттеуге мүмкіндік береді. Қуаттылығы жоғары қыздырғышы бар және жоғары қысыммен жұмыс істейтін қондырғылар әзірленді. Капиллярлы-кеуекті құрылымдар ретінде изотроптық және анизотроптық нұсқалар түрінде әртүрлі торлы материалдар пайдаланылды, бұл ретте торлар жиынтығы жылу ағынының бағыты бойынша да, бағытына қарсы да гидравликалық өлшемнің өсуімен жүзеге асырылуы мүмкін болды. Капиллярлы-кеуекті материалдар ретінде сондай-ақ зымыран типті от арынды жанағысының дыбыстан жоғары температуралы алауымен минералды ортадан ұнтақты шашу жолымен орындалған нано-құрылымдалған жабындар зерттелді. Құрылым мен жабындардың кеуектері мен капиллярлары арқылы ауаны үрлеу жылумен алмасу процестерін біршама қарқындатуға, сондай-ақ жылу жүктемелерінің бөлінуін едәуір үдетуге мүмкіндік береді. Көп фазалы турбулентті шекаралық қабатта су тамшыларының болуы жылу берудің жұмыс аймағын кеңейтеді және сыни жылу ағындарын жылжытады. Гидродинамика, тұтқыр сұйықтық, жылу алмасу және масса алмасу процестерінің ұқсастығы есебінен қайнауды, конденсацияны, көбікті таза және шаңды ауамен генерациялауды зерттеу нәтижелері қорытылады. Қуаттылығы жоғары қондырғылар үлкен көлемде қайнауға қарағанда сыни жылу ағындарын ретке келтіруге мүмкіндік берді. Жоғары қысыммен жұмыс істейтін қондырғылар қайнаудың ішкі (термогидравликалық) сипаттамаларын зерттеуге және олар арқылы жылу ағынын есептеуге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: тәжірибелік қондырғылар, капиллярлы-кеуекті құрылымдар, жылу беру, масса алмасу, энергетикалық жабдықтар.

МРНТИ 44.31.35

doi.org/10.48081/BRSX1836

***А. М. Достияров[1], А. К. Макзумова[2], П. А. Верницкас[1],**
[1] Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Республика Казахстан, г.Алматы
[2] Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г.Астана
e-mail: dost51@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА КС ГТУ

Методы численного моделирования получают все большее распространение при решении научно-исследовательских задач. Процессы, происходящие в камерах сгорания газотурбинных установок, происходят в турбулентных течениях, поэтому описать их течение довольно сложно. Для наглядного изображения аэродинамических процессов довольно удобно использовать численное моделирование.

При проектировании газотурбинных установок одной из главных проблем является создание малотоксичных камер сгорания, к конструкциям которых предъявляются все большие требования по совершенствованию процессов, происходящих в них.

Целью моделирования является разработка физических моделей и численное моделирование аэродинамического течения воздуха (газообразного топлива) в горелочном устройстве для определения оптимального угла стабилизаторов для эффективного горения топливовоздушной смеси.

Были получены следующие сравнительные показатели: контуров скоростей и давления при разных начальных скоростях воздуха, поступающего в камеру сгорания и разных углах стабилизаторов на выходе из фронтовой части горелочного устройства.

Результаты показали, что использование моделей турбулентности семейства k-ε, *программного пакета COMSOL Multiphysics, позволяют с достаточной точностью глубоко и полно исследовать*

влияние конструктивных и режимных факторов на основные характеристики камер сгорания и наметить конкретные пути для повышения эффективности всей установки в целом, существенно снизив при этом объем экспериментальных исследований.

Ключевые слова: численное моделирование, стабилизаторы, горелочное устройство, камера сгорания, газотурбинная установка, COMSOL Multiphysics.

Введение

Одним из перспективных направлений повышения эффективности камеры сгорания газотурбинных установок (далее КС ГТУ) при уменьшении экологической нагрузки на окружающую среду является использование метода микрофакельного сжигания топлива [1,2].

Рассмотрев конструкции уже существующих горелочных устройств КС ГТУ [3-6], и в виду повышения требований по совершенствованию рабочего процесса, происходящих в них, авторы пришли к идее об усовершенствовании их конструкции с помощью применения численного моделирования. При проектировании камер сгорания особое внимание уделяется интенсификации сгорания топлива, снижение образования вредных выбросов в процессе сгорания, формированию оптимальных значений температур на выходе из камеры сгорания.

Существующие простые факельные горелочные устройства камеры сгорания ГТУ имеют большую эмиссию выхода оксидов азота. В связи с этим был разработан патент [7], конструкция которого проиллюстрирована на рисунке 1 и рисунке 2.

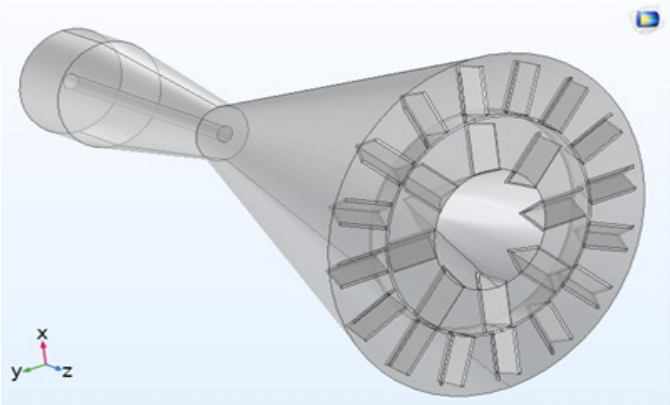


Рисунок 1 – Трехмерная модель двухъярусной микрофакельной горелки для сжигания природного газа

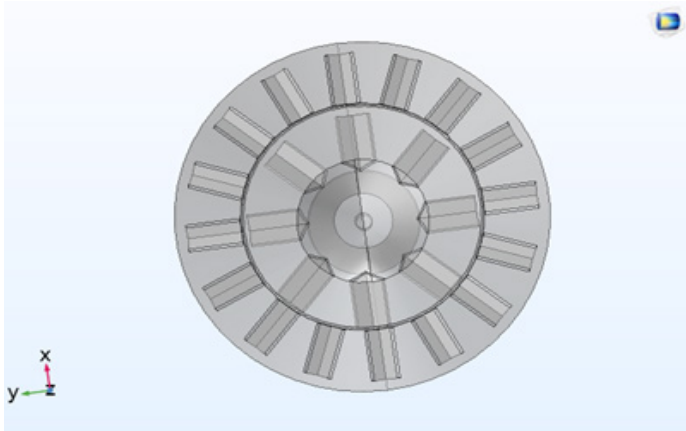


Рисунок 2 – Фронт горелки с двумя ярусами стабилизаторов

Двухъярусная микрофакельная горелка для сжигания природного газа состоит из сужающе-расширяющегося корпуса на входе, которого установлен завихритель воздуха, а на выходе – по оси горелки имеется распределительный конус, соединенный с корпусом с установленными в два яруса стабилизаторами, например: во внутреннем ярусе – восемь стабилизаторов, во внешнем – шестнадцать. Топливо подается по кольцевой медной трубке, например: с двадцатью четырьмя отверстиями, которая расположена по оси между внешним и внутренним ярусами стабилизаторов. Например: 16 отверстий просверлены вверх и 8 отверстий вниз, чтобы впрыск газообразного топлива приходился в вогнутую (внутреннюю) часть стабилизаторов.

Горелка работает следующим образом: воздух для подготовки обедненной топливовоздушной смеси (далее–ТВС) поступает закрученным потоком в расширяющуюся часть горелки через входной завихритель. Затем поток воздуха ускоряется в сужающем канале и в горле горелки перемешивается с топливом поступающим через трубку. Далее в распределительном конусе снижается гидравлическое сопротивление выходного сечения горелки, и как следствие устраняется проскок пламени. Топливо подается из топливной трубки в кольцевую топливную трубку из которой ответвлениями медных трубок топливо подается на каждый из стабилизаторов. На выходе горелки ТВС горит за счет перемешивания с дополнительным воздухом извне.

Уголковые стабилизаторы на выходе горелки обеспечивают микрофакельное сжигание, которое дает низкоэмиссионное горение за счет отсутствия локальных высокотемпературных зон. Уголковые стабилизаторы

создают множество обратных потоков пламени, которые поджигают свежие порций ТВС. Тем самым они повышают устойчивость горения.

Материалы и методы

Численное моделирование выполнялось в программе COMSOL Multiphysics [8], предназначенной для моделирования конструкции, устройств и процессов во всех областях инженерных, производственных и научных исследований. С помощью такого моделирования можно анализировать как отдельные, так и взаимосвязанные физические процессы, а также визуализировать течения газа в технических и природных объектах методами компьютерной графики [9,10].

Процесс моделирования представлен построением модели в 2-мерном пространстве realizable k-ε модели турбулентности. На рисунке 3 изображена область моделирования.

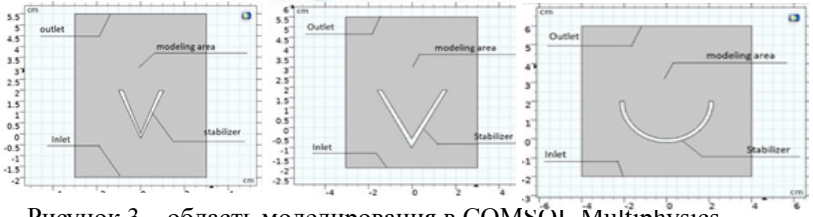


Рисунок 3 – область моделирования в COMSOL Multiphysics
а) угол стабилизатора 45; б) угол стабилизатора 60;
в) полукруг

Область моделирования представлена уголковым стабилизатором с разными углами (45, 60 и полукруг).

В основу модели положена зависимость значений скорости и давления воздуха в зоне горения от начального параметра воздуха, поступающего с нижней части зоны горения и выходящего из верхней части.

Целью моделирования является разработка физических моделей и численное моделирование аэродинамического течения воздуха (газообразного топлива) в горелочном устройстве КС ГТУ для определения оптимального угла стабилизаторов для эффективного горения ТВС.

На рисунке 4 проиллюстрирована тетраэдральная адаптивная расчетная сетка моделируемой области. Количество элементов в области на рис. 4а – 4740, рис.4б – 4505, рис.4в – 3663. Сетка состоит из группы тетраэдров, что позволяет эффективно рассчитывать различные вариации поля напряжений и получить высокоточный результат.

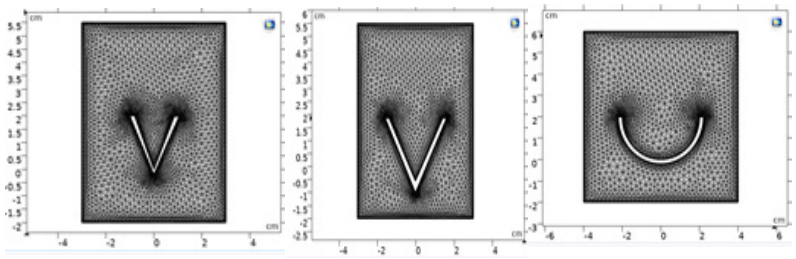


Рисунок 4 – сетка моделируемой области в COMSOL Multiphysics
а) угол стабилизатора 45; б) угол стабилизатора 60;
в) полукруг

При моделировании скорость и величина расхода топлива оставались неизменными, в связи с этим в статье рассматривалось лишь влияние подачи топлива и воздуха.

Результаты и обсуждение

Скоростные контуры. В таблице 1 представлены рисунки контуров скоростей при различных начальных скоростях воздуха (5, 10, 15 м/с) и тремя вариантами углов стабилизатора.

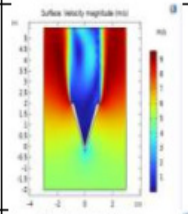
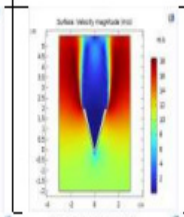
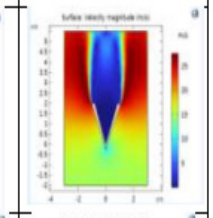
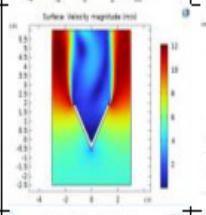
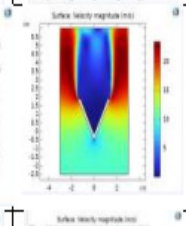
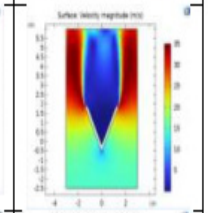
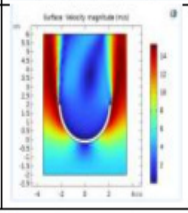
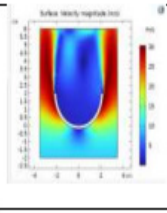
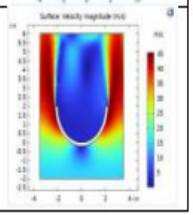
Как видно из рисунка поток воздуха, входя в область моделирования, встречает препятствие в виде уголкового стабилизатора, огибая его, теряет скорость, за стабилизатором образуется зона обратных токов, тем самым предотвращается быстрый унос пламени.

Можно увидеть, что при малых значениях начальных скоростях воздуха, а именно 5 м/с и во всех уголковых стабилизаторах, образуется неравномерная рециркуляционная зона с малыми значениями скоростей. Более стабильная рециркуляционная зона наблюдается при начальных значения скоростей, равными 10, 15 м/с.

Большие скорости воздуха (газообразного топлива) наблюдаются на конце расширяющейся части стенки стабилизатора, зона рециркуляции с низкими скоростями служит для задержания ТВС до полного сгорания топлива и приводит к высокой стабилизации пламени и понижению недожога топлива.

Наиболее полное сгорание топливовоздушной смеси ожидается в стабилизаторе формой – полукруг, в связи с обширной зоной обратных токов за стабилизатором.

Таблица 1. Скоростные контуры

Скорость воздуха/угол стабилизатора	*5 м/с*	*10 м/с*	*15 м/с*
45°			
60°			
Полукруг			

Контуры давлений. В таблице 1 представлены рисунки контуров давлений при различных начальных скоростях воздуха (5, 10, 15 м/с) и тремя вариантами углов стабилизатора.

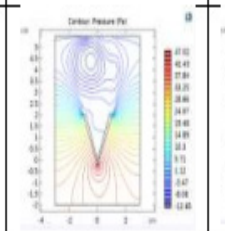
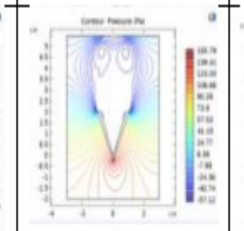
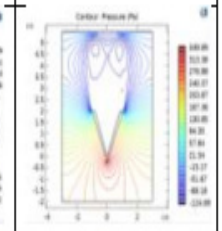
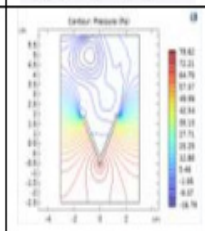
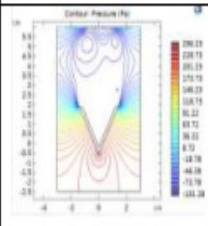
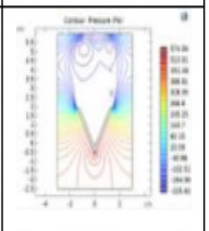
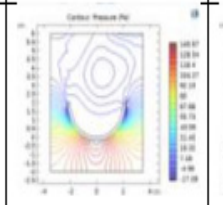
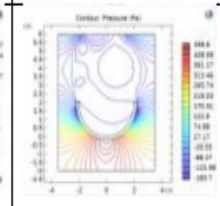
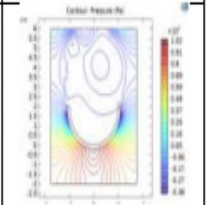
Как видно из рисунков, угловая часть стабилизаторов принимает наибольшее давление со стороны воздуха (ТВС), это подтверждается зоной с высокими давлениями, указанными красным цветом на рисунке.

Можно заметить, что в конце расширяющейся части стенки стабилизатора наблюдаются хаотично расположенные изобары давлений, это объясняется турбулентным потоком воздуха (газообразного топлива).

Воздух, встречая походу своего движения, препятствие в виде стабилизатора, теряет скорость и уменьшает давление, тем самым поток

замедляется и увеличивается время для более полного перемешивания ТВС, вследствие чего происходит эффективное сжигание.

Таблица 2. Контуры давлений

Скорость воздуха/угол стабилизатора	*5 м/с*	*10 м/с*	*15 м/с*
45°			
60°			
полукруг			

Выводы

Проанализировав результаты численного моделирования уголковых стабилизаторов, авторы пришли к заключению, что размеры и угол стабилизаторов в значительной мере влияют на аэродинамику и профили скоростей. Изменение скоростей не показал заметного влияния на контуры скоростей 10-15 м/с, однако в целом было показано, что угол подачи и профиль

влияет на процессы перемешивания ТВС и как следствие на стабилизацию, недожог топлива и образование вредных выбросов оксидов азота.

Особое внимание следует уделить области внутри уголковых стабилизаторов, где расположена зона обратных токов. Наиболее оптимальные параметры контуров скоростей и давлений показал стабилизатор, выполненный в форме полукруга, в виду наличия обширной зоны рециркуляции малых скоростей за ним.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Достияров, А. М., Умышев, Д. Р., Катранова, Г. С., Яманбекова, А. К.** Камеры сгорания и горелки газотурбинных установок: монография, Астана : КАТУ им. С. Сейфуллина, 2017. – 205 с.

2 **Лефевр, А.** Процессы в камерах сгорания ГТД. – М. : Мир, 1986. – 566 с.

3 Евразийский патент №039073 от 30.11.2021 г.

4 **Ануарбеков, М. А., Достияров, А. М., Картджанов, Н. Р.** Патент на изобретение №35652. Микрофакельная горелка для сжигания синтетических газов // Республика Казахстан. Опубл. 06.05.2022 г.

5 **Достияров, А. М., Макзумова, А. К.** Заявка на патент №2022/0193.1. Горелочное устройство камеры сгорания газотурбинной установки// Республика Казахстан. Заявка от 28.03.2022 г.

6 **Достияров, А. М., Ожикенова, Ж. Ф., Катранова, Г. С.** Патент на изобретение № 35168. Двухъярусная горелка // Республика Казахстан. Опубл. 25.06.2021 г.

7 **Макзумова, А. К., Достияров, А. М., Ануарбеков, М. А.,** Верницкас, П. А., Саракешова, Н. Н., Биахметов, Б. А. Заявка на патент на изобретение №169582. Двухъярусное микрофакельное горелочное устройство // Республика Казахстан. Заявка от 29.09.2022 г.

8 Руководство по пользованию. Введение в COMSOL Multiphysics, [Электронный ресурс] www.comsol.ru

9 **Veynante, D., Vervisch, L.** Turbulent combustion modeling. Journal : Progress in Energy and Combustion Science. Volume 28, Issue 3, March 2002, 193-266 p. https://doi.org/10.1016/S0360-1285(01)00017-X

10 **Gonzalez-Jueza, E. D., Kersteinb, A. R., Ranjanc, R., Menonc, S.** Advances and challenges in modeling high-speed turbulent combustion in propulsion systems. // Journal : Progress in Energy and Combustion Science. Volume 60 – May 2017. – 26–67 p.

REFERENCES

1 **Dostiyarov, A. M., Umyshev, D. R., Katranova, G. S., Yamanbekova, A. K.** Kamery sgoraniya i gorelki gazoturbinnykh ustanovok [Combustion chambers and burners of gas turbine plants], Monograph, Astana : S. Seifullina KATU, 2017. - 205 p.

2 **Lefebvre, A.** Protcessy v kamerakh sgoraniya GTU [Working processes in the combustion chambers of the gas turbine engine]. – Moscow : Mir, 1986 – 530 p.

3 Eurasian patent №039073 dated November 30, 2021.

4 **Anuarbekov, M. A., Dostiyarov, A. M., Kartzhanov, N. R.** Patent na izobreteniye №35652. Mikrofakel'naya gorelka dlya proizvodstva sinteticheskikh gazov [Patent for the invention №35652. Microtorch burner for burning synthetic gases] // Republic of Kazakhstan. Published 05.06.2022.

5 **Dostiyarov, A. M., Makzumova, A. K.** Zayavka na patent na izobreteniye №2022/0193.1. Gorelochnoye ustroystvo kamery sgoraniya gazoturbinnoy ustanovki [Burner device of the combustion chamber of a gas turbine plant] // Republic of Kazakhstan. Application date 28.03.2022г

6 **Dostiyarov, A. M., Ozhikenova, Zh. F., Katranova, G. S.** Patent na izobreteniye № 35168. Dvukh"yarusnaya gorelka [Patent for the invention № 35168. Two-tier burner] // Republic of Kazakhstan. Published. 25.06.2021 г.

7 **Makzumova, A. K., Dostiyarov, A. M., Anuarbekov, M. A., Vernitskas, P. A., Sarakeshova, N. N., Biakhmetov, B. A.** Zayavka na patent na izobreteniye №169582. Dvukh"yarusnoye mikrofakel'noye gorelochnoye ustroystvo [Application for a patent for an invention №169582. Two-tier microtorch burner] // Republic of Kazakhstan. Application date 29.09.2022.

8 User Guide. Introduction to COMSOL Multiphysics, [Electronic resource] www.comsol.ru.

9 **Veynante, D., Vervisch, L.** Turbulent combustion modeling. Journal : Progress in Energy and Combustion Science. – V. 28 – Issue 3. – March 2002. –193–266 p. – https://doi.org/10.1016/S0360-1285(01)00017-X

10 **Gonzalez-Jueza, E. D., Kersteinb, A. R., Ranjanc, R., Menonc, S.** Advances and challenges in modeling high-speed turbulent combustion in propulsion systems // Journal : Progress in Energy and Combustion Science – V. 60. – May 2017. – 26–67 p.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**А. М. Достияров[1], А. Қ. Мақзұмова[2], П. А. Верницкас[1],*

[1]Г. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;

[2]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ГАЗ ТУРБИНАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫНЫҢ ЖАНУ КАМЕРАСЫНЫҢ ЖАНУ ҚҰРЫЛҒЫСЫ КОНСТРУКЦИЯСЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУДЕ САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУДІ ҚОЛДАНУ

Зерттеу мәселелерін шешуде сандық модельдеу әдістері кеңінен таралуда. Газ турбиналық қондырғылардың жану камераларында болатын процестер турбулентті ағындарда жүреді, сондықтан олардың ағынын сипаттау өте қиын. Аэродинамикалық процестерді визуалды түрде көрсету үшін сандық модельдеуді қолдану өте ыңғайлы.

Газ турбиналық қондырғыларды жобалау кезінде негізгі мәселелердің бірі - оларда болып жатқан процестерді жақсарту үшін конструкциялары барған сайын жоғары талаптарға бағынатын аз улы жану камераларын құру.

Модельдеу мақсаты отын-ауа қоспасының тиімді жануы үшін тұрақтандырғыштардың еңістің оңтайлы бұрышын анықтау үшін оттықтағы ауаның (газ тәрізді отынның) аэродинамикалық ағынының физикалық модельдерін және сандық модельдеуін жасау болып табылады.

Келесі салыстырмалы көрсеткіштер: жану камерасына түсетін ауаның әртүрлі бастапқы жылдамдығы кезіндегі жылдамдық пен қысым контурлары және оттықтың алдыңғы жағынан шығатын жеріндегі тұрақтандырғыштардың әртүрлі көлбеу бұрыштары алынды.

Нәтижелер k-ε *отбасының турбуленттілік модельдерін, COMSOL Multiphysics бағдарламалық пакетін пайдалану жану камераларының негізгі сипаттамаларына құрылымдық және режимдік факторлардың әсерін жеткілікті дәлдікпен терең және толық зерттеуге және нақты анықтауға мүмкіндік беретінін көрсетті. Бұл сондай-ақ эксперименттік зерттеулердің көлемін айтарлықтай қысқарта отырып, тұтастай алғанда бүкіл қондырғының тиімділігін арттыру тәсілі.*

Кілтті сөздер: сандық модельдеу, тұрақтандырғыштар, жану құрылғысы, жану камерасы, газтурбиналық қондырғы, COMSOL Multiphysics.

**A. M. Dostiyarov[1], A. K. Makzumova[2], P. A. Vernitskas[1],*
[1]G. Daukeev Almaty University of Energy and Communications,
Republic of Kazakhstan, Almaty
[2]L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Astana
Material received on 13.03.23

APPLICATION OF NUMERICAL MODELING IN STUDYING THE EFFICIENCY OF THE DESIGN OF THE BURNER DEVICE OF THE COMBUSTION CHAMBER OF A GAZ TURBINE INSTALLATION

Numerical modeling methods are becoming increasingly common in solving research problems. The processes occurring in the combustion chambers of gas turbine installations occur in turbulent flows, so it is quite difficult to describe their flow. For a visual representation of aerodynamic processes, it is quite convenient to use numerical modeling.

When designing gas turbine installations, one of the main problems is the creation of low-toxic combustion chambers, the designs of which are increasingly demanding to improve the processes taking place in them.

The purpose of the simulation is to develop physical models and numerical modeling of the aerodynamic flow of air (gaseous fuel) in the burner device to determine the optimal angle of stabilizers for efficient combustion of the fuel-air mixture.

The following comparative indicators were obtained: velocity and pressure contours at different initial velocities of the air entering the combustion chamber and different angles of the stabilizers at the outlet of the front part of the burner device.

The results showed that the use of turbulence models of the k-ε *consolidation, the COMSOL Multiphysics software package, allows us to thoroughly and fully investigate the influence of design and operating factors on the main characteristics of combustion chambers with sufficient accuracy and to outline specific ways to improve the efficiency of the entire installation as a whole, while significantly reducing the volume of experimental studies.*

Keywords: numerical modeling, stabilizers, burner device, combustion chamber, gas turbine installation, COMSOL Multiphysics.

МРНТИ 44.29.31

doi.org/10.48081/OTQG4524

***Д. Д. Исабеков[1], В. П. Марковский[2], В. Я. Бобров[3], А. М. Исмухамбетов[4], А. М. Джантимиров[5]**

[1,2]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар
[3] АОКазэнергокабель, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[4,5] АОАлюминий Казахстана, Республика Казахстан,г. Павлодар
e-mail: Dauren_pvl2012@mail.ru

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ МАКСИМАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА

В статье авторами представлен принцип действия ресурсосберегающей максимальной токовой защиты (МТЗ), назначением которой является защита высоковольтных электроустановок, напряжением 35кВ. от коротких замыканий. Представленная защита выполняется без использования широко применяемых в электроэнергетике токовых реле и трансформаторов тока (ТТ) с ферромагнитными сердечниками, обладающих значительными весогабаритными параметрами и высокой стоимостью. Предлагаемая защита выполнена с использованием катушек индуктивностей, обладающими для релейной защиты в сравнении с ТТ и другими магниточувствительными элементами рядом известных преимуществ и возможностью их установки в магнитном поле, созданным токоведущей шиной ячейки закрытого распределительного устройства (ЗРУ). Защиты с их применением могут использоваться, как дублирующие по отношению к традиционным защитам электроустановок, но при этом по быстродействию ничуть не уступают им. Для расширения линейки релейной защиты, представленная защита характеризуют инновационный подход, используя для этого катушки индуктивности. Ресурсосберегаемость данной защиты заключается в использовании данных катушек, являющихся, как по стоимости, так и по весогабаритным параметрам на порядок дешевле и меньше по размеру и весу, чем вышесказанные ТТ. Предложенная защита выполняется в виде конструкции с установкой её внутри ячейки ЗРУ, напряжением 35кВ.

Ключевые слова: МТЗ, катушка индуктивности, ячейка, ресурсосбережение, электроустановка.

Введение

Вопрос ресурсосбережения в электроэнергетике не раз поднимался на международных конференциях по большим энергетическим системам (СИГРЭ), оставаясь актуальным и для релейной защиты, без применения дорогостоящих и обладающих значительными весогабаритными параметрами металлоемких трансформаторов тока (ТТ) и токовых реле с ферромагнитными сердечниками [1÷3]. Для повышения надежности традиционных токовых защит, выполненных как на электромеханической, так и микропроцессорной базе целесообразно применять дублирование защит, а для получения максимального эффекта необходимо дублировать, как само устройство защиты, так и сами преобразователи тока [4÷5]. В качестве альтернативы применения ТТ и соответствующих защит возможно рассмотрение различных магниточувствительных элементов, таких как датчики Холла, магниторезисторы, магнитодиоды, магнитотранзисторы, катушки индуктивности и герконы [6÷12]. Работы по созданию ресурсосберегающих токовых защит без ТТ с ферромагнитными сердечниками ведутся еще с 60-х годов прошлого столетия [10÷12]. Для построения релейной защиты электроустановок без вышеназванных ТТ авторами были выбраны катушки индуктивности [13]. Выбраны они были в связи с тем, что в сравнении с другими магниточувствительными элементами обладают преимуществами, заключающихся в том, что они одновременно могут выполнять функции аналого-дискретного и измерительного преобразователя, а также измерительного органа защиты, обладают низкой стоимостью, малыми весогабаритными параметрами в сравнении с ТТ и токовыми реле с ферромагнитными сердечниками. За последние десятилетия имеется ряд разработанных токовых защит на катушках индуктивности [14÷19]. В данной работе рассмотрен принцип действия МТЗ электроустановок, напряжением 35кВ, выполненной в виде устройства.

Методы и результаты исследования: тщательная проработка научных статей и патентных баз по данной тематике в результате исследования, позволила предложить новую конструкцию МТЗ, обладающей эффектом ресурсосбережения для различных электроустановок, напряжением 35кВ. Реализация МТЗ производится на базе бакового выключателя, типа С-35-630-10 [20].

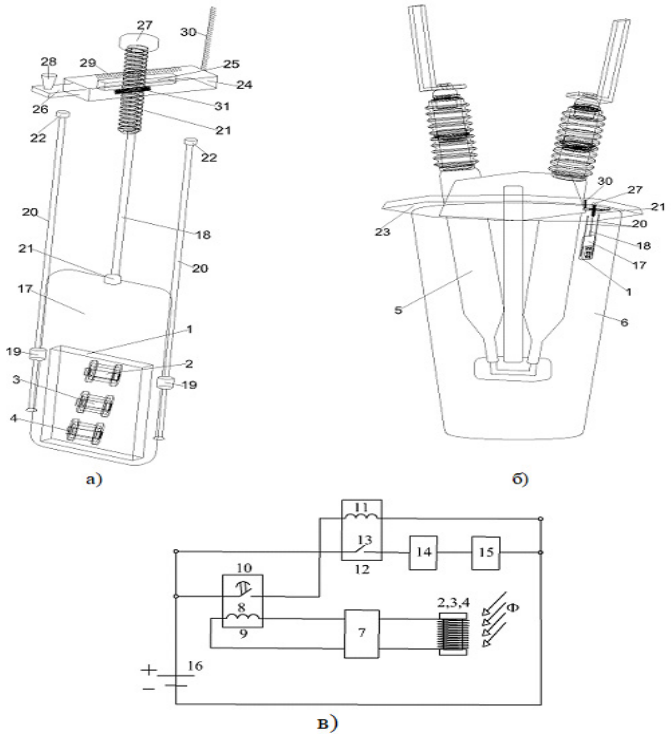
Результаты и обсуждение

Для электроустановок напряжением U = 35 кВ. необходимо разработать конструкцию МТЗ, установленной внутри бака выключателя и позволяющей

осуществить продольное и поперечное перемещение катушек индуктивностей, осуществляя тем самым выбор уставок защиты, посредством регулирования расстояния от катушек индуктивностей до токоведущего стержня выключателя. МТЗ, представленная в виде конструкции, содержит пластину 1 на наружной стороне которой закреплены три катушки индуктивности 2,3,4, токоведущий стержень 5 выключателя 6 (рис.1а,б). Выходы катушек 2,3,4 подключены ко входу усилителя напряжения 7, а выход самого усилителя 7 подключен к обмотке 8 реле времени 9, к контакту на замыкание 10 с выдержкой времени которого подключена обмотка 11 промежуточного реле 12, контакт на замыкание 13 реле 12 подключен ко входу указательного реле 14 (рис.1в). Выход указательного реле 14 подключен ко входу катушки отключения 15 выключателя 6 электроустановки. Выход катушки отключения 15 выключателя 6 подключен к потенциалу «минус» источника постоянного тока 16. Пластина с катушками 1 крепится внутри кожуха 17, который в своей верхней части крепится к центральной оси 18, а по бокам с помощью ушек 19 к боковым осям 20 (рис.1а). Центральная ось 18 жестко связана с первым концом вращающегося вала 21. Боковые оси 20 в верхней части с помощью втулок 22 прикреплены к крышке 23 выключателя 6 (рис.1б). На крышке 23 для крепления и фиксации кожуха 17 установлена первая планка 24 с продольным отверстием 25, вторая планка 26 располагается внутри первой 24, на второй конец вращающего вала 21 насажен вентиль 27. На второй планке 26 установлена ручка 28. На первой планке 24 размещены горизонтальная 29 и вертикальная 30 шкалы. Входы кожуха 17 и первой планки 24 уплотняются с помощью прокладок 31 (рис.1,а).

МТЗ работает следующим образом. Для выбора необходимой уставки срабатывания осуществляют поперечное или продольное перемещение пластины 1 с катушками 2,3,4 относительно стержня 5 (рис.1а,б). При этом для одной защиты используют одну из катушек, другие две катушки необходимы для реализации других защит, к примеру, МТЗ с другой выдержкой времени или же токовой отсечки. Продольное перемещение пластины 1 с катушками относительно стержня 5 осуществляется поворотом вентиля 27 по или против вращения часовой стрелки, при этом пластина 1 с катушками перемещается вверх или вниз относительно крышки 23 выключателя 6 (рис.1а,б). Поперечное перемещение этой же пластины 1 с катушками относительно стержня 5 осуществляют передвижением второй планки 26 с помощью ручки 28 вдоль продольного отверстия 25, тем самым приближая или отдаляя катушки относительно стержня 5. Необходимое расстояние от пластины 1 с катушками 2,3,4 при её продольном или поперечном перемещении относительно стержня 5 определяется по горизонтальной 29 и вертикальной 30 шкалам, нанесённых на первой планке 24 (рис.1а).

Перед тем, как установить конструкцию МТЗ в бак выключателя 6, в его крышке 23 просверливают необходимое отверстие под первую планку 24 (рис.1б). Через данное отверстие вводят кожух 17 с установленной внутри него пластиной 1 с катушками 2,3,4, после чего фиксируют первую планку 24 на самой крышке 23 (рис.1а,б). При этом также рассчитывают необходимое расстояние от стержня 5 до катушек 2,3,4 и угол, под которым они должны располагаться по отношению к силовым линиям магнитного поля, создаваемым током в токоведущем стержне 5. Кожух 17 с установленной внутри него пластиной 1 устанавливают параллельно стержню 5 и располагается он в верхней части бака выключателя 6. В нормальном режиме работы по стерню 5 протекает ток, не превышающий нормального рабочего значения и на катушки 2,3,4 действует магнитное поле, величина индукции которого является недостаточной для выдачи ими значения напряжения, равного



5В и в связи с этим МТЗ не срабатывает (рис.1б).

Рисунок 1– Ресурсосберегающая МТЗ: а) конструкция; б) расположение конструкции МТЗ внутри бака выключателя; в) структурная схема МТЗ

При коротком замыкании на отходящих присоединениях от выключателя 6 ток, протекающий по стержню 5 превосходит ток срабатывания защиты, и с учетом того, что значение снимаемого напряжения с выводов катушек 2,3,4 имеет максимальное значение 5В, то оно повышается с помощью усилителя напряжения 7 до значения, равного U=220 В и подается на выводы обмотки 8 реле времени 9 (рис.1б,в). В результате у реле 9 срабатывает контакт с выдержкой времени на замыкание 10, равного 0,02с. и посылает потенциал «+» поступающий с источника постоянного тока 16 на первый вывод обмотки 11 реле 12. Промежуточное реле 12 сработав подаёт потенциал «+» через свой контакт на замыкание 13 на первый вывод указательного реле 14, а с него на вход катушки отключения 15 выключателя электроустановки. В результате чего защищаемая электроустановка отключается (рис.1 в).

Информация о финансировании

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №. AP14972954)

Выводы

Ресурсосберегающая МТЗ с представленной для её реализации конструкцией, неиспользующей в своем составе встроенные и выносные трансформаторы тока и токовые реле с ферромагнитными сердечниками, обладающих высокой стоимостью и весогабаритными параметрами отвечает актуальному вопросу электроэнергетики – ресурсосбережению используемых материалов. Конструкция МТЗ осуществляет продольное и поперечное регулирование расстояния от катушек индуктивностей до токоведущего стержня, позволяя тем самым осуществить выбор уставок защиты и использовать её для реализации МТЗ электроустановок, напряжением U= 35 кВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Дьяков, А. Ф.** Электроэнергетика мира в начале XXI столетия (по материалам 39-й сессии СИГРЭ, Париж) [Текст] // Энергетика за рубежом. – 2004. – №4. – С. 7–16.

2 **Казанский В. Е.** Трансформаторы тока в схемах релейной защиты [Текст] – Москва: Энергия, 1969. – 184 с.

3 **Казанский, В. Е.** Измерительные преобразователи тока в релейной защите [Текст] – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 240 с.

4 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов– Изд. 4-е, перер. и доп. [Текст]– Москва: Высшая школа, 2006. – 639 с.

5 **Шнеерсон, Э. М.** Цифровая релейная защита [Текст]– Москва: Энергоатомиздат, 2007. – 549 с.

6 **Кобус, А., Тушинский, Я.** Датчики Холла и магниторезисторы / пер. с польск. В.И. Тихонова, К.Б. Македонский; под ред. О.К. Хомерики [Текст]– Москва: «Энергия», 1971. – 352 с.

7 **Котенко Г. И.** Магниторезисторы [Текст]– Ленинград: Энергия, 1972. – 80 с.

8 **Егиазарян Г. А., Стафеев В. И.** Магнитодиоды, магнитотранзисторы и их применение [Текст]–Москва: Радио и связь, 1987. –88 с.

9 **Кожович Л. А., Бишоп М. Т.** Современная релейная защита с датчиками тока на базе катушки Роговского // Современные направления развития релейной защиты и автоматики энергосистем: сб. докл. междунар. науч.-технич. конф. [Текст]– Москва: Научно-инженерное информационное агентство, 2009. – С. 39-48.

10 **Диковский Я. М., Капралов И. И.** Магнитоуправляемые контакты [Текст]– Москва: Энергия, 1970. – 152 с.

11 **Карабанов С. М., Майзельс Р. М., Шоффа В. Н.** Магнитоуправляемые контакты (герконы) и изделия на их основе [Текст]–Долгопрудный: Издательский Дом Интеллект, 2011. – 408с.

12 **Сирота И. М.** Схемы индукционного измерения токов в трехфазных цепях высокого напряжения[Текст]–Москва// Электричество – 1967. – №4. – С. 22-24.

13 **Басс Э. И.** Катушки реле защиты автоматики [Текст]– Москва: Энергия, 1974. –80 с.

14 **Issabekov D. D, Kletsel M. Ya., Zhantlesova A. B., Mayshev P. N., Mashrapov B. E.** «New filters for symetrical current components» [Text] // Electrical Power and Energy Systems. – 2018. – №101. – P. 85–91.

15 **Исабеков, Д. Д.** Установка для исследования электромагнитного поля внутри комплектного распределительного устройства / Патент № 34420 Республики Казахстан, опубл. 26.06.2020.

16 **Исабеков, Д. Д.** Устройство максимальной токовой защиты электроустановок на магнитоуправляемых элементах / Патент № 35387 Республики Казахстан, опубл. 26.11.21.

17 **Исабеков, Д. Д., Клецель, М. Я., Кислов, А. П., Шолохова, И. И.** Устройство для токовой защиты электроустановки / Патент № 2704792 Российской Федерации, опубл. 31.10.19.

18 **Исабеков, Д. Д., Клецель, М. Я., Талипов, О. М., Шолохова, И. И.** Устройство для крепления герконов в ячейках комплектных распределительных устройств / Патент № 2670720 Российской Федерации, опубл. 29.11.2018.

19 **Исабеков, Д. Д., Полищук, В. И., Постоянкова, К. Ю., Шувалова, А. А.** Устройство максимальной токовой защиты / Патент № 2759638 Российской Федерации, опубл.16.11.2021.

20 **Девочкин, О. В., Лохнин, В. В., Меркулов, Р. В., Смолин, Е. Н.** Электрические аппараты: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образ. [Текст]–Москва: Изд. центр «Академия», 2010. –240 с.

REFERENCES

1 **D`yakov, A. F.** E`lektroe`nergetika mira v nachale XXI stoletiya (po materialam 39-j sessii SIGRE`, Parizh) [Electric power industry of the world at the beginning of the XXI century (based on the materials of the 39 session of CIGRE, Paris) [Text]] // E`nergetika za rubezhom. – 2004. – №4–P. 7–16.

2 **Kazanskij V. E.** Transformatory` toka v sxemax relejnoj zashhity` [Current transformers in relay protection circuits] [Text] – Moskva: E`nergiya, 1969. – 184 s.

3 **Kazanskij, V. E.** Izmeritel`ny`e preobrazovateli toka v relejnoj zashhite [Current transducers in relay protection] [Text]–Moskva: E`nergoatomizdat, 1988. – 240 p.

4 **Andreev, V. A.** Relejnaya zashhita i avtomatika sistem e`lektrosnabzheniya: uchebnik dlya vuzov [Relay protection and automation of power supply systems]– Izd. 4-e, perer. i dop. [Text]– Moskva: Vy`sshaya shkola, 2006. – 639 p.

5 **Shneerson, E`. M.** Cifrovaya relejnaya zashhita [Digital relay protection] [Text]– Moskva: E`nergoatomizdat, 2007. – 549 p.

6 **Kobus, A., Tushinskij, Ya.** Datchiki Xolla i magnitorezistory` / per. s pol`sk. V.I. Tixonova, K.B. Makedonskij; pod red. O.K. Xomeriki [Hall sensors and magnetoresistors] [Text]– Moskva: «E`nergiya», 1971. – 352 p.

7 **Kotenko G. I.** Magnitorezistory` [Magnetoresistors] [Text]– Leningrad: E`nergiya, 1972. – 80 s.

8 **Egiazaryan G. A., Stafeev V. I.** Magnitodiody`, magnitotranzistory` i ix primenenie [Magnetodiodes, magnetotransistors and their applications] [Text]– Moskva: Radio i svyaz`, 1987. –88 p.

9 **Kozhovich L. A., Bishop M. T.** Sovremennaya relejnaya zashhita s datchikami toka na baze katushki Rogovskogo [Modern relay protection with current sensors based on the Rogowski coil] // Sovremenny`e napravleniya razvitiya relejnoj zashhity` i avtomatiki e`nergosistem: sb. dokl. mezhdunar.

nauch.-texnich. konf. [Text]– Moskva: Nauchno-inzhenernoe informacionnoe agentstvo, 2009. – P. 39–48.

10 **Dikovskij Ya. M., Kapralov I. I.** Magnitoupravlyaemy`e kontakty`[Magnetic contacts] [Text]– Moskva: E`nergiya, 1970. – 152 p.

11 **Karabanov S. M., Majzel`s R. M., Shoffa V. N.** Magnitoupravlyaemy`e kontakty` (gerkony`) i izdeliya na ix osnove [Magnetically actuated contacts (reed contacts) and products based on them] [Text]–Dolgoprudny`j: Izdatel`skij Dom Intellekt, 2011. – 408 p.

12 **Sirota I. M**. Sxemy` indukcionnogo izmereniya tokov v trexfazny`x cepyax vy`sokogo napryazheniya [Schemes of induction measurement of currents in three-phase high-voltage circuits] [Text]–Moskva// E`lektrichestvo – 1967. – №4. – S. 22-24.

13 **Bass E`. I.** Katushki rele zashhity` avtomatiki [Automation protection relay coils] [Text]– Moskva: E`nergiya, 1974. –80 p.

14 Issabekov D. D, Kletsel M. Ya., Zhantlesova A. B., Mayshev P. N., Mashrapov B. E. «New filters for symetrical current components» [Text] // Electrical Power and Energy Systems– 2018. – №101. – P. 85-91.

15**Isabekov, D. D**. Ustanovka dlya issledovaniya e`lektromagnitnogo polya vnutri komplektnogo raspredelitel`nogo ustrojstva [Installation for studying the electromagnetic field inside the complete switchgear] / Patent № 34420 Respubliki Kazaxstan, opubl. 26.06.2020.

16 **Isabekov, D. D.** Ustrojstvo maksimal`noj tokovoj zashhity` e`lektroustanovok na magnitoupravlyaemy`x e`lementax [Maximum current protection device for electrical installations on magnetically controlled elements] / Patent № 35387 Respubliki Kazaxstan, opubl. 26.11.21.

17 **Isabekov, D. D., Klecel`, M. Ya., Kislov, A. P., Sholoxova, I. I.** Ustrojstvo dlya tokovoj zashhity` e`lektroustanovki [Device for current protection of an electrical installation] / Patent № 2704792 Rossijskoj Federacii, opubl. 31.10.19.

18 **Isabekov, D. D., Klecel`, M. Ya., Talipov, O. M., Sholoxova, I. I.** Ustrojstvo dlya krepleniya gerkonov v yachejkax komplektny`x raspredelitel`ny`x ustrojstv [Device for fixing reed switches in the cells of complete switchgear] / Patent № 2670720 Rossijskoj Federacii, opubl. 29.11.2018.

19 **Isabekov, D. D., Polishhuk, V. I., Postoyankova, K. Yu., Shuvalova, A. A.** Ustrojstvo maksimal`noj tokovoj zashhity` [Maximum current protection device] / Patent № 2759638 Rossijskoj Federacii, opubl.16.11.2021.

20 **Devochkin, O. V., Loxnin, V. V., Merkulov, R. V., Smolin, E. N.** E`lektricheskie apparaty`[Electrical Apparatuses]: ucheb. posobie dlya stud. uchrezhdenij sred. prof. obrazovaniya [Text]–Moskva: Izdatel`skij centr «Akademiya», 2010. 240 p.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

Д. Д. Исабеков[1], В. П. Марковский[2], В. Я. Бобров[3], А. М. Исмухамбетов[4], А. М. Джантимиров[5]
[1,2]Торайғыров университеті», Қазақстан Республикасы, Павлодар қ,;
[3]Казэнергокабель, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ,;
[4,5]Қазақстан алюминий, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

РЕСУРСҮНЕМДЕЙТІН МАКСИМАЛДЫ ТОК ҚОРҒАНЫСЫ

Мақалада авторлар ресурс үнемдейтін максималды ток қорғанысының (МТҚ) жұмыс істеу принципін ұсынады, оның мақсаты 35 кВ кернеуі бар жоғары вольтты электр қондырғыларын қорғау болып табылады. қысқа түйықталудан. Ұсынылған қорғаныс электр энергетикасында кеңінен қолданылатын, салмақтық және өлшемдік параметрлері және құны жоғары болатын ферромагниттік өзектері бар ток релесі мен ток трансформаторларын (ТТ) қолданбай орындалады. Ұсынылған қорғаныс ТТ және басқа магниттік сезімтал элементтермен салыстырғанда релелік қорғаныс үшін бірқатар белгілі артықшылықтарға ие және оларды жабық тарату құрылғысының ұяшығының (ЖТҚ).ток өткізгіш шинасы арқылы жасалған магнит өрісінде орнату мүмкіндігі бар индуктивық катушкаларды қолдану арқылы жасалады. Оларды пайдалану арқылы қорғаныстар электр қондырғыларының дәстүрлі қорғаныстарына қатысты қосымша мүмкін, бірақ сонымен бірге олар жылдамдық жағынан олардан еш кем түспейді. Релелік қорғаныс ауқымын кеңейту үшін ұсынылған қорғаныс индуктивық катушкаларды қолдана отырып, инновациялық тәсілмен сипатталады. Бұл қорғаныстың ресурсын үнемдеу осы катушкаларды пайдалануда жатыр, олар құны жағынан да, салмағы мен өлшемдері бойынша да жоғарыда аталған ТТ-ға қарағанда әлдеқайда арзан және өлшемі мен салмағы жағынан кішірек. Ұсынылған қорғаныс 35 кВ кернеуімен ЖТҚ ұяшығының ішінде орнатуымен құрылым түрінде жасалған.

Кілтті сөздер: МТҚ, индуктивық катушкалар, ұяшық, ресурстыүнемдеу, электр қондырғысы.

**D. D. Issabekov[1], V. P. Markovskiy[2], V. Ya. Bobrov[3], A. M. Ismukhambetov[4], A. M. Jantimirov[5]*
[1,2]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[3]«Kazenergocable» J.S.C., Republic of Kazakhstan, Pavlodar,

[4,5]«Aluminiy Kazakhstana», JSC., Republic of Kazakhstan, c. Pavlodar.
Material received on 13.03.23

RESOURCE-SAVING MAXIMUM CURRENT PROTECTION

The authors present the principle of operation of resource-saving maximum current protection (MCP), the purpose of which is to protect high-voltage electrical installations of 35 kV from short circuits. The presented protection is performed without using widely used in the electric power industry current relays and current transformers (CTs) with ferromagnetic cores, which have significant weight and size parameters and high cost. The proposed protection is made with the use of inductance coils, which have a number of known advantages for relay protection in comparison with CTs and other magnetosensitive elements and the possibility of their installation in the magnetic field created by the current-carrying busbar of a closed switchgear cell (CSG). Protections with their use can be used as a duplicate in relation to the traditional protections of electrical installations, but at the same time they are not inferior to them in terms of speed. To extend the line of relay protection, the presented protection is characterized by an innovative approach, using for this purpose coils of inductance. Resource efficiency of this protection is the use of these coils, which are both in cost and in weight and dimensions an order of magnitude cheaper and smaller in size and weight than the above-mentioned CTs. The proposed protection is performed in the form of a design with its installation inside a voltage 35 kV closed switchgear cell.

Keywords: MCP, Inductance Coil, Cell, Resourceconservation, electrical installation.

МРНТИ 44.31.01

doi.org/10.48081/PVWI2075

***Р. М. Искаков[1], С. С. Исенов[2], А. К. Мергалимова[3], И. К. Мамырбаева[4], С. Ыбрай[5]**

[1]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана
e-mail: rus.iskakov79@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОРМОВОЙ МУКИ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ШКВАРЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ

В статье рассматриваются исследования по определению коэффициентов теплопроводности и температуропроводности для сырья в виде шквары и кормовой муки из шквары. Среднее значение теплопроводности по данным исследования составило для шквары λ.=0,1100 Вт/(м·К), кормовой муки животного происхождения λ=0,0830 Вт/(м·К). Среднее значение температуропроводности для шквары при плотности 1000 кг/м³ и удельной теплоемкости при температуре 20 ºС - 583 Дж/(кг·К) составило а=18,6·108 м²/с. Среднее значение температуропроводности для кормовой муки животного происхождения при плотности 880 кг/м³ и удельной теплоемкости при температуре 20 ºС – 1717 Дж/(кг·К) составило а=5,5·108 м2/с. Полученные экспериментальные и расчетные результаты позволили путем их математической и компьютерной обработки получить эмпирические зависимости коэффициентов теплопроводности и температуропроводности для кормовой муки и шквары в зависимости от разности температуры. На основании анализа литературных данных по шкваре получена полиномиальная регрессионная формула зависимости коэффициента теплопроводности для шквары от влажности и построена ее графическая зависимость. Установлено, что режим работы устройства для сушки, в том числе с одновременным измельчением и перемешиванием, зависит от влагосодержания в перерабатываемом объекте. Выявлено, что при понижении влаги в перерабатываемом объекте снижается коэффициент теплопроводности и следовательно следует повышать температуру нагрева до высоких температур в зависимости от длительности тепловой сушки.

Ключевые слова: теплофизические характеристики, теплопроводность, температуропроводность, шквара, кормовая мука.

Введение

Приготовление кормовой муки из отходов животного происхождения обязательно подразумевает под собой проведение процесса сушки, так как кормовая мука подразумевает под собой ее длительное хранение. Сохранение кормовой муки в сушеном виде является желаемой целью для заблаговременного обеспечения необходимыми кормами сельскохозяйственных животных и птиц. Также следует отметить, что проведение процесса сушки с применением теплового нагрева обеспечивает стерилизацию и обеззараживание кормового сырья.

Как известно, проведение процесса сушки требует знания характеристик тепловых и теплофизических свойств кормовых материалов и их сырья. Для этого применяют общие законы теплопроводности (уравнение теплопроводности Фурье). Зачастуя от знания теплофизических свойств сырья, компонентов и частиц кормовой муки зависит правильное рациональное проектирование сушильных аппаратов и секций, в том числе с одновременным проведением смешивания и измельчения кормового сырья. В процессе проведения расчетов сушильных аппаратов и изучения процесса сушки, возникает необходимость нахождения основных теплофизических свойств для оптимального использования новых, ранее менее применяемых сырьевых компонентов для приготовления кормовой муки.

Одними из важных теплофизических свойств являются теплопроводность и температуропроводность, которые целесообразно определять экспериментальным и расчетным путем. Теплофизические свойства исходного сырья имеют большое значение при механическом взаимодействии с рабочими органами сушильно-измельчающих и перемешивающих устройств, при движении высушиваемых частиц по секциям сушки-измельчения и сушки-перемешивания, а также при интенсификации тепло-и массообменных процессов. Следовательно, исследования, посвященные определению основных теплофизических свойств кормового сырья и кормовой муки, принесут значительную практическую выгоду в процессе проведения сушки кормов и являются весьма актуальными.

Материалы и методы

В процессе сушки при приготовлении кормов следует отметить,что такие величины, как толщина, удельная масса высушиваемого материала,

теплофизические свойства, а также влагосодержание по существу определяют механизм переноса тепла и массы и, в конечном счете, интенсивность и длительность сушки. Поэтому объектом исследования является исследование теплофизических свойств, в частности коэффициентов теплопроводности λ и температуропроводности а кормового сырья – шквары и кормовой муки животного происхождения.

Измерение коэффициента теплопроводности λ производили с помощью измерителя плотности теплового потока и температуры ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК». Измеритель состоит из электронного блока, датчиков теплового потока (от одного до трех) и двух датчиков температуры. Датчики теплового потока соединены кабелем непосредственно с электронным блоком, датчики температуры соединяются кабелем с электронным блоком через разъемное соединение. Принцип действия, положенный в основу измерителя заключается в измерении термо-ЭДС контактных термоэлектрических датчиков теплового потока и сопротивления датчиков температуры. Микропроцессорное устройство измерителя осуществляет преобразование измеренных сигналов в плотность теплового потока и в температуру, отображая их на дисплее электронного блока, сохраняет результаты измерений в памяти измерителя и передает их в ПК. Определение коэффициента температуропроводности а производили по известной формуле [1]. Измерение влажности объектов исследования производили посредством универсального влагомера с выносным щупом AMF038. Производитель AMTAST (США). Характеристики: диапазон измерения влажности: от 2 до 70 %; шаг измерения 0.5 %; погрешность ± 1 %; время измерения – менее 1 сек.; рабочая температура от-10 до 60 0С; питание - батарея 1.5В, тип AAA. В измерении температуры применялся также тепловизор InfiRAY C210 с разрешением 256x192 пикселя, имеющий широкий температурный диапазон и степень защиты IP54.

Использованы методы теории теплопроводности, численные методы решения уравнений тепло- и массообмена, теория и методы математической обработки экспериментов. Обработку экспериментальных и необходимых данных производили с применением компьютерной техники и пакета Mathcad.

Результаты и обсуждение

Для измерения теплофизических свойств широко используются различные методы измерения и установки для их осуществления. В работе [2] разработана модель повышения температуры бесконечной среды с тепловым зондом, учитывающая конечный диаметр и удельную теплоемкость зонда. Для определения температуропроводности предлагается несколько термопар в среде и несколько зондов. Также рассматривается снижение диффузии влаги до незначительного уровня.

В работе [3] характеристики тепло- и массопереноса гранул из люцерны необходимы для оптимизации охладителей свежеприготовленных гранул и для управления графиками хранения гранул в силосах и бункерах. Применяя уравнения массопереноса и теплопереноса второго порядка в цилиндрических координатах, данные по поглощению и десорбции влаги использовались для оценки коэффициента диффузии влаги как функции содержания влаги в гранулах, а данные о скорости нагрева использовались для оценки тепловых свойств (теплопроводность и удельная теплоемкость) в зависимости от температуры гранул. Лучшие оценки были получены, когда коэффициент диффузии влаги гранул был экспоненциально связан с содержанием влаги по сравнению с линейной зависимостью между коэффициентом диффузии влаги и содержанием влаги. Хорошее соответствие экспериментальным данным по скорости нагрева было получено, когда теплопроводность и удельная теплоемкость гранул были линейно связаны с температурой. В диапазоне температур от 2 до 110 °С расчетная теплопроводность частиц и удельная теплоемкость гранул находились в диапазоне от 0,04 до 0,19 Вт/м·К и от 962 до 2114 Дж/кг·К соответственно.

В работе [4] искусственные нейронные сети (ИНС) и традиционные регрессионные модели были разработаны для прогнозирования тепловых свойств жмыха сладкого сорго в зависимости от содержания влаги и комнатной температуры. Прогнозы были сделаны для трех тепловых свойств: теплопроводности, объемной теплоемкости и температуропроводности. Каждое тепловое свойство имело пять уровней содержания влаги (8,52 %, 12,93 %, 18,94 %, 24,63 % и 28,62 %, по весу) и комнатную температуру в качестве входных данных. Данные были разделены на части для обучения, тестирования и проверки моделей. Графики прогнозирования тепловых свойств показали, что модели ИНС имеют лучшую точность по невидимым закономерностям по сравнению с регрессионными моделями.

В работе [5] теплопроводность, диффузионная способность, относительная диэлектрическая проницаемость, удельная теплоемкость и свойства при растяжении композитов сизаль/полиэфир были исследованы в зависимости от объемной доли волокна и модификации поверхности волокна. Композиты были приготовлены методом трансферного формования смолы. Волокна сизаля подвергались различным модификациям, таким как нагрев при 100 °С, обработка перманганатом, бензоилирование и силанизация для улучшения межфазного связывания с матрицей. Использование обработки NaOH и силаном снизило теплопроводность. Помимо этого, сообщалось о сравнении диэлектрических, механических и тепловых характеристик композитов. Для необработанных систем также показана линейная

зависимость относительного изменения диэлектрической проницаемости, модуля Юнга и теплопроводности.

В работе [6] исследование было направлено на определение корреляции между термическими свойствами и содержанием эргостерола в зерне ячменя. Тепловые параметры, включая теплопроводность, удельное тепловое сопротивление, объемную теплоемкость и температуропроводность, исследовали с помощью анализатора тепловых свойств KD2 Pro с двухигольчатым датчиком SH-1. Два метода термического анализа, дифференциальная сканирующая калориметрия и термогравиметрический анализ, были дополнительно применены для определения термических свойств зерна. Между содержанием эргостерола и теплопроводностью, объемной теплоемкостью и площадью под кривой была отмечена значимая положительная линейная корреляция, а между содержанием эргостерола и термическим сопротивлением и вторым и третьим эндотермическими пиками фазового перехода была отмечена отрицательная корреляция. Наибольшее значение коэффициента корреляции (0,96) установлено между соотношением содержания эргостерола и теплопроводностью.

В работе [7] использование сгущенного экстракта при производстве кукурузных кормов способствует повышению их пищевой и биологической ценности. Реологические свойства исходного материала имеют большое значение при механическом взаимодействии с рабочими органами машин, при движении вязких сред по технологическим конвейерам, а также при интенсификации теплообменных процессов. Исследованы вязкостные свойства кукурузного экстракта в зависимости от температуры. Показано, что при понижении температуры вязкость кукурузного экстракта увеличивается за счет агрегации его компонентов, что характеризует неньютоновское течение экстракта. Определены и исследованы удельная теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность экстракта и кукурузного корма. Выявлено, что зависимости теплофизических параметров экстракта и кукурузного корма от содержания сухих веществ носят нелинейный характер, монотонно снижаясь при увеличении концентрации сухих веществ.

В работе [8] четыре образца маточного молочка, поставленные разными дистрибьюторами, были охарактеризованы с помощью фотопироэлектрической (PPE) калориметрии. Температуропроводность была получена в задней конфигурации PPE путем выполнения сканирования толщины образца фазы сигнала PPE. Для всех исследованных образцов были получены близкие значения всех статических и динамических тепловых параметров. Дополнительные измерения фазовых переходов проводились в конфигурации с передним защитным кожухом в диапазоне температур от –15 °C до 5 °C. Результаты разделились: в двух образцах наблюдался

только один фазовый переход из твердого состояния в жидкое первого порядка, а два других претерпели два фазовых перехода, что указывает на сосуществование двух разных фаз, которые, вероятно, представляли собой свободную и связанную воду.

В работе [9] исследовались сорта семян аджвана с содержанием влаги 8, 12, 16 и 20 % в пересчете на сухую массу. Температуропроводность семян уменьшалась с увеличением влажности. Теплопроводность и удельная теплоемкость показали заметное увеличение с увеличением содержания влаги. Сортовые различия между семенами аджвана сортов AA-1, AA-2 и AA-93 также изучались при 5 % уровне значимости. Между тремя разновидностями аджвана, а именно AA-1, AA-2 и AA-93, наблюдались значительные различия в отношении их физических и термических свойств. Физические и термические свойства семян аджвана будут полезны при разработке процессов и оборудования, необходимых для его переработки. Эти свойства дают подробную информацию о качестве семян, их приемлемости для потребителей и поведении аджвана после производства, во время хранения и потребления и после потребления. Знание физических свойств, таких как размер семян, форма, объем, площадь поверхности, масса, плотность, пористость, помогает в разработке систем разделения, хранения, обработки и сушки. Плотность и пористость семян аджвана помогут определить размеры бункеров и контейнеров для хранения. Плотность семян также будет играть роль при разделении по плотности или удельному весу. Термические свойства семян аджвана будут полезны при анализе и проектировании оборудования, связанного с теплопередачей, например, в случае стерилизации и сушки.

В работе [10] изучалось влияние влажности (7, 10, 13, 16 и 19 %) (влажная основа) семян Cassia tora L. на тепловые свойства (удельная теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность). Результаты показали, что существовали значительные различия в тепловых свойствах из-за различного содержания влаги и температуры. Эти данные полезны при проектировании высокоэффективных машин и механизмов.

В работе [11] используется усредненная по фазе многорежимная многомасштабная модель с локальным масштабом, коэффициентами переноса и дисперсии, зависящими от потока и свойств, для изучения поведения воспламенения и затухания каталитического сжигания обедненной смеси водорода в монолитном реакторе. Изучалось влияние теплопроводности подложки на характеристики воспламенения-гашения. Результаты всестороннего анализа используются для представления рекомендаций по проектированию и увеличению масштабов монолитных реакторов для осуществления каталитического сжигания обедненной смеси водорода.

В работе [12] для оценки влияния одиночных и смешанных нефтяных загрязнителей на теплофизические свойства грунтов были проанализированы образцы загрязненного верхнего слоя почвы (0-30 см) и незагрязненной почвы (контроль) из двух точек. Результаты показали незначительное влияние загрязняющих веществ на текстурный класс загрязненных почв. Самые высокие и самые низкие значения среднего удельного сопротивления почвы были обнаружены в почвах, загрязненных бензином и смесью поверхностно-активных веществ. Наименьшие значения средней удельной теплоемкости, теплоемкости и коэффициента диффузии почвенной воды выявлены в почвах, загрязненных смешанными поверхностно-активными веществами-загрязнителями.

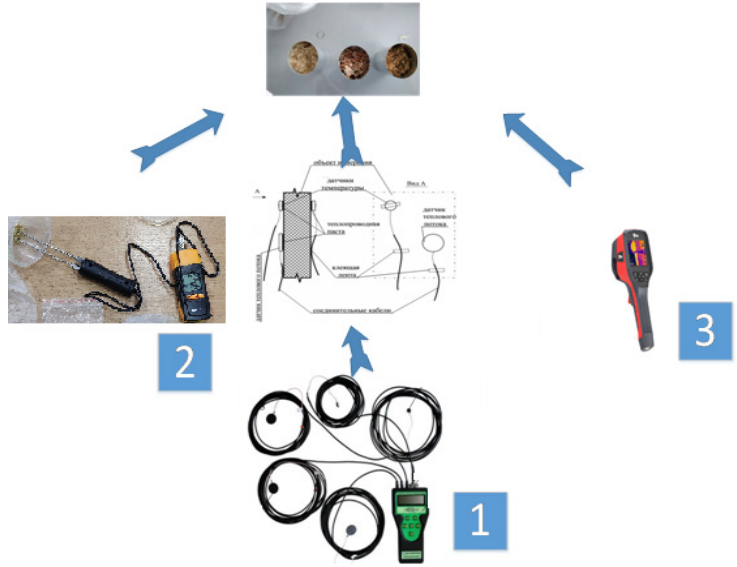
Исходя из вышеизложенного, важным является исследование теплофизических свойств имеющегося сырья и используемой готовой продукции. Целью исследования является получение эмпирических зависимостей коэффициентов теплопроводности и температуропроводности для кормовой муки животного происхождения и сырья для ее приготовления, то есть шквары, в зависимости от разности температуры.

Для получения теплофизических характеристик материала необходимо было определить тепловой поток через исследуемые материалы (сырье в виде шквары и кормовая мука животного происхождения) и далее с помощью теплового потока вычислить коэффициенты теплопроводности λ и температуропроводности а. Плотность теплового потока (q) вычисляли по формуле:

$$q = K \cdot E, \qquad (1)$$

где q – плотность теплового потока, Вт/м2; К – коэффициент преобразования, Вт/(м2 ·мВ); Е - величина термоэлектрического сигнала, мВ.

Схема порядка проведения эксперимента приведена ниже на рисунке 1. Порядок действий во время измерения и условия: датчики были установлены по выше указанной схеме и были проведены замеры в нормальных условиях при температуре 20 ºС и атмосферном давлений 101,4 кПа.



1 - измеритель плотности теплового потока и температуры ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК»; 2 - универсальный влагомер с выносным щупом AMF038; 3 - тепловизор InfiRAY C210 с разрешением 256x192 пикселя

Рисунок 1 – Принципиальная схема размещения приборов и проведения экспериментов

В результате проведения серии экспериментальных работ получены данные, представленные в таблицах 1–2.

Таблица 1 – Экспериментальные данные сырья (шквары)

Объект исследования	Шквара				
Измерения	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Температура наружная, ºС	28,60	27,90	28,20	26,60	27,10
Температура внутренняя, ºС	24,10	24,20	24,50	24,50	24,60
Тепловой поток, Вт/м^2	4,90	3,10	2,70	2,20	2,20
Толщина, м	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Разница температуры, ºС /К	4,50	3,70	3,70	2,10	2,50
Теплопроводность Вт/(м·К)	0,1307	0,1005	0,0876	0,1257	0,1056

Таблица 2 – Экспериментальные данные кормовой муки животного происхождения

Объект исследования	Кормовая мука животного происхождения					
Измерения	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
Температур наружная, ºС	28,90	29,60	30,20	28,10	29,80	29,30
Температура внутренняя, ºС	25,00	25,00	25,90	25,70	25,20	25,10
Тепловой поток, Вт/м^2	2,80	2,80	2,90	1,60	3,20	3,30
Толщина, м	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Разница температуры, ºС /К	3,90	4,60	4,30	2,40	4,60	4,20
Теплопроводность Вт/(м·К)	0,0862	0,0730	0,0809	0,0800	0,0835	0,0943

Полученные данные были обработаны и на основе их были построены следующие графики (рисунки 2–3). Результаты измерений находятся в допустимых пределах в соответствии с нормами работы приборов.

Рисунок 2 – Теплопроводность сырья (шквары)

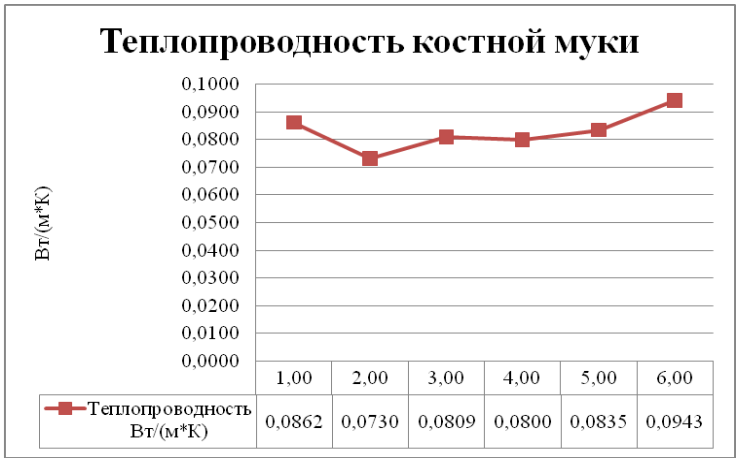


Рисунок 3 – Теплопроводность кормовой муки животного происхождения

Согласно экспериментальным данным (таблица 1) и их обработки получена эмпирическая зависимость коэффициента теплопроводности для сырья (шквары) в зависимости от разности температуры:

$$\alpha = 0{,}019t^2 - 0{,}082t + \frac{0{,}667}{1+t}, \qquad (2)$$

Графически данная эмпирическая зависимость представлена на рисунке

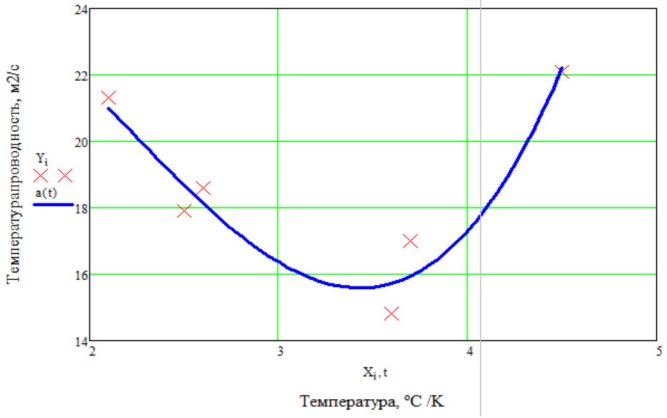


Рисунок 4 – Эмпирическая зависимость коэффициента теплопроводности для сырья (шквары) в зависимости от разности температуры

На основе экспериментальных данных (таблица 2), получена эмпирическая зависимость коэффициента теплопроводности для кормовой муки животного происхождения в зависимости от разности температуры:

$$\alpha = -0{,}011t^2 + 0{,}071t - \frac{0{,}091}{1+t}, \qquad (3)$$

Графически данная эмпирическая зависимость представлена в соответствии с рисунком 5.

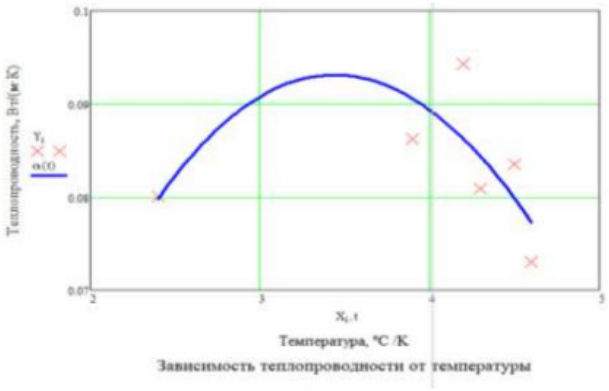


Рисунок 5 – Эмпирическая зависимость коэффициента теплопроводности для кормовой муки животного происхождения в зависимости от разности температуры

Существенная разница коэффициента теплопроводности в зависимости от температуры для двух материалов объясняется разными структурными строениями сырья (шквары) и кормовой муки животного происхождения.

Как известно, коэффициент температуро проводности характеризует теплоинерционные свойства кормовых продуктов и сырья для их приготовления. Коэффициент температуропроводности а определяли по формлуе [1]:

$$a = \frac{\lambda}{c\rho}, \qquad (4)$$

где с – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг·К); ρ – плотность материала кг/м3.

Плотность сырья (шквары) для расчетов приняли 1000 кг/м3, как среднее значение на основании источника [1]. Удельная теплоемкость при температуре 20 ºС – 583 Дж/(кг·К). Результаты расчетов температуропроводности сведены в таблицы 3-4.

Таблица 3 – Результаты расчетов температуропроводности сырья (шквары)

Объект исследования	1. Сырье (шквара)				
Измерения	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Теплопроводность Вт/(м·К)	0,1307	0,1005	0,0876	0,1257	0,1056
Температуропроводность, м²/с	22,1	17,0	14,8	21,3	17,9

Плотность кормовой муки животного происхождения приняли, как насыпную после мелкого дробления 880 кг/м³ [13]. Удельная теплоемкость кормовой муки при температуре 20 ºС – 1717 Дж/(кг·К) [14-15].

Таблица 4 – Результаты расчетов температуропроводности кормовой муки животного происхождения

Объект исследования	Кормовая мука животного происхождения					
Измерения	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
Теплопроводность Вт/(м·К)	0,0862	0,0730	0,0809	0,0800	0,0835	0,0943
Температурапровод-ность, м²/с	5,7	4,8	5,4	5,3	5,5	6,2

Теплопроводность кормового сырья (шквары) принята как среднее полученное значение по результатам эксперимента 0,1100 Вт/(м*К). Средняя температуропроводность для сырья (шквары) будет:

$$a = \frac{0{,}1100}{583 * 1000} = 18{,}6 * 10^8 \frac{м^2}{с}.$$

Теплопроводность кормовой муки животного происхождения принимается как среднее полученное значение по результатам эксперимента 0,0830 Вт/(м·К). Средняя температуропроводность для кормовой муки животного происхождения будет:

$$a = \frac{0{,}0830}{1717 * 880} = 5{,}5 * 10^8 \frac{м^2}{с}.$$

Согласно экспериментальным данным (таблица 3) и их обработки получена эмпирическая зависимость коэффициента температуропроводности для сырья (шквары) в зависимости от разности температуры:

$$a = 4{,}724t^{2{,}5} - 19{,}4t^{1{,}8} + 38{,}415t^{0{,}7} \quad (5)$$

Графически данная эмпирическая зависимость представлена в соответствии с рисунком 6.

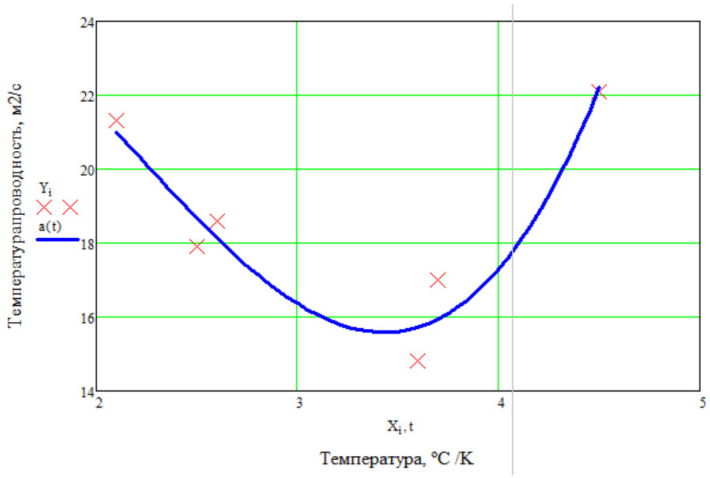


Рисунок 6 – Эмпирическая зависимость коэффициента температуропроводности для сырья (шквары) в зависимости от разности температуры

Согласно экспериментальным данным (таблица 4) и их обработки получена эмпирическая зависимость коэффициента температуропроводности для кормовой муки животного происхождения в зависимости от разности температуры:

$$a = -0{,}53t^{2{,}5} + 1{,}828t^{1{,}8} + 2{,}82t^{-1} \quad (6)$$

Графически данная эмпирическая зависимость представлена в соответствии с рисунком 7.

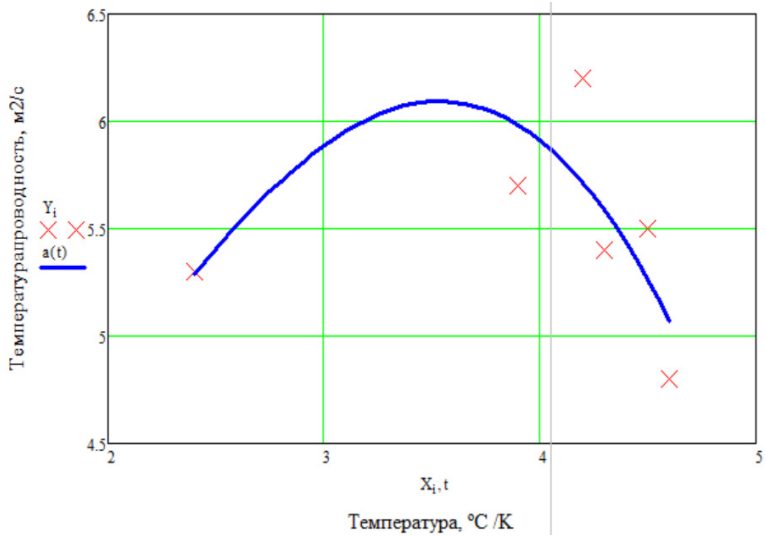


Рисунок 7 - Эмпирическая зависимость коэффициента температуропроводности для кормовой муки животного происхождения в зависимости от разности температуры

Согласно экспериментальным данным источника [16], получена полиномиальная регрессионная формула зависимости коэффициента теплопроводности для шквары от влажности с помощью пакета Mathcad

$$\lambda = -8{,}608 \cdot 10^{-6} W^3 + 6{,}716 \cdot 10^{-4} W^2 - 0{,}015W + 0{,}224. \quad (7)$$

Графически данная зависимость представлена в соответствии с рисунком 8.

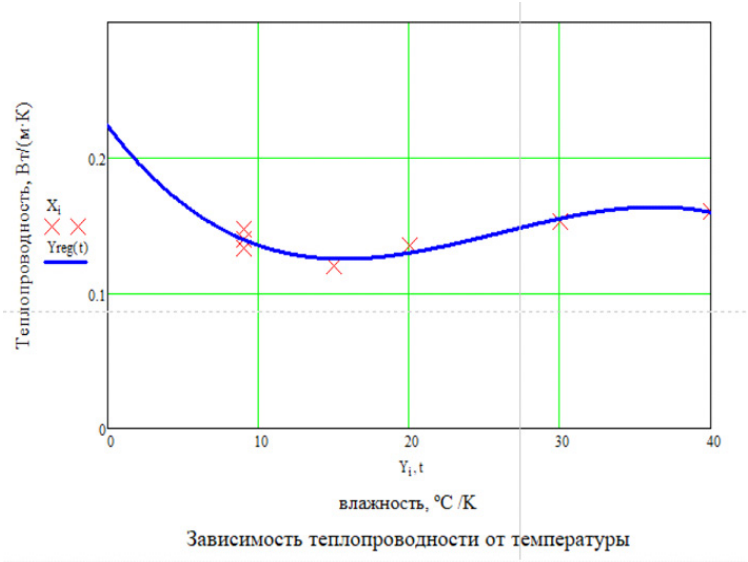


Рисунок 8 - Зависимость коэффициента теплопроводности для шквары от влажности

На основе полученных данных был проведен сравнительный анализ теплопроводности и температуропроводности с источником [16] по теплофизическим характеристикам шквары в зависимости от влажности и температуры нагрева. Шкваре свойственно снижение коэффициента температуропроводности с увеличением влажности. В результате сравнения полученных нами экспериментальных данных и данных по источнику [16], можно сделать вывод, что результаты эксперимента с обработанными данными разнятся в 10% процентном соотношении по шкваре. Данные, полученные во время эксперимента по кормовой муке животного происхождения в сравнении с другими источниками [15] незначительно разнятся, что связано с изменениями конкретно применяемого сырья для приготовления кормовой муки, части сырья и их состояния, изменениями их удельной теплоемкости и плотности.

Информация о финансировании

Данная работа является результатом, полученным в ходе реализации проекта ИРН № AP09259673, финансируемого в рамках грантового финансирования от Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Выводы

В результате серии экспериментов были получены данные теплопроводности шквары и кормовой муки животного происхождения, на основе которых были построены эмпирические зависимости. Среднее значение теплопроводности по данным исследования составило для шквары λ.=0,1100 Вт/(м·К), кормовой муки животного происхождения λ=0,0830 Вт/(м·К) соответственно. Получены расчетные данные температуропроводности шквары и кормовой муки животного происхождения. Среднее значение температуропроводности для шквары при плотности 1000 кг/м3 и удельной теплоемкости при температуре 20ºС – 583 Дж/(кг·К) составило а=18,6·108 м^2/с. Среднее значение температуропроводности для кормовой муки животного происхождения при плотности 880 кг/м3 и удельной теплоемкости при температуре 20 ºС – 1717 Дж/(кг·К) составило а=5,5·108 м$^{2/}$с.

Согласно экспериментальным данным и их обработки получены эмпирические зависимости коэффициентов теплопроводности и температуропроводности для сырья (шквары) и кормовой муки животного происхождения в зависимости от разности температуры. Существенная разница коэффициента теплопроводности в зависимости от температуры для двух материалов объясняется разными структурными строениями сырья (шквары) и кормовой муки животного происхождения. Шкваре свойственно снижение коэффициента температуропроводности с увеличением влажности.

Таким образом ясно, что режим работы устройства для сушки при движении высушиваемых частиц по секциям сушки-измельчения и сушки-перемешивания зависит от влагосодержания в перерабатываемом объекте. Выявлено, что при понижении влаги в перерабатываемом объекте снижается коэффициент теплопроводности и следовательно следует повышать температуру нагрева до высоких температур в зависимости от длительности сушки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Гинзбург, А. С., Громов, М. А., Красовская, Г. И.** Теплофизические характеристики пищевых продуктов. Справочник. Москва: «Пищевая промышленность», 1980. – 288 с.

2 **Casada, M. E.; Walton, L. R.** New Model for Determining Thermal-Diffusivity with the Thermal Probe // «Transactions of the Asabe» – 1989. – 32(3). – P. 973–976.

3 **Fasina, O.; Sokhansanj, S.** Estimation of Moisture Diffusivity Coefficient and Thermal Properties of Alfalfa Pellets // «Journal of Agricultural. – Engineering Research». – 1996. – 63(4). – P. 333–343. – DOI10.1006/jaer.1996.0036/.

4 **Gosukonda, R., Mahapatra, A. K., Ekefre, D., Latimore, M. Jr.** Prediction of Thermal Properties of Sweet Sorghum Bagasse as a Function of Moisture Content Using Artificial Neural Networks and Regression Models // «Acta Technologica Agriculturae». – 2017 – 20(2). – P. 29–35. – DOI10.1515/ata-2017–0006).

5 **Sreekumar, P. A., Agoudjil, B., Boudenne, A., Unnikrishnan, G., Ibos, L., Fois, M., Thomas, S.** Transport Properties of Polyester Composite Reinforced with Treated Sisal Fibers // «Journal of Reinforced Plastics and Composites», 2012 – 31(2). – P. 117-127. – DOI 10.1177/0731684411431971.

6 **Ropelewska, E.** Relationship of Thermal Properties and Ergosterol Content of Barley Grains // «Journal of Cereal Science». – 2018. – 79. – P. 328–334. DOI 10.1016/j.jcs.2017.11.018.

7 **Ulyanov, V., Utolin, V., Luzgin, N., Krygin, S., Parshina, M.** Studying Physical and Mechanical Characteristics of Corn Feed // International Scientific-Practical Conference – Agriculture and Food Security : Technology, Innovation, Markets, Human Resource – 2020. – 17. – Номер статьи 00209. – DOI10.1051/bioconf/20201700209.

8 **Margaoan, R., Tripon, C., Bobis, O., Bonta, V., Dadarlat, D.** Coexistence of Phases in Royal Jelly Detected by Photopyroelectric Calorimetry // «Analytical Letters». – 2021. – 54(1-2). – P. 3–16. DOI 10.1080/00032719.2019.1700269.

9 **Singh, H., Meghwal, M.** Physical and Thermal Properties of Various Ajwain (Trachyspermum ammi L.) Seed Varieties as a Function of Moisture Content // «Journal of Food Process Engineering» – 2020. – 43(2). – Номер статьи e13310 – DOI 10.111/jfpe.13310.

10 **Peng, F., Fang, F., Xiang, R., Liu, D.** Engineering Properties of Cassia Tora L. Seeds and Meal as a Function of Moisture Content // «Scientific Reports». – 2022– 12(1). – номер статьи 8651. – DOI 10.1038/s41598-022–12748–7.

11 **Sarkara, B., Ratnakar, R. R., Balakotaiah, V.** Bifurcation Analysis of Catalytically Assisted Hydrogen Combustion in Monolith Reactors // «Chemical Engineering Journal». – 2021. – 425, номер статьи 130318. – DOI 10.1016/j.cej.2021.130318.

12 **Ganiyu, S. A., Olurin, O. T., Morakinyo, D. O., Olobadola, M. O., Rabiu, J. A.** Physico-Chemical and Thermal Characteristics of Sandy Loam Soils Contaminated by Single and Mixed Pollutants (Mineral and Vegetable Oils) // «Environmental Monitoring and Assessment». – 2022 – 194(6) – номер статьи 454 – DOI10.1007/s10661–022-10126–4.

13 https://www.fao.org/3/S4314E/s4314e0q.htm Göhl (1981), Pfost and Pickering (1976), ADCP (1980) Appendix XI: Bulk – [Electronic resource] Density, Pelletability and Particle Size.

14 **Kaminski, E., Mułka, C., Tylzanowsld, J.** Ciepło włakiwe niektórych produktów paszowych // «Biul. Inf. Przem. Pasz.», 1974; 1. – P. 34–39.

15 Niesteruk, R. Thermophysical Properties of Feed Meals // «Institute of Mechanics», 1993; 399. – P. 163–166.

16 **Федоров, В. П., Шубенко, Б. П., Ельченко, В. М., Олиевская, А. Н., Сосновский, В. И.** Теплофизические свойства влажной шквары // «Пищевая промышленность», 1973; 7. – С. 41–42.

REFERENCES

1 **Ginzburg, A. S., Gromov, M. A., Krasovskaya, G. I.** Teplofizicheskiye kharakteristiki pishchevykh produktov [Thermophysical characteristics of food products]. Directory. Moscow: «Pishchevaya promyshlennost'», 1980. – 288 p.

2 **Casada, M. E.; Walton, L. R.** New Model for Determining Thermal-Diffusivity with the Thermal Probe // «Transactions of the Asabe», 1989; 32(3). – P. 973-976.

3 **Fasina, O.; Sokhansanj, S.** Estimation of Moisture Diffusivity Coefficient and Thermal Properties of Alfalfa Pellets // «Journal of Agricultural Engineering Research», 1996; 63(4). – P. 333-343. DOI10.1006/jaer.1996.0036/.

4 **Gosukonda, R., Mahapatra, A. K., Ekefre, D., Latimore, M.** Jr. Prediction of Thermal Properties of Sweet Sorghum Bagasse as a Function of Moisture Content Using Artificial Neural Networks and Regression Models // «Acta Technologica Agriculturae», 2017; 20(2). – P. 29–35. DOI10.1515/ata-2017-0006).

5 **Sreekumar, P. A.,Agoudjil, B., Boudenne, A., Unnikrishnan, G., Ibos, L., Fois, M., Thomas, S.** Transport Properties of Polyester Composite Reinforced with Treated Sisal Fibers // «Journal of Reinforced Plastics and Composites», 2012; 31(2). – P. 117–127. DOI10.1177/0731684411431971.

6 **Ropelewska, E.** Relationship of Thermal Properties and Ergosterol Content of Barley Grains // «Journal of Cereal Science», 2018; 79. - P. 328-334. DOI10.1016/j.jcs.2017.11.018.

7 **Ulyanov, V., Utolin, V., Luzgin, N., Krygin, S., Parshina, M.** Studying Physical and Mechanical Characteristics of Corn Feed // International Scientific-Practical Conference – Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resource, 2020, 17, Номер статьи 00209 DOI10.1051/bioconf/20201700209.

8 **Margaoan, R., Tripon, C., Bobis, O., Bonta, V., Dadarlat, D.** Coexistence of Phases in Royal Jelly Detected by Photopyroelectric Calorimetry // «Analytical Letters», 2021; 54(1-2). – P. 3-16. DOI10.1080/00032719.2019.1700269.

9 **Singh, H.,** Meghwal, M. Physical and Thermal Properties of Various Ajwain (Trachyspermum ammi L.) Seed Varieties as a Function of Moisture Content // «Journal of Food Process Engineering», 2020 – 43(2), Номер статьи e13310 DOI 10.1111/jfpe.13310.

10 **Peng, F. Fang, F., Xiang, R., Liu, D.** Engineering Properties of Cassia Tora L. Seeds and Meal as a Function of Moisture Content // «Scientific Reports», 2022. – 12(1), номер статьи 8651. DOI 10.1038/s41598–022–12748–7.

11 **Sarkara, B., Ratnakar, R.R., Balakotaiah, V.** Bifurcation Analysis of Catalytically Assisted Hydrogen Combustion in Monolith Reactors // «Chemical Engineering Journal», 2021– 425, номер статьи 130318. DOI 10.1016/j.cej.2021.130318.

12 **Ganiyu, S. A., Olurin, O. T., Morakinyo, D. O., Olobadola, M. O., Rabiu, J. A.** Physico-Chemical and Thermal Characteristics of Sandy Loam Soils Contaminated by Single and Mixed Pollutants (Mineral and Vegetable Oils) // «Environmental Monitoring and Assessment», 2022; 194(6), номер статьи 454, DOI 10.1007/s10661–022-10126-4.

13 https://www.fao.org/3/S4314E/s4314e0q.htm Göhl (1981), Pfost and Pickering (1976), ADCP (1980) Appendix XI: Bulk Density, [Electronic resource] Pelletability and Particle Size.

14 **Kaminski, E., Mułka, C., Tylzanowsld, J.** Ciepło włakiwe niektórych produktów paszowych // «Biul. Inf. Przem. Pasz.», 1974; 1. – P. 34–39.

15 **Niesteruk, R.** Thermophysical Properties of Feed Meals // «Institute of Mechanics», 1993; 399. – P. 163–166.

16 **Fedorov, V. P., Shubenko, B. P., Elchenko, V. M., Olievskaya, A. N., Sosnovsky, V. I.** Teplofizicheskiye svoystva vlazhnoy shkvary [Thermophysical characteristics of food products]. // Pishchevaya promyshlennost', 1973; 7. – P. 41-42.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**Р. М. Искаков[1], С. С. Исенов[1], А. К. Мергалимова[1],*
И. К. Мамырбаева[1], С. Ыбрай[1]
[1]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

КЕПТІРУ ПРОЦЕСІНЕ АРНАЛҒАН ЖАНУАР ТЕКСІЗІНДЕГІ АЗЫҚ ОРНЫНЫҢ ТЕРМОФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада мал азығы мен мал азығы түріндегі шикізаттың жылу өткізгіштік және жылу диффузиялық коэффициенттерін анықтау бойынша зерттеулер қарастырылған. Зерттеуге сәйкес жылу өткізгіштіктің орташа мәні майлы дақылдар үшін λ.=0,1100 Вт/(м·К), мал азығы үшін λ=0,0830 Вт/(м·К) болды. Тығыздығы 1000 кг/м³ және 20 ºС – 583 Дж/(кг·К) температурадағы меншікті жылудың орташа жылулық диффузиялық мәні а=18,6·108 м²/с болды. Тығыздығы 880 кг/м³ және 20 ºС – 1717 Дж/(кг·К) температурадағы меншікті жылу сыйымдылығы жануарлардан алынатын азықтық ұн үшін жылу диффузияның орташа мәні а=5,5·108 м²/с болды. Алынған тәжірибелік-есептік нәтижелер оларды математикалық және компьютерлік өңдеу арқылы температура айырмашылығына байланысты мал азықтық ұн мен майлық үшін жылу өткізгіштік және жылу диффузиялық коэффициенттерінің эмпирикалық тәуелділіктерін алуға мүмкіндік берді. Қабыршақтар туралы әдебиеттер деректерін талдау негізінде жабындар үшін жылу өткізгіштік коэффициентінің ылғалдылыққа тәуелділігінің полиномды регрессия формуласы алынды және оның графикалық тәуелділігі салынды. Кептіру құрылғысының жұмыс режимі, оның ішінде бір мезгілде ұнтақтау мен араластыру өңделетін объектінің ылғалдылығына байланысты екені анықталды. Өңделетін объектіде ылғалдың азаюымен жылу өткізгіштік коэффициенті төмендейтіні анықталды, демек, термиялық кептіру ұзақтығына байланысты қыздыру температурасын жоғары температураға дейін арттыру керек.

Кілтті сөздер: термофизикалық сипаттамалар, жылу өткізгіштік, жылу диффузиялық қасиеті, мал азығы, азық.

**R. M. Iskakov[1], S. S. Issenov[2], A. K. Mergalimova[3],*
I. K. Mamyrbayeva[4], S. Ybrai[5]
[1,2,3,4,5]S. Seifullin, Kazakh Agrarian Technical University
Republic of Kazakhstan, Astana.
Material received on 13.03.23

STUDY OF THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF FEED MEAL OF ANIMAL ORIGIN AND GREAVES FOR THE DRYING PROCESS

The article deals with studies on determining the coefficients of thermal conductivity and thermal diffusivity for raw materials in the form

of greaves and fodder meal from greaves. The average value of thermal conductivity according to the study was for greaves λ.=0.1100 W/(m·K), fodder meal of animal origin λ=0.0830 W/(m·K). The average value of thermal diffusivity for greaves at a density of 1000 kg/m³ and specific heat at a temperature of 20 ºC – 583 J/(kg·K) was a=18.6·108 m²/s. The average value of thermal diffusivity for fodder flour of animal origin at a density of 880 kg/m3 and specific heat capacity at a temperature of 20 ºC – 1717 J/(kg·K) was a=5.5·108 m²/s. The obtained experimental and calculated results made it possible, through their mathematical and computer processing, to obtain empirical dependences of the coefficients of thermal conductivity and thermal diffusivity for fodder flour and greaves depending on the temperature difference. Based on the analysis of literature data on greaves, a polynomial regression formula for the dependence of the thermal conductivity coefficient for greaves on humidity was obtained and its graphical dependence was plotted. It has been established that the mode of operation of the drying device, including simultaneous grinding and mixing, depends on the moisture content in the object being processed. It was found that with a decrease in moisture in the processed object, the coefficient of thermal conductivity decreases and, therefore, the heating temperature should be increased to high temperatures, depending on the duration of thermal drying.

Keywords: thermophysical characteristics, thermal conductivity, thermal diffusivity, greaves, fodder meal.

МРНТИ 29.01.45

doi.org/10.48081/HIFD3991

Л. Г. Касенова[1], М. Ж. Есекеева[2], К. Т. Иманжанова[3], Б. О. Сатаев[4]

[1,2]Esil University, Республика Казахстан г. Астана;
[3]Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск;
[4]Акмолинский филиал АО «Энергоинформ», Республика Казахстан г. Астана
e-mail: kassenova_lg@mail.ru

ПРИНЦИП ВЗАИМНОСТИ В ОСНОВЕ ОДНОГО ИЗ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ

Основная задача электростатики заключается в отыскании напряженности электрического поля системы зарядов в присутствии проводников и диэлектриков. Решение этой задачи представляет значительные трудности даже для уединенных проводников и диэлектриков, находящихся во внешних электрических полях. В реальных электрохимических системах бывает трудно промоделировать и измерить электрические поля, поэтому для расчета электромагнитных параметров требуется применение методов теоретической физики.

Общие методы решения задач по электростатике изучаются в разделах математической физики. На сегодняшний день существует ряд сравнительно простых частных методов, позволяющих решать задачи по электростатике, не выходя за пределы элементарной математики. В статье представлен один из таких методов, основанный на принципе взаимности. Из данного принципа, в частности, следует, что если есть два проводника при этом первый несет на себе заряд q, а второй не заряжен, то если перенести весь заряд q с первого проводника на второй, то на первом проводнике установится такой же потенциал, какой был на втором проводнике.

Принцип взаимности устанавливает перекрёстную связь между двумя источниками и создаваемыми ими полями в местах расположения источников (из рассмотрения исключают значения

полей в областях, не содержащих источников). Он выражает определенную симметрию между величинами на входе цепи, к которым прикладывается воздействие, и реакцией на это воздействие на выходе цепи.

Принцип взаимности справедлив для разнообразных систем (механических, акустических, электромагнитных и др.), описываемых линейными уравнениями; его следствием являются соотношения взаимности для функций Грина.

Ключевые слова: электростатическое поле, индуцированный заряд, потенциал, принцип взаимности, проводящая поверхность.

Введение

Изучая постоянные (не изменяющиеся со временем) электрические поля, создаваемые заряженными проводниками, прежде всего следует иметь в виду, что напряженность электростатического поля внутри проводников равна нулю. Отсюда непосредственно следует, что заряды в проводниках распределяются по их поверхности. Таким образом, задачи электростатики обычно сводятся к нахождению электрического поля вне проводников и к определению распределения зарядов на поверхности проводников [1].

Сформулируем несколько типичных электростатических задач.

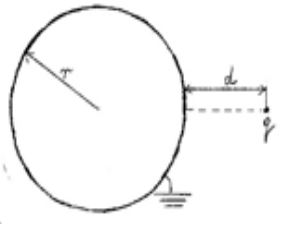


Рисунок 1

Задача 1. Точечный заряд q находится на расстоянии d от поверхности заземленного сферического проводника радиуса r (рисунок 1). Определить заряд q’, индуцированный на этой поверхности.

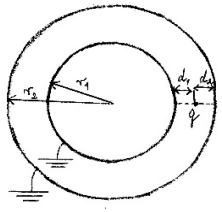


Рисунок 2

Задача 2. Между двумя заземленными концентрическими сферическими поверхностями, радиусы которых r_1 и r_2, помещен точечный заряд q (рисунок 2). Расстояния от заряда до сферических поверхностей равны соответственно d_1 и d_2. Найти индуцированные на сферах заряды q_1’ и q_2’.

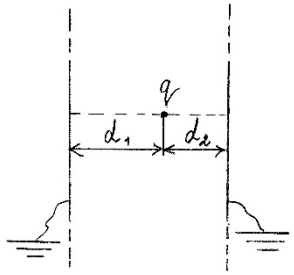


Рисунок 3

Задача 3. Точечный заряд q находится на расстояниях d_1 и d_2 от проводящих заземленных бесконечных плоскостей (рисунок 3). Найти заряды q_1’ и q_2’, наведенные на этих плоскостях.

Материалы и методы

Общие методы решения подобных задач изучаются в соответствующем разделе математической физики. Однако существует ряд сравнительно простых частных методов, которые позволяют решать задачи по электростатике, не выходя за пределы элементарной математики. Здесь мы рассмотрим один из таких методов, основанный на принципе взаимности, сущность которого заключается в следующем: если в системе из n проводников проводники, несущие заряды q_1, q_2, q_n имеют потенциалы φ_1,φ_2, φn соответственно, а при зарядах q_1’, q_2’, q_n’ потенциалы проводников равны φ_1’, φ_2’, …, φ_n’ то справедливо равенство

$$\sum_{i=1}^{n} q_i \cdot \varphi_i' = \sum_{i=1}^{n} q_i' \cdot \varphi_i \qquad (1)$$

Покажем, что это действительно так.

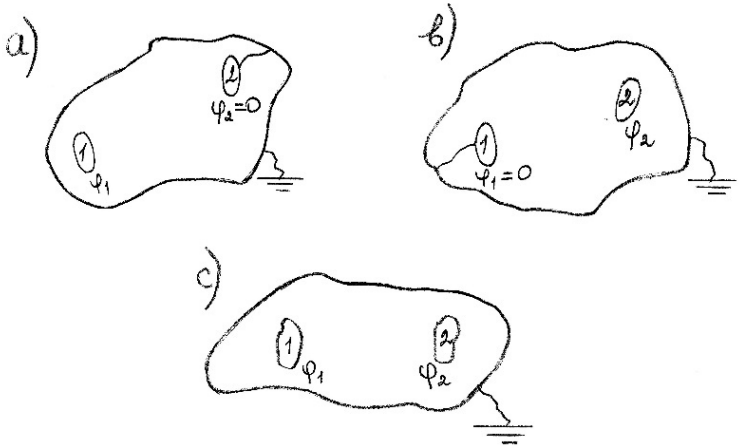


Рисунок 4

Согласно принципу суперпозиции потенциалы проводников находятся в линейной зависимости от зарядов. Или, наоборот, заряды на проводниках линейно зависят от потенциалов. Рассмотрим сначала частный случай – внутри заземленной проводящей поверхности находятся два заряженных проводника 1 и 2 (рисунок 4).

Соединим второй проводник с заземленной поверхностью, тогда потенциал этого проводника обратится в нуль (рисунок 4a). Потенциал первого проводника обозначим через φ_1. Заряды на каждом из проводников должны быть пропорциональны φ_1, то есть

$$\Delta q_1 = C_{11}\varphi_1 \quad \text{и} \quad \Delta q_2 = C_{21}\varphi_1 \qquad (2)$$

Здесь Δq_1, Δq_2 – заряды на первом и втором проводниках соответственно, а C_{11}, C_{21} – постоянные величины, называемые коэффициентом емкости и зависящие от формы и взаимного расположения проводников. C_{11} и C_{21} характеризуют заряды первого и второго проводников, в случае когда потенциал первого проводника равен единице, а второй проводник заземлен.

Теперь заземлим первый проводник, а потенциал второго проводника обозначим через φ_2 (рисунок 4b). Тогда

$$\Delta q_1' = C_{12}\varphi_2 \quad \text{и} \quad \Delta q_2' = C_{22}\varphi_2 \qquad (3)$$

где $\Delta q_1'$, $\Delta q_2'$ – новые заряды на проводниках, а C_{12}, C_{22} – соответствующие коэффициенты емкости. C_{12}, C_{22} показывают, каковы заряды первого и второго проводников, если потенциал второго проводника равен единице, а первый проводник заземлен.

Очевидно, что если ни один из проводников не заземлен и их потенциалы равны φ_1 и φ_2 (рисунок 4c), то заряды q_1 и q_2 на проводниках равны соответственно

$$q_1 = C_{11}\varphi_1 + C_{12}\varphi_2,$$

$$q_2 = C_{21}\varphi_1 + C_{22}\varphi_2$$

Эти соотношения получены путем сложения выражений (2) и (3).

Аналогичные рассуждения можно провести и для общего случая, когда система состоит из n проводников. Для заряда qi i-го проводника получим

$$q_i = C_{i1}\varphi_1 + C_{i2}\varphi_2 + \ldots + C_{in}\varphi_n = \sum_{k=1}^{n} C_{ik}\varphi_k, \quad (i = 1, 2, \ldots, n) \qquad (4)$$

Здесь коэффициент емкости характеризует заряд i-го проводника, когда все проводники, кроме k-го заземлены, а потенциал k-го проводника равен единице. Пусть теперь заряд i-го проводника равен , а его потенциал . Умножим равенство (4) почленно на :

$$q_i \varphi_i' = \sum_{k=1}^{n} C_{ik}\varphi_k \varphi_i',$$

а затем просуммируем обе части полученного равенства по всем значениям i от 1 до n:

$$\sum_{i=1}^{n} q_i \cdot \varphi_i' = \sum_{i,k=1}^{n} C_{ik}\varphi_k \varphi_i'$$

Но

$$\sum_{i,k=1}^{n} C_{ik}\varphi_k \varphi_i' = \sum_{i,k=1}^{n} C_{ik}\varphi_i' \varphi_k = \sum_{i=1}^{n} q_i' \varphi_i$$

(так как и i, и k принимают все значения от 1 до n), поэтому окончательно получаем

$$\sum_{i=1}^{n} q_i \cdot \varphi_i' = \sum_{i=1}^{n} q_i' \varphi_i \qquad (5)$$

Таким образом, принцип взаимности доказан, поскольку равенства (1) и (5) идентичны [2].

Результаты обсуждения. Прежде чем применить принцип взаимности для решения представленных выше задач, рассмотрим две дополнительные задачи.

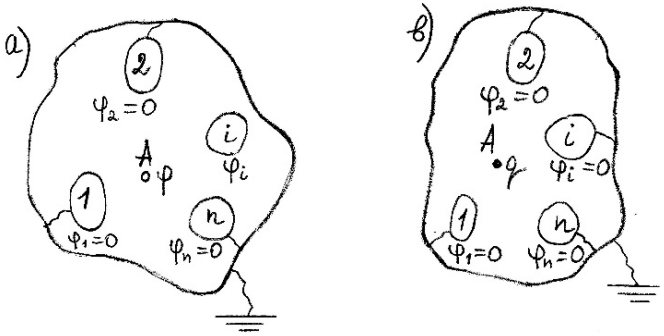


Рисунок 5

Дополнительная задача 1. Имеется система проводников, которые все, кроме i-го, заземлены, а i-й проводник имеет потенциал (рисунок 5). В некоторой точке А системы потенциал равен φ. Определить заряд , индуцируемый на i-м проводнике, если все проводники заземлить, а в точку А поместить заряд q.

Представим себе, что в точке А находится проводник, причем его линейные размеры малы по сравнению с расстоянием до других проводников (тогда его присутствие не изменит распределения зарядов и потенциалов в системе). Будем называть его проводником А. Рассмотрим два состояния системы:

заряд проводника А равен нулю, его потенциал φ, потенциал i-го проводника , а потенциалы всех остальных проводников раны нулю (рисунок 5a);

заряд проводника А равен q, потенциалы всех остальных проводников равны нулю, а заряд, индуцируемый на i-м проводнике, равен (рисунок 5b).

Согласно принципу взаимности

$$q\varphi + q_i'\varphi_i = 0,$$

откуда

$$q_i' = -\, q\,\frac{\varphi}{\varphi_i}$$

Дополнительная задача 2. В замкнутой проводящей поверхности 1, потенциал которой , находится проводник 2 (рисунок 6). Его потенциал равен, а потенциал точки А, находящейся между проводниками, равен φ. Найти заряды q_1и q_2 , индуцируемые на проводниках, если проводники заземлить, а в точку А поместить заряд q.

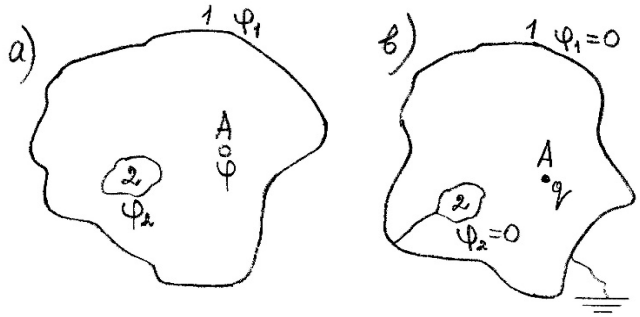


Рисунок 6

Имеем два состояния системы:

1 Заряд в точке А равен нулю, ее потенциал φ, а потенциалы проводников равны и (рисунок 6a);

2 Заряд проводника А равен q, потенциалы проводников равны нулю, а индуцированные на них заряды равны q_1 и q_2 (рисунок 6b).

Для простоты здесь и дальше мы будем говорить о заряде и о потенциале точки А, подразумевая, что в этой точке находится проводник (как это было сделано в задаче 1).

По принципу взаимности

$$q_1'\varphi_1 + q_2'\varphi_2 + q\varphi = 0 \qquad (6)$$

Из одного этого равенства нельзя, конечно, найти оба индуцированных заряда. Однако можно воспользоваться еще тем условием, что проводящая поверхность 1 во втором случае заземлена. Это означает, что электрическое

поле снаружи отсутствует, а значит, алгебраическая сумма всех зарядов, находящихся внутри заземленной поверхности, равна нулю, то есть

$$q_1' + q_2' + q = 0 \qquad (7)$$

Решая совместно уравнения (6) и (7), получим

$$q_1' = q\frac{\varphi_2 - \varphi}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

$$q_2' = -q\frac{\varphi_1 - \varphi}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

Теперь можно вернуться к основным трем задачам. Для их решения используем принцип взаимности. Метод, основанный на применении этого принципа, несколько формальный, но очень простой и удобный. Вся сложность состоит только в том, чтобы разумно выбрать рассматриваемые два состояния системы и записать для них равенство (1) [3].

Решение задачи 1. По условию задачи точечный заряд q находится на определенном расстоянии от заземленной проводящей сферы, на которой наводится заряд q' (состояние 1).

Предположим, что сферическая поверхность не заземлена и имеет потенциал , а заряда q нет. Тогда на его месте потенциал поля равен

$$\varphi = \varphi_0\frac{r}{r+d}$$

r – радиус сферической поверхности, – расстояние от заряда q до этой поверхности.

Это – второе состояние системы.

Запишем для этих двух состояний системы принцип взаимности:

$$q\varphi + q'\varphi_0 = 0,$$

или

$$q' = -q\frac{\varphi}{\varphi_0} = -q\frac{r}{r+d}$$

Полученный результат можно применить к случаю, когда заряд q' наводится на бесконечной проводящей плоскости. Действительно, бесконечную плоскость можно рассматривать как сферическую поверхность с бесконечно большим радиусом, то есть . Следовательно, в пределе при имеем:

$$q' = -q\frac{r}{r+d} = -q\frac{1}{1+\frac{d}{r}} = -q$$

то есть индуцированный на бесконечной плоскости заряд равен по величине, но противоположен по знаку поднесенному к плоскости точечному заряду, где бы этот заряд ни находился.

Решение задачи 2. Согласно условию задачи первое состояние системы таково: заряд q находится в заданной точке между заземленными сферическими поверхностями, на которых наводятся заряды q_1 и q_2 .

В качестве второго состояния рассмотрим случай, когда внешняя сфера заземлена, внутренняя сфера имеет потенциал , заряд q отсутствует, но на его месте потенциал поля равен .

Исходя из решения дополнительной задачи 1, получим

$$q_1' = -q\frac{\varphi}{\varphi_1} \qquad (8)$$

Заряд q_2, индуцированный на внешней сфере, найдем из условия, что алгебраическая сумма зарядов, находящихся внутри заземленной поверхности, равна нулю:

$$q_1' + q_2' + q = 0 \qquad (9)$$

Таким образом, нам остается найти отношение . Предположим, что, когда внешняя сфера заземлена, а внутренняя имеет потенциал , заряд внутренней сферы равен q_0. Очевидно, что при этом на внешней сфере наведется заряд $-q_0$. Выразим потенциалы и через заряды q_0 и $-q_0$:

$$\varphi = \frac{q_0}{r_1+d_1} + \frac{-q_0}{r_2},$$

$$\varphi_1 = \frac{q_0}{r_1} + \frac{-q_0}{r_2}.$$

Отсюда

$$\frac{\varphi}{\varphi_1} = \frac{\frac{1}{r_1+d_1} - \frac{1}{r_2}}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}} \qquad (10)$$

Тогда окончательно из равенств (8)- (10) получим

$$q_1' = -q\frac{r_1 d_2}{(r_1+d_1)(d_1+d_2)}$$

$$q_2' = -q\frac{r_2 d_1}{(r_1+d_1)(d_1+d_2)}$$

Решение задачи 3. Оно непосредственно следует из решения задачи 2, поскольку две параллельные бесконечные плоскости можно рассматривать как две концентрические сферы с бесконечно большими радиусами [4,5].

Запишем результат решения задачи 2 в виде

$$q_1' = -q\frac{r_1 d_2}{(r_1+d_1)(d_1+d_2)} = -q\frac{d_2}{\left(1+\frac{d_1}{r_1}\right)(d_1+d_2)},$$

$$q_2' = -q\frac{r_2 d_1}{(r_1+d_1)(d_1+d_2)} = -q\frac{r_2 d_1}{(r_2-d_2)(d_1+d_2)} = -q\frac{d_1}{\left(1-\frac{d_2}{r_2}\right)(d_1+d_2)}.$$

Если $r1 \to \infty$ и $r2 \to \infty$ то

$$q_1' = -q\frac{d_2}{d_1+d_2},$$

$$q_2' = -q\frac{d_1}{d_1+d_2}.$$

Выводы. Для системы проводников существует принцип, называемый принципом взаимности. Он может быть получен на основании преобразований, вытекающих из формулы Грина

$$\int_V (\varphi_\Delta'\varphi - \varphi_\Delta\varphi')\,dV = \oint_c \left(\varphi'\frac{\partial\varphi}{\partial n} - \varphi\frac{\partial\varphi'}{\partial n}\right)dS$$

в качестве и два различных решения электростатической задачи, которым соответствуют два различных распределения поля. Интегрирование по объему приводит в этом случае к нулю, так как в пространстве между проводниками заряды отсутствуют, а следовательно, . Интегрирование по поверхности в правой стороне равенства (1) включает как интегрирование по бесконечно удаленной поверхности, так и по поверхностям проводников. При этом интеграл по бесконечно удаленной поверхности равен нулю в силу того, что поле на больших расстояниях от системы конечных проводников отсутствует. А интегрирование по поверхностям проводников приводит к выражениям для полного заряда проводников. Таким образом получается соотношение (1), которое имеет наименование принципа взаимности в электростатике [6,7].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Петров, Н. Ю.** Физика. Вводный курс. Электростатика и законы постоянного тока: учебное пособие / Н. Ю. Петров, Е. И. Кренева, Н. В. Тарасенко, В. Я. Костюченко, М. Р. Мирсияпов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 114 с.

2 **Бобылев, Ю. В.** Электричество и магнетизм. Ч. 1. Электростатика. 2-е изд., испр. и доп / Ю. В. Бобылев, В. А. Панин, Р. В. Романов. – Тула: Изд-во: ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2016. – 140 с.

3 **Аплеснин, С. С.** Основы электродинамики. Теория, задачи и тесты: Уч. Пособие / С. С. Аплеснин, Л. И. Чернышова. – Изд-во: Лань, 2016. – Текст: электронный // ЭБС Лань [сайт]. – URL: https://e.lanbook.com/search?query=электростатика (Дата обращения: 19.12.2022).

4 **Киселев, Д. Ф.** Электричество и магнетизм. Методика решения задач. Учебное пособие / Д. Ф. Киселев, А. С. Жукарев, С. А. Иванов, С. А. Киров, Е. В. Лукашева. – М.: Физический факультет МГУ, 2010 г. – 332 с.

5 **Покровский, В. В.** Электромагнетизм. Методы решения задач: учебное пособие / В. В. Покровский. – 5-е изд., электрон. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 123 с.

6 **Sadybekov, M. A.** Representation of the Green's function of the exterior Neumann problem for the Laplace operator [Text] // M. A. Sadybekov, B. T. Torebek, B. Kh. Turmetov // Siberian Mathematical Journal. – 2017. – Volume 58. – P. 153–158.

7 **Паршаков, А. Н.** Принципы и практика решения задач по общей физике. Ч. 2: Электромагнетизм: учеб. пособие /А. Н. Паршаков. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 313 с.

8 **Kassenova L. G.** Elements of innovation in teaching physics to students of technical specialties in the conditions of modernization of education [Text] / L. G. Kassenova // Вестник КазНПУ, серия «Физико-математическая». – 2019. –№3 (67). – С.154–158.

9 **Летута, С. Н.** Физика. Выпуск 7. Электростатика: учебное пособие для поступающих в вузы / С. Н. Летута, А. А. Чакак. – Оренбург: ОрГУ, 2016. –177 с.

10 **Гельфгат, И. М.** 1001 задача по физике с ответами, указаниями и решениями / И. М. Гельфгат, П. Э. Генденштейн, П. А. Кирик. – М.: Илекса, 2018 г. – 352 с.

REFERENCES

1 **Petrov, N. YU., Kreneva, E. I., Tarassenko, N. V., Kostyuchenko, V. Ya., Mirssiyapov, M. R.** Fizika. Vvodnyy kurs. Elektrostatika i zakony postoyannogo toka: uchebnoye posobiye. [Physics. Introductory course. Electrostatics and direct current laws: textbook] [Text] – Novosibirsk: Publishing house of NSTU, 2019. – 114 p.

2 **Bobylev, Yu. V., Panin, V. A., Romanov, R. V.** Elektrichestvo i magnetizm. Ch. 1. Elektrostatika. 2-ye izd., ispr. i dop. [Electricity and magnetism. Part 1. Electrostatics. 2nd ed., rev. and additional] [Text] – Tula: Publishing house of TSPU, 2016. – 140 p.

3 **Aplessnin, S. S., Chernyshova, L. I.** Osnovy elektrodinamiki. Teoriya, zadachi i testy: uch. Posobiye [Fundamentals of electrodynamics. Theory, tasks and tests: textbook] [Text: electronic] – Publishing House: Lan, 2016. – URL: https://e.lanbook.com/search?query=electrostatics (Accessed: 12/19/2022).

4 **Kisselev, D. F., Zhukarev, A. S., Ivanov, S. A., Kirov, S. A., Lukashev, E. V.** Elektrichestvo i magnetizm. Metodika resheniya zadach. Uchebnoye posobiye [Electricity and magnetism. Problem solving technique. Textbook] [Text] – Moscow: Faculty of Physics of Moscow State University, 2010. – 332 p.

5 **Pokrovsky, V. V.** Elektromagnetizm. Metody resheniya zadach: uchebnoye posobiye [Electromagnetism. Problem solving methods: textbook] [Text] – Moscow: Laboratory of Knowledge, 2020. – 123 p.

6 **Sadybekov, M. A., Torebek, B. T., Turmetov, B. Kh.** Representation of the Green's function of the exterior Neumann problem for the Laplace operator [Text] // Siberian Mathematical Journal. – 2017. -Volume 58. – P. 153–158.

7 **Parshakov, A. N.** Printsipy i praktika resheniya zadach po obshchey fizike. Ch. 2: Elektromagnetizm: ucheb. posobiye [Principles and practice of solving problems in general physics. Part 2: Electromagnetism: textbook] [Text] – Perm: Publishing House of PSTU, 2010. – 313 p.

8 **Kassenova L. G.** Elements of innovation in teaching physics to students of technical specialties in the conditions of modernization of education [Text] // Vestnik KazNPU, seriya «Fiziko-matematicheskaya» - Bulletin of KazNPU, series «Physics and Mathematics», 3 (67) – 2019. – №3 (67). – P.154–158

9 **Letuta, S. N., Chakak, A. A.** Fizika. Vypusk 7. Elektrostatika: uchebnoye posobiye dlya postupayushchikh v vuzy [Physics. Issue 7. Electrostatics: a textbook for applicants to universities] [Text] - Orenburg: OSU, 2016. – 177 p.

10 **Gelfgat, I. M., Gendenshtein, P. E., Kirik, P. A.** 1001 zadacha po fizike s otvetami, ukazaniyami i resheniyami [1001 physics problems with answers, instructions and solutions] [Text] – Moscow: Ilexa, 2018. – 352 p.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**Л. Г. Касенова[1], М. Ж. Есекеева[1], К. Т. Иманжанова[2], Б. О. Сатаев[3]*
[1]Esil University, Астана қ.,
[2]С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ.,
[3]«Энергоинформ» АҚ Ақмола филиалы, Астана қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА ЕСЕПТЕРІН ШЕШУ ӘДІСТЕРІНІҢ БІРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ӨЗАРАЛЫҚ ПРИНЦИПІ

Электростатиканың негізгі міндеті-өткізгіштер мен диэлектриктердің қатысуымен зарядтар жүйесінің электр өрісі кернеулігін табу. Бұл мәселені шешу сыртқы электр өрістерінде орналасқан оқшауланған өткізгіштер мен диэлектриктер үшін де айтарлықтай қиындықтар тугызады. Нақты электрохимиялық жүйелерде электр өрістерін модельдеу және өлшеу қиын болуы мүмкін, сондықтан электромагниттік параметрлерді есептеу үшін теориялық физика әдістерін қолдану қажет.

Электростатика есептерін шешу жалпы әдістері математикалық физика бөлімдерінде қарастырылады. Бүгінгі таңда қарапайым математикадан тыс электростатика мәселелерін шешуге мүмкіндік беретін бірқатар қарапайым жеке әдістер жеткілікті. Мақалада өзаралық принципіне негізделген осындай әдістердің бірі келтірілген. Бұл қағида, атап айтқанда, келесіні білдіреді: берілген екі өткізгіштің біріншісінің заряды q, ал екіншісі зарядталмаған деп есептейік. Егер бірінші өткізгіштің q заряды екіншісіне өткізілсе, бірінші өткізгіштің потенциалы екінші өткізгіштің потенциалымен бірдей болады.

Өзара принципі екі тоқ көздер мен олар орналасқан жерлерде құралған өрістер арасында айқаспалы байланыс орнатады (қарастырудан көздері жоқ салалардағы өрістердің мәні алынып тасталады). Ол әсер ететін тізбектің кірісіндегі шамалар мен тізбектің шығысындағы осы әсерге реакция арасындағы белгілі бір симметрияны білдіреді.

Өзара принципі сызықтық теңдеулермен сипатталған түрлі жүйелер үшін жарамды (механикалық, акустикалық, электромагниттік және т. б.); оның салдары Грин функциялары үшін өзара қатынас болып табылады.

Кілтті сөздер: электростатикалық өріс, индукцияланған заряд, потенциал, өзаралық принципі, өткізгіш жазықтық.

** L. G. Kassenova[1], M. Zh. Yessekeeva[1], K. T. Imanzhanova[2], B. O. Satayev[3]*
[1]Esil University, Republic of Kazakhstan, Astana c.,
[2]S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk c.,
[3]Akmola branch of the JSC «Energoinform»,
Republic of Kazakhstan, Astana
Material received on 13.03.23

THE PRINCIPLE OF RECIPROCITY IS THE BASIS OF ONE OF THE METHODS FOR SOLVING PROBLEMS IN ELECTROSTATICS

The main task of electrostatics is to find the electric field strength of a charge system in the presence of conductors and dielectrics. The solution of this problem presents considerable difficulties even for insulated conductors and dielectrics located in external electric fields. In real electrochemical systems, it can be difficult to model and measure electric fields, so the calculation of electromagnetic parameters requires the use of theoretical physics methods.

General methods for solving problems in electrostatics are studied in the sections of mathematical physics. To date, there are a number of relatively simple partial methods that allow solving problems in electrostatics without going beyond the limits of elementary mathematics. The article presents one of these methods, based on the principle of reciprocity. From this principle, in particular, it follows that if there are two conductors, while the first carries a charge q, and the second is not charged, then if you transfer the entire charge q from the first conductor to the second, then the first conductor will have the same potential as it was on the second conductor.

The principle of reciprocity establishes a cross-connection between two sources and the fields they create at the source locations (the values of fields in areas that do not contain sources are excluded from consideration). It expresses a certain symmetry between the quantities at the input of the circuit to which the effect is applied and the reaction to this effect at the output of the circuit.

The reciprocity principle is valid for a variety of systems (mechanical, acoustic, electromagnetic, etc.) described by linear equations; its consequence is the reciprocity relations for Green's functions.

Keywords: electrostatic field, induced charge, potential, reciprocity principle, conductive surface.

МРНТИ 50.03.05

doi.org/10.48081/OFTD8056

***В. Н. Кияткина[1], А. С. Аканова[2], Ж. Т. Бельдеубаева[2]**
[1]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[2]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана
email: vika-vasilevich@mail.ru

ПЛАНИРОВАНИЯ И ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

В данной статье освещена проблема исследования предметной области для разработки приложения планирования учебного и личного времени обучающихся. Целью исследования было провести анализ методов применяемых в технологий планирования и тайм-менеджмента, для использования оптимальных методов при разработке web- приложения. Для достижения этой цели были рассмотрены приложения планирования учебной деятельности и проведен сравнительный анализ популярных методов тайм-менеджмента. Основываясь на выявленных преимуществах и недостатках использованных методов планирования в риложений, наиболее подходящие методы, а именно матрица Эйзенхауэра и теоретические основы системы GTD Дэвида Алена, которые выбраны для разработки приложения по оптимизации планирования учебной деятельности. Кроме того, в статье приведены результаты проведенного анкетирования среди обучающихся, которое было направлено на выяснение проблем личного тайм-менеджмента и определение востребованности технологий тайм-менеджмента учебной деятельности. По данному анкетированию, было выяснено, что у обучающихся часто возникают проблемы из-за большого количества предстоящих дел. Для решения проблем с загруженностью 60 % обучающихся использует приложения Any.do, Microsoft Teams, TODO, iCal, встроенные заметки в телефоне, Google календарь, ежедневники, но при этом отмечают у данных инструментов ряд недостатков. Таким образом, анкетирование позволило выявить проблемы и потребности в управлении временем: в современных условиях обучающимся необходим инструмент, который будет сопоставлять расписание учебных занятий и личные дела, напоминать о предстоящих делах, показывать наиболее важные задачи и время на их выполнение. Объектом исследования является тайм-менеджмент учебной деятельности. Предметом исследования является приложения управления временем.

Ключевые слова: системы тайм-менеджмента, системы планирования, система управления временем, платформы самоорганизации, информационные технологии планирования.

Введение

В современном мире многие ощущают нехватку времени, так как на человека обрушивается колоссальный поток информации и множество дел, из-за чего не удается рационально распределить время. Данная проблема часто имеет негативные последствия для людей. На данный момент тайм-менеджмент применяется в различных сферах, в частности в образовательной. Учитывая быстрое развитие современного мира, следствием которого стал дефицит времени, ряд исследователей демонстрируют необходимость изучения теории и практики тайм-менеджмента для оптимизации планирования задач [1]. Педагоги советуют в начале каждой учебной сессии посвящать одно или два занятия теме тайм-менеджмента и личной продуктивности, чтобы учащиеся могли эффективно распоряжаться временем и более продуктивно заниматься учебой и исследованиями, поскольку образовательная программа не содержит такой информации [2]. На основании выявленных причин непродуктивного планирования личного времени учащихся, сформулированы принципы внедрения технологий планирования тайм-менеджмента для составления расписаний, улучшение управления учебным процессом и достижения поставленных целей [3], [4].

Современная система образования нацелена на самостоятельную учебную работу, поэтому наряду с общим понятием самоуправления актуален вопрос самоорганизации учебной деятельности [5]. Во многих исследованиях ученые описывают влияние управления временем на успеваемость обучающихся университета, а также [6]. Особое место в тайм-менеджменте занимает обучение эффективного использования рабочего и учебного времени [7], [8], [9]. Исследователи раскрывают и предлагают решение проблем проектирования мобильных и web-приложений [10], [11]. Теоретические исследования подтверждаются экспериментальными, результаты которых показывают целесообразность использования различных технологий тайм-менеджмента в учебной деятельности [12]. Информационных технологии и тайм-менеджмент не могут существовать

параллельно, они тесно связаны, решая проблему реализации разработки приложений для тайм-менеджмента [13], [14], [15].

Таким образом, одной из самых актуальных проблем для обучающихся в настоящее время является умение грамотно организовать свое учебное и личное время, на основе современных приемов, методов и технологий, решение которых позволяет обучающимся достичь успеха в жизнедеятельности и будущей профессии.

Основной целью исследования является показать особенности, отличия приложений планирования и тайм-менеджмента путем сравнения их функций и возможностей.

Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

– оценить востребованность приложений тайм-менеджмента учебной деятельности в современных условиях;

– исследовать и провести анализ существующих методов и приложений для планирования учебной деятельности.

Материалы и методы

При проведении исследовательской работы использовались следующие методы:

– теоретические методы (изучение и анализ литературных источников, научных работ по теме исследования, анализ, синтез, сравнение, обобщение);

– эмпирические методы (наблюдение, анкетирование, опрос).

Для проведения оценки востребованности технологий тайм-менеджмента учебной деятельности в современных условиях проводилось анкетирование с использованием Google forms. Участниками являлись 15 обучающихся разных специальностей, возрастов и уровня обучения, это позволило получить более качественные результаты опроса. Анкетирование содержало четыре вопроса профилирования учатников и 15 основных вопросов по теме исследования. Ряд вопросов к респондентам был направлен на выяснение проблем личного тайм-менеджмента и востребованности технологий тайм-менеджмента учебной деятельности у обучающихся.

Ключевые вопросы анкетирования участников:

Как вы решали проблемы с загруженностью делами?

Какие способы планирования используете?

Какие минусы возникают при использовании блокнотов, электронных органайзеров?

Какие функциональные возможности приложения хотели бы видеть, которые будут положительно влиять на успеваемость дня?

Анализ имеющихся на данный момент цифровых инструментов/ресурсов для самоорганизации деятельности обучающихся показал, что все сервисы представляют собой элементарный список задач, заметок, в

виде обычного органайзера, многие функции урезаны, стоимость подписок достаточно высока, не выполняется анализ деятельности пользователя и главное – сервисы не предназначены для учебной деятельности, у них отсутствует необходимый функционал для обучающихся [16].

Приложения современного тайм-менеджмента направлены на умение правильно организовать свое время и достичь максимальной эффективности [17]. Самые популярные методы, применяемые в мобильных и web-приложениях тайм-менеджмента, их преимущества и недостатки представлены ниже:

1. Матрица Эйзенхауэра используется с приложениях Focus Matrix, Priority Matrix, Studify, Inprove My Life

Преимущества: помогает сортировать дела по степени важности и срочности, подходит для всех сфер деятельности, не требует подготовки и специальных знаний;

Недостатки: не организует сам процесс, возможны ошибки ранжирования задач, не учитываются сторонние факторы, не подходит для долгосрочного планирования.

2 Методы фиксированного времени (Техника Pomodoro, Метод «90 на 30» и «52 на 17») спользуются в приложениях Котодоро, Планировщик: продуктивный таймер, Помикро, Pomodoro Timer Lite

Преимущества: подходит практически любому человеку, создано много приложений на основе данной системы, эффективная борьба с прокрастинацией, правильное чередование работы и отдыха, регулирование сложности, развитие привычки;

Недостатки: индивидуальная работа, не всем подходят четкие интервалы, вспомогательный инструмент (не решает задачи, не распределяет дела), формирование зависимости работать по таймеру. Много отвлекающих факторов сбивают цикл.

3 Принцип Парето (Правило 20/80)

Преимущества: простота и легкость использования, яркая формулировка, нет необходимости в дополнительных инструментах;Ннедостатки: для людей с гибким графиком, без строгого регламента дня, не подходит для последовательного труда, правило не всегда точно.

4 Система GTD (Getting Things Done) Дэвида Аллена применяется в web-приложениях 2do, FacileThings, Firetask, Focuster, Todo

Преимущества: комплексная система управления задачами, «разгружает» мозг от хранения информации, соответствует основным принципам тайм-менеджмента, позволяет контролировать почти все аспекты жизни, совместима с другими техниками;

Недостатки: требует много времени (сложная и избыточная система), требует дисциплины, привыкания, необходимо следовать всем правилам метода, не позволяет составить личный план, фокусировка на распределении задач, а не на выполнении, использование большого количества инструментов для хранения информации.

5 Метод ZTD (Zen to Done) используется в мобильных приложениях Dropbox Paper, Notesnook, Todoist

Преимущества: интуитивная и понятная структура, постепенное изменение привычек, сосредоточен на действии, завершении главных задач;

Недостатки: не эффективна, если присутствуют отвлекающие факторы и не организован режим, требует время на сбор информации, обработку, распределение.

6 Пирамида Франклина

Преимущества: четкое планирование будущего;

Недостатки: без определения главной цели жизни нельзя построить пирамиду, тяжело спланировать всю жизнь.

7 Kanban применяется в инструменте для ведения проектов Trello

Преимущества: удобно и наглядно, гибкая методология, возможность добавить незапланированную задачу, система имеет специализированные программы;

Недостатки: не подходит для долгосрочного планирования, для больших команд и для разносторонних задач.

8 Автофокус применяется в приложениях Лес, Engross, Focus To-Do, Focus Keeper

Преимущества: лояльный метод для творческих людей, фокус на себя;

Недостатки: не подходит для задач, которые привязаны к срокам и обязательствам, отсутствие четкого плана, постоянное откладывание задачи, которую не хочется выполнять.

9 Хронометраж используется в приложениях Task Coach, ToDoList, Project Timer, TimeTracker

Преимущества: анализ выявит, на что уходит время, почему человек ничего не успевает и поможет отказаться от вредных привычек;

Недостатки: долгий метод, отнимающий много времени, фокусировка на длительности задачи, а не на распределении списка и выполнении задач.

Таким образом, каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, поэтому важно правильно определить цель применения: например, если нужна разработка для работы с определенным проектом команде подойдет метод Kanban, для анализа затрат времени лучше использовать метод хронометража, для простого напоминания, работе по таймеру можно использовать методы фиксированного времени, для обширного планирования своего будущего

подойдет пирамида Франклина, для бизнеса (маркетинга и менеджмента) удобен принцип Парето, для планирования гибких задач подойдет система Автофокус, для сортировки задач по приоритетам можно использовать матрицу Эйзенхауэра, для управления проектами, задачами и четкого плана действий подойдут методы GTD и ZTD [18], [19].

Результаты и обсуждение

Результаты проведенного опроса показали, что у обучающихся часто возникают проблемы из-за большого количества предстоящих дел. Для решения проблем с загруженностью респонденты создают заметки в телефонах, записывают информацию в блокнотах, однако в 30 % случаях все-таки не успевают выполнить задания. Было выявлено, что 60 % обучающихся для планирования использует приложения (встроенные заметки в телефоне, Google календарь, Яндекс календарь, Any.do, Microsoft Teams, TODO, iCal), ежедневники, но при этом у данных инструментов существует ряд недостатков. В современных условиях обучающимся необходимо, чтобы приложение сопоставляло расписание учебных занятий и личные дела, напоминало о предстоящих действиях, показывало наиболее важные задачи и время на их выполнение.

На основании выявленных при проведении анализа преимуществ и недостатков существующих методов тайм-менеджмента для дальнейшей разработки приложения по оптимизации планирования учебной деятельности будут применены видоизмененная матрица Эйзенхауэра и теоретические основы системы GTD Дэвида Алена. В приложении будет возможность фиксирования задач по приоритетам (важности, срочности), указания сроков выполнения заданий, настройки напоминаний, просмотра распорядка дня с учетом расписания учебный занятий.

Выводы

Таким образом, для достижения поставленной цели выполнены следующие задачи:

проведено анкетирование, которое позволило выявить проблемы и потребности у обучающихся в управлении временем, тем самым определена востребованность технологий тайм-менеджмента учебной деятельности в современных условиях;

рассмотрены технологии планирования учебной деятельности и проведен сравнительный анализ популярных методов тайм-менеджмента, наиболее подходящие будут использованы для дальнейшей разработки приложения по оптимизации планирования учебной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Wadhwa H., Aron R.** Optimized task scheduling and preemption for distributed resource management in fog-assisted IoT environment [Text] // Journal of Supercomputing. – 2023. February – V.79 (2). – P. 2212 – 2250 2

Bast, F. Crux of time management for students [Text] // Resonance. – 2016. – № 21(1). – P. 71–88. – doi: 10.1007/s12045-016-0296-6

3 **Толстых Е. С., Толстых А. А.** Автоматизация составления расписания в системе управления учебным процессом [Текст] //Территория науки. – 2014. – № 1. – С. 41–48.

4 **Raviv L.-O., Leshem A.** Joint Scheduling and Resource Allocation for Packets with Deadlines and Priorities [Text] // IEEE Communications Letters. – 2023. – V 27 (1). – P. 248 – 2521.

5 **Неволина, В.В., Щеглова, М.И.** Исследование особенности самоорганизации как сущностной характеристики тайм-менеджмента студента [Текст] // Таврический научный обозреватель. – 2016. – №9 (14). – С. 47–49.

6 **Пологова Е. Е., Кислицын Д. И.** Разработка мобильного приложения» расписание» для студентов ННГАСУ [Текст] // IX Всероссийский фестиваль науки. – 2020. – С. 55-59.

7 **Сотсков Ю. Н., Косенков А. А.** Разработка компьютерного приложения для оптимального планирования рабочего времени . [Текст] // Экономика, моделирование, прогнозирование. – 2014. – №. 8. – С. 138-148

8 **Кондрашова, Н.Г., Авраменко, М.А.** Управление временем как эффективное средство менеджмента [Текст] // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – №11-2. – С. 51–54. doi:10.24411/2411-0450-2020-10922

9 **Подкопаев, О.А., Домнина, С.В., Салынина, С.Ю.** Тайм-менеджмент как инструмент эффективного использования рабочего времени в организации социально-культурной сферы [Текст] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11–6. – С. 1166–1168.

10 **Байгин М. М.** Веб-приложение для тайм-менеджмента: диссертация. [Текст] // Сибирский федеральный университет, 2020. – №2. – С.150.

11 **Каменских В. Д., Каменских Н. А., Можаев А. А.** Проектирование мобильного приложения для реализации тайм-менеджмента и развития элементов эмоционального интеллекта [Текст] // Студенческая наука Подмосковью. – 2022. – С. 288-292.

12 **Agranovich, Y., Amirova, A., Ageyeva, L., Lebedeva, L., Aldibekova, S., Uaidullakyzy, E.** The For mation of Self-Organizational Skills of Student's Academic Activity on the Basis of 'Time Management' Technology [Text] // International Journal of Emerging Technologies in Learning. – 2019. – T. 14. – № 22. – P. 95–110.

13 **Dalvi, A., Siddavatam, I.** SnoopMe – Interactive Task Scheduler Mobile Application for Students [Text] // International Conference on Nascent Technologies in Engineering. – 2019. – P. 1–6. doi: 10.1109/ICNTE44896.2019.8945836

14 **Sai Swaroop Krishna, N.** Smart Personal Task Scheduler [Text] // Intelligent Manufacturing and Energy Sustainability. Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2022. – T. 265. – P. 443–451. doi: 10.1007/978-981-16-6482-3_44

15 **Kutuev, A., Malysheva, E., Sharikova, J. A** Modern Tool for Students' Self-organization in the Digital Economy [Text] // Engineering Economics: Decisions and Solutions from Eurasian Perspective. Lecture Notes in Networks and Systems. – 2021. – T. 139. – P. 333–339. doi: 10.1007/978-3-030-53277-2_40

16 **Василевич, В.Н., Асаинова, А.Ж.** Цифровые инструменты для самоорганизации деятельности студентов [Текст] // Сборник материалов VI-й международной научно–практической конференции «Роль физико-математических наук в современном образовательном пространстве». – 2021. – №2 – С. 139–142.

17 **Zhukovska, A.** Modern methods and technologies of time management [Text] // Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University Economic Series. *– 2021. – T.101. – P. 79–93.* doi: 10.26565/2311-2379-2021-101-08

18 **Реунова М. А.** Тайм-менеджмент студента университета: информационные технологии [Текст] // Приоритетные научные направления: от теории к практике. – 2012. – №. 2. – С. 25-29.

19 **Симченко, Н. Н., Бочкарев А. В.** Автоматизация тайм-менеджмента, как способ повышения эффективности деятельности сотрудника [Текст] // Научные междисциплинарные исследования. –2020. – №2–1. – С. 107–116.

REFERENCE

1 **Wadhwa H., Aron R.** Optimized task scheduling and preemption for distributed resource management in fog-assisted IoT environment [Text] // Journal of Supercomputing. – 2023. February – V. 79 (2). – P. 2212 – 2250

2 **Bast, F.** Crux of time management for students [Text] // Resonance. – 2016. – V. 21(1). – P. 71–88. – doi: 10.1007/s12045-016-0296-6

3 **Tolstyh E. S., Tolstyh A. A.** Avtomatizaciya sostavleniya raspisaniya v sisteme upravleniya uchebnym processom [Automation of scheduling in the educational process management system] [Text] //Territoriya nauki. – 2014. – №. 1. – P. 41-48

4 **Raviv L.-O., Leshem A.** Joint Scheduling and Resource Allocation for Packets with Deadlines and Priorities [Text] // IEEE Communications Letters. – 2023. – V. 27 (1). – P. 248 – 2521.

5 **Nevolina, V. V., Shheglova, M. I.** Issledovanie osobennosti samoorganizacii kak sushhnostnoj xarakteristiki tajm-menedzhmenta studenta [The study of the features of self-organization as an essential characteristic of a student's time management] [Text] // Tavricheskij nauchny`j obozrevatel`. – 2016. – V.14. – P. 47–49.

6 **Pologova E. E., Kislicyn D. I.** Razrabotka mobil'nogo prilozheniya\» raspisanie\» dlya studentov NNGASU [Development of a mobile application «schedule» for students of NNSASU] [Text] // IX Vserossijskij festival' nauki. – 2020. – P. 55–59.

7 **Sotskov Yu. N., Kosenkov A. A.** Razrabotka komp'yuternogo prilozheniya dlya optimal'nogo planirovaniya rabochego vremeni [Development of a computer application for optimal working time planning]. [Text] //Ekonomika, modelirovanie, prognozirovanie. – 2014. – №. 8. – P. 138–148

8 **Kondrashova, N.G., Avramenko, M.A.** Upravlenie vremenem kak e`ffektivnoe sredstvo menedzhmenta [Time management as an effective management tool] [Text] // Ekonomika i biznes: teoriya i praktika. – 2020. – V. 11-2. – P. 51–54. doi:10.24411/2411-0450-2020-10922

9 **Podkopaev, O.A., Domnina, S.V.,** Saly`nina, S.Yu. Tajm-menedzhment kak instrument e`ffektivnogo ispol`zovaniya rabochego vremeni v organizacii social`no-kul`turnoj sfery` [Time management as a tool for the effective use of working time in the organization of the socio-cultural sphere] [Text] // Mezhdunarodny`j zhurnal prikladny`x i fundamental`ny`x issledovanij. – 2016. – V. 11(6). – P. 1166–1168.

10 **Bajgin M. M.** Veb-prilozhenie dlya tajm-menedzhmenta: dissertaciya [Web application for time management: Dissertation]. [Text] // Sibirskij federal'nyj universitet, 2020. – V.2. – P.150.

11 **Kamenskih V. D., Kamenskih N. A., Mozhaev A. A.** Proektirovanie mobil'nogo prilozheniya dlya realizacii tajm-menedzhmenta i razvitiya elementov emocional'nogo intellekta [Designing a mobile application for the implementation of time management and the development of elements of emotional intelligence] [Text] // Studencheskaya nauka Podmoskov'yu. – 2022. – P. 288–292.

12 **Agranovich, Y., Amirova, A., Ageyeva, L., Lebedeva, L., Aldibekova, S., Uaidullakyzy, E.** The For mation of Self-Organizational Skills of Student's Academic Activity on the Basis of 'Time Management' Technology [Text] // International Journal of Emerging Technologies in Learning. – 2019. – T. 14(22). – P. 95–110.

13 **Dalvi, A., Siddavatam, I.** SnoopMe – Interactive Task Scheduler Mobile Application for Students [Text] // International Conference on Nascent Technologies in Engineering. – 2019. – P. 1–6. doi: 10.1109/ICNTE44896.2019.8945836

14 **Sai Swaroop Krishna, N.** Smart Personal Task Scheduler [Text] // Intelligent Manufacturing and Energy Sustainability. Smart Innovation, Systems

and Technologies. – 2022. – T. 265. – P. 443–451. doi: 10.1007/978-981–16-6482-3_44

15 **Kutuev, A., Malysheva, E., Sharikova, J. A** Modern Tool for Students' Self-organization in the Digital Economy [Text] // Engineering Economics: Decisions and Solutions from Eurasian Perspective. Lecture Notes in Networks and Systems. – 2021. – T. 139. – P. 333–339. doi: 10.1007/978-3-030-53277-2_40

16 **Vasilevich, V.N., Asainova, A.Zh.** Cifrovy`e instrumenty` dlya samoorganizacii deyatel`nosti studentov [Digital tools for self-organization of students' activities] [Text] // Collection of materials of the VI-th International Scientific and Practical Conference "The role of physical and mathematical sciences in the modern educational space". – 2021. – V. 2 – P. 139–142.

17 **Zhukovska, A.** Modern methods and technologies of time management [Text] // Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University Economic Series. *– 2021. – T.101. – P. 79–93.* doi: 10.26565/2311-2379-2021-101-08

18 **Reunova M. A.** Tajm-menedzhment studenta universiteta: informacionnye tekhnologii [Time management of a university student: information technology] [Text] // Prioritetnye nauchnye napravleniya: ot teorii k praktike. – 2012. –V.2. – P. 25–29.

19 **Simchenko, N.N., Bochkarev A.V.** Avtomatizaciya tajm-menedzhmenta, kak sposob povy`sheniya e`ffektivnosti deyatel`nosti sotrudnika [Automation of time management as a way to increase the efficiency of an employee] [Text] // Nauchny`e mezhdisciplinarny`e issledovaniya. –2020. – V. 2(1). – P. 107–116.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**В. Н. Кияткина[1], А. С.Аканова[2], Ж. Т.Бельдеубаева[3]*
[1]Торайғыров университеті, Казахстан Республикасы, Павлодар қ.
[2,3]С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Казахстан Республикасы, Астана қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙДАҒЫ ОҚУ ҚЫЗМЕТІН ЖОСПАРЛАУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ ЖӘНЕ УАҚЫТТЫ БАСҚАРУ

Бұл мақалада білім алушылардың оқу және жеке уақытын жоспарлау қосымшасын әзірлеу үшін пәндік саланы зерттеу мәселесі қарастырылған. Зерттеудің мақсаты Web-қосымшаны әзірлеу кезінде оңтайлы әдістерді қолдану үшін жоспарлау және уақытты басқару технологияларында қолданылатын әдістерге талдау жасау болды. Осы мақсатқа жету үшін оқу қызметін жоспарлаудың қосымшалары қарастырылып, уақытты басқарудың танымал

әдістеріне салыстырмалы талдау жүргізілді. Пайдаланылған жоспарлау әдістерінің анықталған артықшылықтары мен кемшіліктеріне сүйене отырып, ең қолайлы әдістер, атап айтқанда Эйзенхауэр матрицасы және Дэвид Аленнің GTD жүйесінің теориялық негіздері, олар оқу қызметін жоспарлауды оңтайландыруға арналған қосымшаны әзірлеу үшін таңдалады. Сонымен қатар, мақалада жеке тайм-менеджмент мәселелерін анықтауға және оқу қызметінің тайм-менеджмент технологияларына сұранысты анықтауға бағытталған студенттер арасында жүргізілген сауалнама нәтижелері келтірілген. Осы сауалнамаға сәйкес, алдағы істердің көптігіне байланысты білім алушыларда жиі проблемалар туындайтыны анықталды. Жүктеме мәселелерін шешу үшін білім алушылардың 60% қосымшаларды пайдаланады Any.do, Microsoft Teams, TODO, iCal, телефондағы кіріктірілген жазбалар, Google күнтізбесі, күнделіктер, бірақ сонымен бірге бұл құралдардың бірқатар кемшіліктерін атап өтеді. Осылайша, сауалнама уақытты басқарудағы проблемалар мен қажеттіліктерді анықтауға мүмкіндік берді: қазіргі жағдайда білім алушыларға оқу сабақтарының кестесі мен жеке істерін салыстыратын, алдағы істерді еске түсіретін, ең маңызды міндеттер мен оларды орындау уақытын көрсететін құрал қажет. Зерттеу нысаны оқу іс-әрекетінің уақытты басқару болып табылады. Зерттеудің тақырыбы-уақытты басқару қосымшалары.

Кілтті сөздер: уақытты басқару жүйелері, жоспарлау жүйелері, уақытты басқару жүйесі, өзін-өзі ұйымдастыру платформалары, ақпараттық жоспарлау технологиялары.

**V. N. Kiyatkina[1], A. S.Akanova[2], Z. T. Beldeubayeva[3]*
[1]Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar
[1,2]S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Republic of Kazakhstan, Astana
Material received on 13.03.23

TECHNOLOGIES OF PLANNING AND TIME MANAGEMENT OF EDUCATIONAL ACTIVITIES IN MODERN CONDITIONS

Annotation. This article highlights the problem of domain research for the development of an application for planning students' academic and personal time. The purpose of the study was to analyze the methods used in planning and time management technologies to use optimal methods in the development of a web application. To achieve this goal,

the applications of educational activity planning were considered and a comparative analysis of popular time management methods was carried out. Based on the identified advantages and disadvantages of the used methods of planning applications, the most suitable methods, namely the Eisenhower matrix and the theoretical foundations of the GTD system by David Allen, which are selected for the development of an application to optimize the planning of educational activities. In addition, the article presents the results of a survey conducted among students, which was aimed at clarifying the problems of personal time management and determining the relevance of time management technologies for educational activities. According to this questionnaire, it was found out that students often have problems due to the large number of upcoming cases. To solve problems with workload, 60% of students use applications Any.do , Microsoft Teams, TODO, iCal, built-in notes in the phone, Google calendar, diaries, but at the same time they note a number of disadvantages of these tools. Thus, the survey revealed the problems and needs in time management: in modern conditions, students need a tool that will compare the schedule of training sessions and personal affairs, remind them of upcoming tasks, show the most important tasks and time to complete them. The object of the study is time management of educational activities. The subject of the study is a time management system.

Keywords: time management systems, planning systems, time management system, self-organization platforms, planning information technologies.

МРНТИ 44.29.31

doi.org/10.48081/GRIN8217

***М. Я. Клецель[1], Б. Е. Машрапов[2], А. С. Барукин[3]**

[1, 2, 3]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНЫ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ, НЕ ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА

Отмечается, что замена трансформаторов тока на какие-то другие, менее металлоемкие и громоздкие, датчики тока является одной из актуальных задач в современной электроэнергетике. Упоминается, что в качестве таких датчиков тока могут быть использованы катушки Роговского, катушки индуктивности, магниторезисторы, датчики Холла, герконы и т.д. Кратко рассмотрены достоинства и недостатки некоторых из этих датчиков. Приведены описание конструкции герконов, их принцип действия и преимущества перед другими датчиками тока. Констатируется, что на основе получения информации о токе в фазе электроустановкыи от герконов уже разработаны принципы построения и устройства некоторых защит от коротких замыканий. Подробно рассмотрен измерительный орган полного сопротивления и описана его работа в режиме короткого замыкания и нагрузки. Предложено направленное реле сопротивления с простой схемой тестовой диагностики неисправности, которая состоит из кнопки, обмотки управления, надетой на пусковой геркон, двух промежуточных реле и блока регулировки тока в указанной обмотке. Представлена методика выбора параметров срабатывания направленного измерительного органа и описано его функционирование в различных режимах работы электроустановки.

Ключевые слова: дистанционная защита, измерительный орган, геркон, тестовая диагностика, реле сопротивления.

Введение

Дистанционные защиты нашли широкое применение для защиты линий электропередачи. При этом, как и подавляющее большинство устройств релейной защиты, например [1], они получают информацию о токе в фазе электроустановки от трансформаторов тока. Эти преобразователи тока, как

известно, обладают рядом недостатков: металлоемкость, большие габариты и вес, погрешности в переходных режимах, высокое напряжение на выводах вторичной обмотки при обрыве соединительных проводов и т.д. [2]. Из-за указанных недостатков неоднократно высказывались предложения по замене трансформаторов тока какими-то другими датчиками, а сама задача называлась одной из нерешенных в мировой энергетике [3]. В качестве таких датчиков предлагалось использовать катушку индуктивности [4], магнитные трансформаторы тока [5], катушку Роговского [6], датчик Холла [7], герконы [8], магнитотранзисторы [9] и т.д. Каждый из них имеет как достоинства, так и недостатки. Например, катушка индуктивности обладает высокой чувствительностью, напряжение на ее выводах не превышает безопасное. Однако из-за малой величины выходного сигнала для его передачи необходимы усилители, а сама передача осуществляется не по цепям управления, а по измерительным. Датчики Холла могут выдавать сигнал как в аналоговом виде, так и в дискретном, но нуждаются в стабильном питании, чувствительны к изменениям температуры и имеют большой разброс параметров в пределах одной партии. Поэтому судить о том, какой из них (или других) окажется более подходящим для нужд релейной защиты, можно будет только после завершения разработок и опыта эксплуатации.

Нами в качестве датчиков тока выбраны герконы, так как при их использовании передача сигнала осуществляется по цепям управления, они одновременно выполняют еще и функции аналого-цифрового преобразователя и реле, а также обладают другими преимуществами перед остальными магниточувствительными элементами, приведенными выше. Геркон представляет собой корпус (длина 0,5-5 см, диаметр 0,5-5,4 мм), выполненный из стекла, внутри которого расположены две или более контактные пластины. Они соприкасаются, коммутируя электрическую цепь, если индукция магнитного поля достигает индукции срабатывания геркона. На основе использования информации о токе в фазе электроустановки от геркона, уже разработаны принципы построения и схемы некоторых устройств релейной защиты. В данной работе рассмотрены измерительные органы на герконах для дистанционных защит.

Материалы и методы

Устройство [10] содержит геркон 1 с обмотками 2 и 3 и контактом 4, выпрямители 5 и 6, усилитель 7, блок отбора напряжения 8, конденсатор 9, логический блок 10.

Устройство работает следующим образом [10]. При протекании тока по фазе 11 защищаемой линии создается магнитная индукция, которая наводит электродвижущую силу в обмотке 2 геркона 1. Под действием электродвижущей силы в обмотке 2 начинает протекать ток, который

проходит через усилитель 7, конденсатор 9, выпрямитель 5 и подается в обмотку 3. С другой стороны в обмотку 3 поступает ток от блока отбора напряжения через выпрямитель 6. В режимах без короткого замыкания (КЗ) эти два тока равны, и в обмотке 3 протекает ток небаланса, не приводящий к срабатыванию геркона 1. В режиме КЗ ток, получаемый от блока отбора напряжения, уменьшается, так как уменьшается напряжение, создающее этот ток, а ток обмотки 2 увеличивается. Из-за этого увеличивается ток в обмотке 3. Если созданная им электродвижущая сила достаточна для срабатывании геркона 1, то происходит замыкание его контакта 4 и подается сигнал в логический блок 10 на отключение линии.

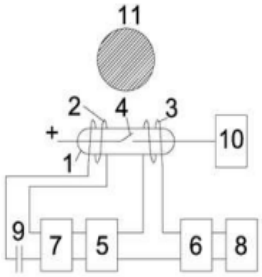


Рисунок 1 – Реле полного сопротивления

К схеме сравнения защиты линий от КЗ с устройством отбора напряжения подводятся два напряжения (сравнение осуществляется в обмотке 3): $U_1 = K_1 U_p$, $U_2 = K_4 I_p$, где K_1 и K_4 – коэффициенты, выбираемые из соображений несрабатывания защиты в режиме самозапуска; U_p – напряжение на выходе блока 8; I_p – ток в обмотке 2.

Условие начала срабатывания защиты имеет вид: $K_4 I_p = K_1 U_p$.

Разделив обе части равенства на $K_1 I_p$, найдем Z_p, при котором защита начнет действовать:

$$Z_p = Z_{cp} = \frac{|U_p|}{|I_p|} = \frac{K_4}{K_1} = |Z| = const \qquad (1)$$

Это выражение показывает, что предлагаемое устройство работает как дистанционная защита при сопротивлении $Z_p = Z_{cp}$. Величина Z_{cp} определяется отношением K_4 / K_1, которое можно рассматривать как

абсолютное значение сопротивления зоны. Следовательно, защита работает при любом Z_p, модуль которого равен $|Z|$, независимо от угла и знака, и имеет характеристику срабатывания в виде окружности с центром в начале координат и радиусом, равным $|Z| = K_4 / K_1$.

Результаты и обсуждение.

В тех случаях, когда необходим направленный измерительный орган, да еще и с повышенной надежностью, может быть использовано реле, представленное ниже. При этом для обеспечения высокой надежности его функционирования реализована простая тестовая диагностика.

Устройство содержит геркон 1 с обмотками 23 и 32 и контактом 16, геркон 2 с обмотками 24 и 33 и контактом 17, геркон 3 с обмотками 26 и 34 и контактом 18, геркон 4 с обмотками 27 и 35 и контактом 19, геркон 5 с обмоткой 25 и контактом 29, геркон 6 с обмоткой 45 и контактом 21, выпрямители 7 и 8, элементы ПАМЯТЬ 9 и 10, схему 15 сравнения фаз с информационными 11-14 и пусковым 22 входами, источник питания 20, измерительный трансформатор 28 напряжения, схемы 30 и 31 формирования, блок логики 36, промежуточное реле 38 с нормально замкнутыми контактами 37 и 42, промежуточное реле 39 с нормально разомкнутым контактом 44, кнопку 40, резистор 41, регулятор 43 тока с разделительным трансформатором на входе.

Устройство работает следующим образом. Осуществляется сравнение фаз двух специально сформированных величин:

$$\dot{A} = \dot{k}_1 \dot{U} + k_2 \dot{I}, \qquad (2)$$

$$\dot{C} = \dot{k}_3 \dot{U}, \; . \qquad (3)$$

где k^1, k^2, k^3– постоянные коэффициенты преобразования, формирующие заданную характеристику реле (k_2 – вещественное число);U – напряжение в месте установки реле; J – ток в контролируемой фазе электроустановки.

Величина А формируется с помощью герконов 1 и 2. Выходные сигналы (отсутствие напряжения в течение времени разомкнутого состояния контактов 16 и 17) герконов 1 и 2, несущих информацию о фазе положительной и отрицательной полуволн (+ А и – А) подаются на входы 11 и 12 схемы 15 сравнения фаз. Аналогично формируются сигналы (отсутствие напряжения в течение времени разомкнутого состояния контактов 18 и 19) + С на герконе 3 и –С на герконе 4 и подаются на входы 13 и 14 , соответственно.

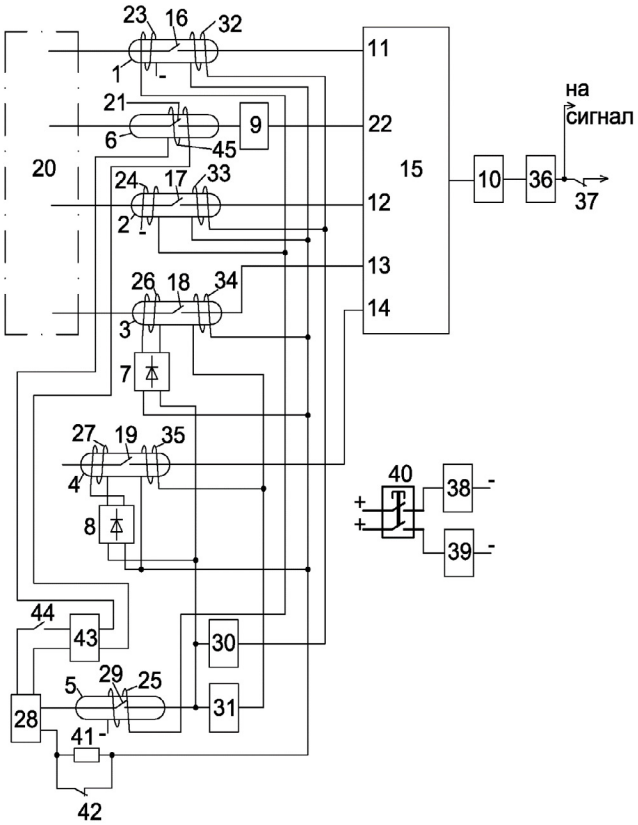


Рисунок 2 – Схема измерительного органа дистанционной защиты с тестовой диагностикой

Сравнение производится в каждую полуволну изменения А Фиксация полуволн (поляризация) осуществляется подачей постоянного тока в обмотки 23, 24, 26 и 27. Постоянный ток подается с помощью герконов 5 и 6 (пуск реле) только при увеличении тока в защищаемой электроустановки до значения 1,3 $I_{раб.max}$, где $I_{раб.max}$ – максимальный рабочий ток. Это сделано для того, чтобы не держать герконы 1-4 все время в сработанном состоянии. В схемах формирования 30 и 31 осуществляется поворот напряжения, подаваемого от трансформатора 28 напряжения на заданный угол и умножение на определенный коэффициент.

Герконы 1 и 2 установлены в магнитном поле тока одной из фаз электроустановки. В обмотки 32 (34) и 33 (35) от трансформатора 28 через

схему формирования 30 (31) подается напряжение $\dot{k}_1\dot{U}$ (k_3U), магнитный поток B_1^U (B_2^U) от тока в этих обмотках, складываясь с магнитным потоком B^I от тока фазы электроустановки, образует $\dot{A}(\dot{C})$.

Сравнение сформированных величин $\dot{A}$ и $\dot{C}$ осуществляется в схеме 15 сравнения фаз. При КЗ в защищаемой зоне на выходе схемы 15 появляется сигнал, который запоминается элементом 10 ПАМЯТЬ и передается в логическую часть 36 защиты, которая подает сигнал на отключение выключателя электроустановки.

Суммарная индукция B_Σ магнитного поля (МП), действующая на герконы 1 и 2, выражается формулой:

$$\dot{A} = B_\Sigma = B^I + B_1^U = k'_{КЗ} B^I_{раб.max} + k''_{КЗ} B^U_{раб.min}, \quad (4)$$

$$k'_{КЗ} = \frac{I_{КЗ}}{I_{раб.max}}, \quad (5)$$

$$k''_{КЗ} = \frac{U_{КЗ}}{U_{раб.min}} = \frac{I_{КЗ} Z_{КЗ}}{U_{раб.min}}, \quad (6)$$

$$I_{КЗ} = \frac{E_{ЭКВ}}{Z_{ЭКВ} + Z_{КЗ}}, \quad (7)$$

где $B^1_{раб.max}$ $B^u_{раб.mix}$ – индукция МП вдоль пластин геркона от амплитудных значений тока $I_{раб\ max}$ фазы электроустановки и тока в обмотках 32 и 33 при минимальном рабочем напряжении $U_{раб\ min}$ в месте установки реле, соответственно; $I_{КЗ}$, $U_{КЗ}$, $Z_{КЗ}$, – ток, напряжение и сопротивление КЗ в месте установки защиты, на которые реле должно реагировать; $E_{ЭКВ}$ – эквивалентная ЭДС генераторов, создающих ток $I_{КЗ}$, $Z_{ЭКВ}$; – сопротивление между ЭДС $E_{ЭКВ}$ и местом установки защиты.

Размыкание (замкнутых после срабатывания от воздействия постоянного тока в обмотках 23 и 24) контактов 16 и 17 герконов 1 и 2 происходит лишь в одну полуволну B_Σ при выполнении условия:

$$B_\Sigma > B_{П1} - B_B, \tag{8}$$

где $B_{П1}$ – индукция МП подмагничивания от постоянного тока в обмотках 23 и 24;B_B – индукция МП, при которой контакты 16, 17 и 21 герконов 1, 2 и 6 возвращаются в исходное положение.

Тогда величина индукции МП подмагничивания

$$B_{П1} \le \frac{B_{\Sigma min} + B_B}{k^I_{отс}}, \tag{9}$$

где $B_{\Sigma min}$ – минимально возможное по модулю значение B_Σ; $k^I_{отс}$; – коэффициент отстройки, $k^I_{отс} = 1{,}2 - 1{,}3$.

Для нахождения $B_{\Sigma min}$ преобразуем (4) с учетом (7) и коэффициентов преобразования

$$B_{\Sigma min} = \frac{I_{КЗ}}{I_{раб.max}} k_2 \sqrt{2} I_{раб.max} + \frac{I_{КЗ} Z_{КЗ}}{U_{раб.min}} k_1 \sqrt{2} U_{раб.min} = \tag{10}$$

$$= \sqrt{2} k_2 I_{КЗ} + \sqrt{2} k_1 I_{КЗ} Z_{КЗ} = \sqrt{2} E_{ЭКВ} \frac{k_2 + k_1 Z_{ЭКВ}}{Z_{ЭКВ} + Z_{КЗ}}$$

При дифференцировании (10) по ZКЗ получим

$$\frac{dB_\Sigma}{dZ_{КЗ}} = \sqrt{2} E_{ЭКВ} \frac{k_1 Z_{ЭКВ} - k_2}{(Z_{ЭКВ} + Z_{КЗ})^2}, \tag{11}$$

Откуда

$$\frac{dB_\Sigma}{dZ_{КЗ}} = 0 \text{ при } Z_{КЗ} = \infty. \tag{12}$$

Значит B_Σ равно $B_{\Sigma min}$ на одном из концов интервала

$$Z_{КЗ} = 0 + Z_{УСТ}, \tag{13}$$

где $Z_{УСТ}$ – сопротивление уставки реле сопротивления.

Возрастание или убывание B_1 зависит от знака выражения $k_1 Z_{ЭКВ} - k_2$. . Будем выбирать коэффициенты k_1 и k_2 так, чтобы выполнялось неравенство

$$k_1 Z_{ЭКВ} - k_2 > 0. \tag{14}$$

Тогда

$$B_\Sigma = B_{\Sigma min} = \sqrt{2} E_{ЭКВ} \frac{k_2 + k_1 Z_{УСТ}}{Z_{ЭКВ} + Z_{УСТ}} = \\ = \sqrt{2} I_{КЗ,УСТ} (k_2 + k_1 Z_{УСТ}), \tag{15}$$

где $I_{КЗ,УСТ}$ – ток при повреждении в конце защищаемой зоны (то есть при сопротивлении $Z_{уст}$).

Для обеспечения поляризации герконов 1 и 2 должно выполняться условие

$$B_{П1} > B_{СР}, \tag{16}$$

или

$$B_{П1} = k^{II}_{отс} B_{СР}, \tag{17}$$

где $B_{СР}$ – индукция МП, при которой контакты 16, 17 и 1 герконов 1, 2 и 6 замыкаются; $B_{П1 min}$ – минимальное значение $B_{П1}$; $k^{II}_{отс}$; – коэффициент отстройки, $k^{II}_{отс} = 1{,}2 - 1{,}3$. .

Магнитный поток $B_{П1}$ и ток $I_{П1}$ в обмотке связаны соотношением

$$I_{П1} = \frac{l}{w} B_{П1}, \qquad (18)$$

где w, l – число витков и длина катушки обмоток 23 и 24.

Таким образом, чтобы герконы 1 и 2 отпадали в соответствующие полуволны изменения А величина постоянного тока $I_{п1}$, подаваемого в обмотки 23 и 24, должна рассчитываться по (9), (15), (17) и (18), причем направление потоков от этих обмоток должно быть противоположным.

Для обеспечения несрабатывания герконов 1, 2 и 6 в режиме нагрузки и надежного возврата после отключения КЗ, пуска и самозапуска электродвигателей нагрузки должны выполняться неравенства

$$B_{CP} > B^{I}_{раб.max} + B_{помех}, \qquad (19)$$

$$B_{B} > B'_{помех}, \qquad (20)$$

где $B_{помех}$ – суммарная индукция МП помех (от токов в земле и соседних линий, МП Земли и т.п.); $B'_{помех}$ – постоянная составляющая $B_{помех}$ (определяется экспериментально).

Вводя коэффициенты отстройки k^{III}, учитывающий помехи и равный 1,3, и $k^{IV}_{отс}$, равный 1,1–1,2, получим

$$B_{CP} = k^{III}_{отс} B^{I}_{раб.max}, \qquad (21)$$

$$B_{B} = k^{IV}_{отс} B'_{помех}. \qquad (22)$$

Для того, чтобы герконы 3 и 4 фиксировали отрицательную и положительную полярности С, подводимого от трансформатора 28 через схему формирования 31, необходимо, чтобы

$$I_{П2} = (15 \div 30) I_{ср2}, \qquad (23)$$

$$I_{з} = (1{,}3 \div 2) I_{П2} = \frac{\dot{k}_1 \dot{U}}{Z_з}, \qquad (24)$$

где $I_{П2}$ – постоянный ток, подаваемый в обмотки 26 и 27 через выпрямители 7 и 8; $I_{ср2}$ – ток срабатывания герконов 3 и 4; $I_з$ – ток подаваемый в обмотки 34 и 35; $Z_з$ – сопротивление обмоток 34 и 35.

В режиме нагрузки защищаемой электроустановки постоянный ток в обмотки 23 и 24 герконов 1 и 2 и постоянное напряжение на обмотки 26 и 27 герконов 3 и 4, как и переменное напряжение на обмотки 32 и 33 герконов 1 и 2 и обмотки 34 и 35 герконов 3 и 4, не подается, так как геркон 6 в действие не приходит, и на входах схемы 15 сравнения фаз сигналов нет.

При КЗ в защищаемой зоне под действием магнитного потока, создаваемого током фазы электроустановки, срабатывает геркон 6, элемент ПАМЯТЬ 9 запоминает сигнал на 11 мс, чтобы на время отпадания контакта 21 геркона 6 между полуволнами переменного тока установки постоянный ток продолжал подаваться в цепи реле. На пусковом входе 22 схемы 15 появляется сигнал, а обмотки 23-25 герконов 1, 2 и 5 обтекаются постоянным током. Геркон 5 срабатывает и подает переменное напряжение через схемы 30 и 31 формирования на обмотки 26 и 27 герконов 3 и 4. При этом на входах 11 и 13, 12 и 14 схемы 15 сравнения фаз появляются величины, соотношение которых приводят к появлению сигналов на ее выходе и выходе элемента 10 ПАМЯТЬ.

При внешних КЗ, пуске и самозапуске электродвигателей, когда ток в электроустановке больше уставки срабатывания геркона 6, контакт 17 замыкается и происходит пуск реле. Но в этом случае сигнал на выходе реле не появляется, так как – или величины магнитных потоков в герконах 1 и 2 недостаточны для отпадания их контактов 16 и 17, то есть на выходах 11 и 12 схемы 15 отсутствует информация о фазе формируемой величины $\dot{A}$, или, если контакты 16 и 17 все же отпадут, то соотношение фаз сформированных величин $\dot{A}$ и $\dot{C}$ происходит каждую полуволну изменения $\dot{A}$, то время срабатывания устройства не будет превышать 0,021 с даже при установке на выходе электромеханического реле, например, поляризованного типа.

Диагностика неисправности устройства осуществляется следующим образом. При нажатии кнопки 40 срабатывает реле 38 и размыкает контакты 37 и 42. Размыкаясь контакт 42 вводит сопротивление 41 в схему, понижая напряжение от трансформатора 28, а контакт 37 разрывает цепь отключения выключателя электроустановки. Затем срабатывает реле 39 и замыкает контакт 44, подавая напряжение на обмотку 45 геркона 6 через блок регулировки 43 с разделительным трансформатором на входе. В результате обмотка 45 геркона 6 обтекается током, и он срабатывает, запуская схему

защиты. Далее схема работает как при КЗ. Если все ее элементы исправны, то логическая часть 36 выдает сигнал в цепь сигнализации, сообщая, что схема защиты исправна. На отключение выключателя электроустановки сигнал не подается, так как контакт 37 разомкнут. Отметим, что сложность выполнения и стоимость предложенного реле, как показали ориентировочные расчеты, по сравнению с существующими аналогичными примерно одинакова.

Как и в любых других защитах на основе герконов, в предлагаемой их необходимо располагать в определенных точках вблизи токоведущих фаз электроустановки. Для этого в некоторых случаях могут быть использованы конструкции, представленные в [11].

Выводы

Рассмотренные направленное и не направленное реле сопротивления могут быть использованы при построении дистанционной защиты, не нуждающейся в металлоемких трансформаторах тока. При этом их выполнение не сложнее, чем у аналогичных существующих. Кроме того, направленное реле обладает повышенной надежностью за счет наличия простой тестовой диагностики неисправностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М. : Высшая школа, 2006. – 639 с.

2 **Kletsel, M., Mashrapov, B.** Differential protection of three and four parallel lines of idling current control // Przeglad Elektrotechniczny, 2017. – vol. 93, № 10. – P. 109–112.

3 **Дьяков, А.Ф., Ишкин, В.Х., Мамиконянц, Л.Г., Семенов, В.А.** Электроэнергетика мира в начале XXI столетия (по матер. 39-й сессии СИГРЭ, Париж) // Энергетика за рубежом. – М. : ЗАО Научно-техническая фирма «Энергопрогресс», 2004. – Вып. 4–5. – 176 с.

4 **Kojović, L.A.** New Protection Schemes Based on Novel Current Sensors for Uцр-To-Date Grid // IET Conference Publications, 2013. – P. 10–13.

5 **Kojović, L.A.** Non-conventional instrument transformers for improved substation design // CIGRE Session 46, 2016.

6 **Nurmansah, A.P., Hidayat, S.** Design and testing PCB Rogowski-coil current sensor for high current application // 2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), Sanur, 2017. – P. 493–497.

7 Guan-Jie Huang, Nanming Chen, Kun-Long Chen Self-calibration method for coreless Hall effect current transformer // 2016 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM), Boston, MA, 2016. – P. 1–5.

8 **Karabanov, S. M., Maisels, R. M., Shoffa V. N.** Magnetically controlled contacts (reed switches) and reed switch based products. – Dolgoprudny : Intellect Publishing House, 2011. – 408 p.

9 **Гречухин, В.Н., Нуждин, В. Н., Глускина, В.В., Новожилов, И. А., Дмитриев, К. С.** Опыт разработки преобразователей тока в напряжение на магнитотранзисторах для устройств релейной защиты и измерения // Энергетик, 1997. – № 6. – С. 14–16.

10 **Клецель, М. Я., Масленников, А. Л.** Устройство для защиты от коротких замыканий линий с блоком отбора напряжения // Пат. 7250 РК МПК H02H 7/12; опубл. 15.02.1999.

11 **Kletsel, M., Barukin, A., Mashrapov, B.** Designs for Mounting Reed Switches in Vicinity of AC and DC Buses // Proc. of 2020 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), 2020. – P. 285–290.

REFERENCES

1 **Andreev, V. A.** Relejnaya zashchita i avtomatika sistem elektrosnabzheniya [Relay protection and automation of power supply systems]. – M. : Vysshaya shkola, 2006. – 639 p.

2 **Kletsel, M., Mashrapov, B.** Differential protection of three and four parallel lines of idling current control // Przeglad Elektrotechniczny, 2017. – vol. 93, № 10. – P. 109–112.

3 **Diakov, A. F, Ishkin, V. Kh, Mamikoniants, L. G, Semenov V. A.** Elektroenergetika mira v nachale XXI stoletiia (po mater 39-i sessii SIGRE Parizh) [Electric power industry of the world at the beginning of the XXI century (based on the materials of the 39th session of CIGRE, Paris)] // Energy Abroad. – M.: CJSC Scientific and technical firm «Energoprogress”, 2004. – Issue 4–5. – 176 p.

4 **Kojović, L. A.** New Protection Schemes Based on Novel Current Sensors for Uцр-To-Date Grid // IET Conference Publications, 2013. – P. 10-13.

5 **Kojović, L.A.** Non-conventional instrument transformers for improved substation design // CIGRE Session 46, 2016.

6 **Nurmansah, A. P., Hidayat, S.** Design and testing PCB Rogowski-coil current sensor for high current application // 2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), Sanur, 2017. – P. 493–497.

7 Guan-Jie Huang, Nanming Chen, Kun-Long Chen Self-calibration method for coreless Hall effect current transformer // 2016 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM), Boston, MA, 2016. – P. 1-5.

8 **Karabanov, S. M., Maisels, R.M., Shoffa V. N.** Magnetically controlled contacts (reed switches) and reed switch based products. – Dolgoprudny : Intellect Publishing House, 2011. – 408 p.

9 **Grechuhin, V. N., Nuzhdin, V. N., Gluskina, V. V., Novozhilov, I. A., Dmitriev, K. S.** Opyt razrabotki preobrazovatelej toka v napryazhenie na magnitotranzistorah dlya ustrojstv relejnoj zashchity i izmereniya [Experience in developing current-to-voltage converters based on magnetotransistors for relay protection and measurement devices] // Energetik, 1997. – № 6. – P. 14–16.

10 **Kletsel, M.Ya., Maslennikov, A. L.** Ustrojstvo dlya zashchity ot korotkih zamykanij linij s blokom otbora napryazheniya [Line short-circuit protection device with voltage tap] // Pat. 7250 RK IPC H02H 7/12; publ. 02/15/1999.

11 **Kletsel, M., Barukin, A., Mashrapov, B.** Designs for Mounting Reed Switches in Vicinity of AC and DC Buses // Proc. of 2020 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), 2020. – P. 285–290.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**М. Я. Клецель[1], Б. Е. Машрапов[2], А. С. Барукин[3]*
[1, 2, 3]Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ТОК ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫН ПАЙДАЛАНБАЙТЫН ҚАШЫҚТЫҚТЫ ҚОРҒАНЫСЫНА АРНАЛҒАН ӨЛШЕУ ОРГАНДАРЫ

Ток трансформаторларын басқа металды аз қажет ететін және көлемді ток датчиктеріне ауыстыру қазіргі электр энергетикасындағы өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Мұндай ток датчиктері ретінде Роговский катушкаларын, индуктивтілік катушкаларын, магнитті резисторларды, Холл датчиктерін, геркондарды және т.б. пайдалануға болады. Осы датчиктердің кейбіреуінің артықшылықтары мен кемшіліктері қысқаша қарастырылған. Геркондардың конструкциясыеын сипаттамасы, олардың жұмыс принципі және басқа ток датчиктерінен артықшылығы келтірілген. Электр қондырғысының фазасындағы ток туралы ақпаратты геркондардан алу негізінде қысқа тұйықталудан кейбір қорғаныстарды құру принциптері мен құрылғылары әзірленгені айтылады. Толық кедергінің өлшеу органы егжей-тегжейлі қарастырылып, оның қысқа тұйықталу және жүктеме режиміндегі жұмысы сипатталған. Ақаулықты диагностикалаудың қарапайым схемасы бар бағытталған кедергі релесі ұсынылған, ол батырмадан, іске қосу герконына орнатылған басқару орамасынан, екі аралық реледен және көрсетілген орамадағы токты реттеу блогынан тұрады. Бағытталған өлшеу органының іске қосу параметрлерін таңдау әдістемесі ұсынылған және оның электр қондырғысының әртүрлі жұмыс режимдерінде жұмыс істеуі сипатталған.

Кілтті сөздер: қашықтықты қорғау, өлшеу органы, геркон, сынақ диагностикасы, қарсылық релесі.

**M. Ya. Kletsel[1], B. E. Mashrapov[2], A. S. Barukin[3]*
[1, 2,3]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar
Material received on 13.03.23

MEASURING DEVICES FOR REMOTE PROTECTION NOT USING CURRENT TRANSFORMERS

It is noted that the replacement of current transformers with some other, less metal-intensive and bulky, current sensors is one of the urgent tasks in the modern electric power industry. It is mentioned that Rogowski coils, inductors, magnetoresistors, Hall sensors, reed switches, etc. can be used as such current sensors. The advantages and disadvantages of some of these sensors are briefly considered. A description of the design of reed switches, their principle of operation and advantages over other current sensors are given. It is stated that on the basis of obtaining information about the current in the phase of the electrical installation from the reed switches, the principles of construction and arrangement of some protection against short circuits have already been developed. The impedance measuring body is considered in detail and its operation in the short circuit and load modes is described. A directional resistance relay is proposed with a simple circuit for test diagnostics of a malfunction, which consists of a button, a control winding put on a starting reed switch, two intermediate relays and a current control unit in the indicated winding. A technique for selecting the operation parameters of a directional measuring body is presented and its operation in various operating modes of an electrical installation is described.

Keywords: remote protection, measuring device, reed switch, test diagnostics, resistance relay.

SRSTI 44.29.39

doi.org/10.48081/YIUH4401

I. K. Kurabayev[1], G. G. Tatkeyeva[2]
[1,2]S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Republic of Kazakhstan, Astana
dernaksi@gmail.com

APPROBATION OF THE DEVELOPED METHOD FOR DETERMINING NETWORK INSULATION PARAMETERS ON AN OPERATING EXCAVATOR

One of the factors that determine the safety of electrical installations in ungrounded AC systems is the insulation resistance to earth. Early recognition and fault clearance, accompanied by a change in the active and reactive components of the insulation conductivity in ungrounded AC systems, will ensure work safety in electrical installations. Due to the fact the scale of cases of electrical injuries continues to remain significant, despite the tightening of the requirements of regulatory and technical documentation and the creation of newer effective methods and protection equipment against electric shock, therefore, increasing the level of electrical safety in the operation of mining machines and complexes is an urgent task.

The article depicts the results of the approbation of the developed method for determining network insulation parameters on an operating excavator. The developed method is based on measuring phase voltages and angles of their vectors before and after connecting an additional capacitance to the phase of the electrical network and to the earth. According to the developed method, numerical data of the insulation condition in an electrical network with a voltage up to 1000 V and the single-phase earth fault current were calculated. During the approbation of the developed method, the lack of the existing protective residual current device was identified.

Keywords: network insulation, admittance, susceptance, neutral shift, zero-sequence voltage.

Introduction

Presently, a significant amount of information has been accumulated on the research of the insulation condition of mining electrical networks, which is reflected

in an increase in the level of electrical safety in open-cut mining [1–6]. However, these studies cannot serve as a standard for all types of quarries for reasons such as the location of quarries in different climatic zones, the number and capacity of electrical installations, and the length of power lines.

Due to the specific's mode of the quarry's electrical network, which is associated with the use of repeated short-term switching on energy-intensive motors, where the no-load currents rise in the shortest possible time to the latching currents [7–9]. All these oscillatory processes affect the deviations of the phase voltage values relative to the ground from the nominal values, thereby changing the zero-sequence voltage, which is directly dependent on the network insulation resistance.

Therefore, the purpose of this work was to determine the numerical parameters of insulation in an ungrounded open-pit mining electrical network by the developed method, which is described in the article [10].

Materials and methods

Approbation of the developed method on the operating excavators of «Bogatyr Coal» LLP with all auxiliary connected equipment made it possible to determine the actual data of the insulation condition.

The measurements of the network insulation parameters were carried out according to the methodology, compiled on the basis of the developed method [10], which consists of measurement data such as phase voltage – U_{A1},U_{A2}, zero-sequence voltage– U_N,U_{N1}, and angles of their vectors – α,α_1,φ,φ_1 before and after connected additional susceptance – B_0.

The measurement results are used to calculate:

– network insulation admittance

$$Y = \frac{b_0 U_{N1}\sqrt{U_{A1}^2 + U_N^2 - 2U_{A1}\,U_N cos(\varphi - \alpha)}}{U_{A2}U_N\,sin(\varphi_1 - \alpha_1) - U_{A1}U_{N1}\,sin(\varphi - \alpha)}; \quad (1)$$

– network insulation susceptance

$$B = \frac{B_0 U_{N1} U_{A1}\,sin(\varphi - \alpha)}{U_{A2}U_N\,sin(\varphi_1 - \alpha_1) - U_{A1}U_{N1}\,sin(\varphi - \alpha)}; \quad (2)$$

– network insulation conductance

$$G = \frac{B_0 U_{N1}(U_{A1}\,cos(\varphi - \alpha) - U_N)}{U_{A2}U_N\,sin(\varphi_1 - \alpha_1) - U_{A1}U_{N1}\,sin(\varphi - \alpha)}. \quad (3)$$

To perform phase voltage measurements, a «SATEC EDL175XR» power quality analyzer with an accuracy class of 0.2S was used, and a capacitance bank shown in Fig. 1 was used as an additional susceptance.

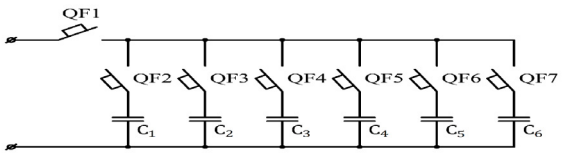


Figure 1 – Schematic diagram of a capacitor bank with KBG-MP type capacitors:
QF1÷QF7 – switchers; C1, C2 – 0,1 μF; C3, C4 – 2 μF; C5, C6 – 4 μF;

A capacitor bank is used to connect an additional susceptance to one of the phases of the electrical network and to the earth, while the capacitor connection circuit is made in a parallel scheme, which makes it possible, to sum up, the capacitances of the capacitors, thereby achieving the necessary change in phase voltages necessary for the accuracy of calculations [11].

Discussion of results

The oscillograms (Fig. 2, Fig. 3) clearly show the change in phase voltages before and after connecting an additional susceptance (0,2 μF capacitance was used) to phase «A» (yellow color) of the ballast quarry excavator EKG-5. At this time, there is an asymmetry of the phase voltages before the connection of additional susceptance. The connection of the power quality analyzer and the capacitor bank was carried out to the 0,4 kV buses after the incoming circuit breaker.

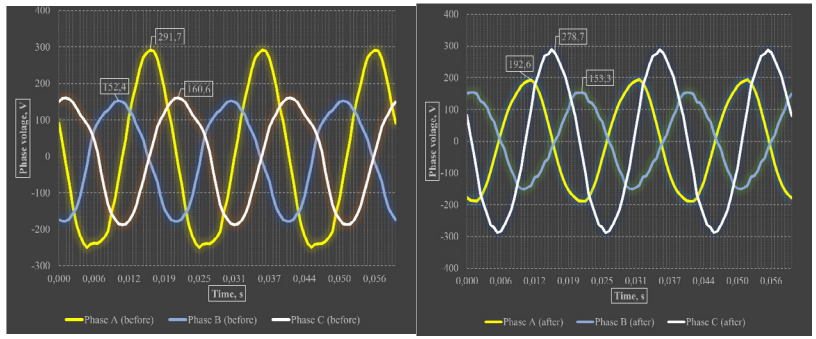


Figure 2 – Oscillograms of phase voltages before and after connecting additional susceptance on a ballast quarry excavator ECG-5

To calculate the network insulation conductance, susceptance and admittance of the ballast quarry excavator EKG-5, measurement data are used by the power quality analyzer before and after connecting additional susceptance according to the developed method, as well as test results evaluated using the small sampling method are shown in Table 1.

Table 1 – Network insulation parameters results

Network insulation parameters	Number of measurements								
	1	2	3	4	5	6	7	8	X (Average value)
$Y \cdot 10^{-5}$, Mho	8,56	8,55	8,55	8,44	8,50	8,51	7,80	7,29	8,28
$B \cdot 10^{-5}$, Mho	0,50	0,49	0,51	0,49	0,51	0,48	0,47	0,44	0,49
$G \cdot 10^{-5}$, Mho	8,55	8,54	8,53	8,43	8,48	8,50	7,78	7,28	8,26

The results of calculations by the developed method to determine the network insulation parameters in units of measurement “Ohm” and the single-phase earth fault current are summarized in Table 2.

Table 2 – Data on network insulation parameters and single-phase earth fault current

Z, Ohm	X, Ohm	R, Ohm	C, 10^{-3} μF	Io, mA
12084/	205634/	12105/	15,48/	10,92/

11679÷13715	195342÷226955	11698÷13740	14,03÷16,29	9,62÷11,3

In table 2, the numerator shows the average value, and the denominator shows the range of deviations during the operation of the excavator.

Based on the calculation, it can be concluded that the measurements of the network insulation parameters and the single-phase ground fault current variation are within small limits, and since the excavator's electrical network does not have long cable lines, the network capacitance has small values. The range of variation of the above values is due to voltage fluctuations [7].

To protect current-using equipment on the EKG-5 excavator, a residual current device of the «UAKI» type is used, which has limited operability due to the lack of extended cable lines, since the network insulation resistance mainly consists of the active resistance of the network. In addition, when upgrading electrical equipment at mining enterprises, electrical equipment with non-linear resistances is installed, which leads to the appearance of various harmonics that adversely affect the operation of the leakage relay [9].

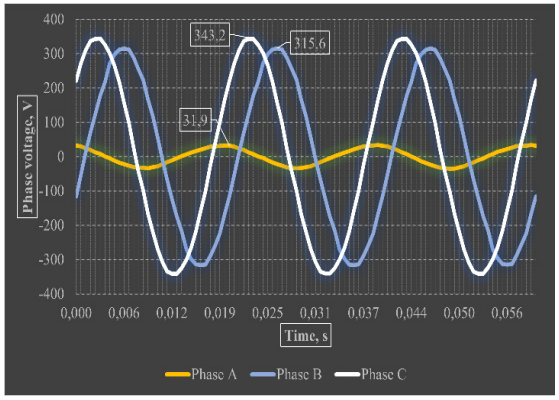


Figure 3 – Oscillogram of phase voltages on the ballast quarry excavator EKG-5when an additional capacitor with a capacity of 4 μF is connected

The test results showed that when an additional capacitor with a capacity of 4 μF is connected to the phase on the excavator, the phase voltage decreases to almost zero values, but the residual current device «UAKI» on the EKG-5 excavator did not malfunction. One of the possible reasons for the failure of residual current device is related to the tripping limit of protective devices, so according to GOST 31612-2012, the trip current of the residual current device for a voltage of 220 V is 22 mA, while the estimated current of a single-phase earth fault was 11 mA.

Due to the fact that the involved leakage relays on excavators do not function properly, which leads to non-compliance with safety requirements for the operation of current-using equipment in the mining industry, which means that there is a danger of electric shock to maintenance personnel, as well as failure of other current-using equipment. To eliminate the lack of functionality, enhancement is proposed for improvement of the effectiveness of leakage relays on excavators by increasing the capacitance of the phases relative to the earth, thereby increasing the magnitude of the single-phase earth fault current, which will exceed the tripping limit of the residual current device [7].

The enhancement to improve the efficiency of existing protective residual current device is illustrated by an electrical circuit (Fig. 4), consisting of: three phase ungrounded electrical network; input-switching device – QF1; current-using equipment; switcher designed for residual current device – QF2; protective residual current device – RCD; switcher to connect additional capacitors; susceptance of phase insulation , , ; conductance of phase insulation , , .

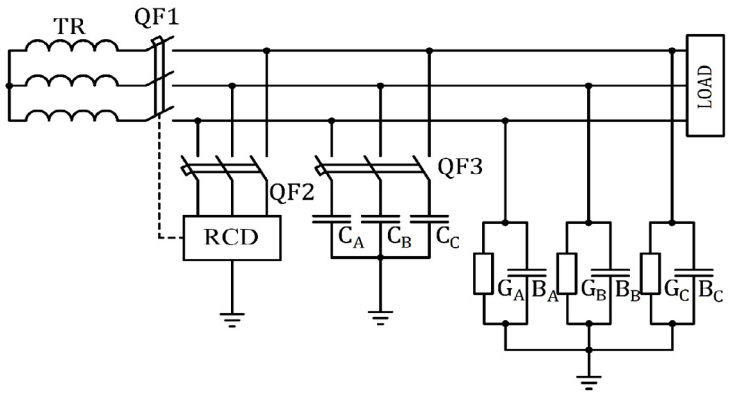


Figure 4 – Schematic diagram of residual current device on the excavator with voltage up to 1000V

To turn off the power to the excavator's current-using equipment, the single-phase ground fault current is exceeded above the tripping limit of the residual current device by switching the QF3 switcher, which connects additional capacitors for increase network admittance and thereby gives opportunity to turn off the QF1 switcher for the safety of operating personnel and current-using equipment.

Conclusion

Measurements are made without disturbing the normal operation of electrical installations, it means, without power cutting the operating voltage and turning off current-using equipment. The developed method eliminates the need for a direct connection to the earth of any phase, which ensures the safety of measurements and eliminates the possibility of emergency situations.

The application of this method belongs to the field of safety in the operation of electrical current-using equipment with voltage up to 1000 V and allows to determine the network insulation parameters with the achievement of simplicity, convenience and safety when performing measurements. The developed method does not require the creation of a prototype, since the measuring instruments and the connected additional capacitors are available from the engineering and technical workers of the enterprise. Approbation of the developed method have shown sufficient accuracy, speed and ease of measurement.

The results of approbation the ungrounded electrical network of the EKG-5 excavator clearly show the need for a further more detailed research of the insulation condition of electrical installations by constructing a 3D map of the distribution of network conductivity, taking into account the established quarry electrical equipment.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Kazhekin, I. E., Finko, S. P.** Influence of Non-Linear Load on Single-Phase Fault Current in Electrical Networks with Isolated Neutral // 2022 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon): 2022. – С. 330–335.

2 **Boboev, K., Sidorov, A., Davlatov, A.** Evaluation of Indirect Methods for Determining the Isolation Parameters of the Network Phases Relative to the Ground on a Computer Model // International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon): 2021. – С. 556–560.

3 **Fu, W., Xu, Y., Gao, Y. A** Study on Insulation Monitoring Technology of High-Voltage Cables in Underground Coal Mines Based on Decision Tree // Computational Intelligence and Neuroscience. – 2022. – DOI: 10.1155/2022/2247017.

4 **Wu, Z., Fang, M., Cai, J., Qian, W., Ji, Z.** Single-Phase Grounding Fault Identification Based on Transition Conductance Tracking Method // Mathematical Problems in Engineering. – 2022. – С. 15. – DOI: 10.1155/2022/1258565.

5 **Piesciorovsky, E. C., Morales Rodriguez, M. E.** Assessment of the Phase-to-Ground Fault Apparent Admittance Method with Phase/Ground Boundaries to Detect Types of Electrical Faults for Protective Relays Using Signature Library

and Simulated Events // International Transactions on Electrical Energy Systems. – 2022. – DOI: 10.1155/2022/1951836.

6 **Пичуев, А., Петуров, В.** Анализ причин электротравматизма на горных предприятиях // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2016. – Т. 1. – С. 637–641.

7 **Utegulov, B.** Special Issues of Ensuring Electrical Safety in Networks with Isolated Neutral Voltage up to 1000 V at Mining Enterprises / B. Utegulov // Industrial Engineering – Rijeka: IntechOpen, 2018.

8 **Fedorova S. V., Utegulov B. B., Utegulov A. B., Koshkin I. V., Kurabayev I. K.** Experimental studies of a developed method for determining the insulation parameters in a network with isolated neutral voltage up to 1000 V // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agro Technical University. – 2019. – Т. 1.

9 **Utegulov, B. B., Utegulov, A. B., Uakhitova, A. B.** Modeling method for measuring the admittance of insulation in a network with an isolated neutral voltage up to 1000 V in mines using Matlab/Simulink / B. B. Utegulov, A. B. Utegulov, A. B. Uakhitova // Journal of Mining Science. – 2017. – Т. 53, № 2. – С. 282–290. – DOI: 10.1134/S1062739117022128.

10 **Kurabayev, I., Suvorov, I., Utegulov, A., Tatkeyeva, G.** Mathematical description of the method for ungrounded AC systems to determine the network insulation // IET Generation, Transmission & Distribution. – 2022. – Т. 16, № 11. – С. 2223–2227. – DOI: https://doi.org/10.1049/gtd2.12436.

11 **Tatkeyeva, G., Kurabayev, I., Ataullaev, N., Murodov, X.** Experimental research of the developed method to determine the network insulation for ungrounded AC systems in laboratory conditions // International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET): 2022. – С. 1–4.

REFERENCES

1 **Kazhekin, I. E., Finko, S. P.** Influence of Non-Linear Load on Single-Phase Fault Current in Electrical Networks with Isolated Neutral // 2022 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon): 2022. – P. 330–335.

2 **Boboev, K., Sidorov, A., Davlatov, A**. Evaluation of Indirect Methods for Determining the Isolation Parameters of the Network Phases Relative to the Ground on a Computer Model // International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon): 2021. – P. 556–560.

3 **Fu, W., Xu, Y., Gao, Y. A** Study on Insulation Monitoring Technology of High-Voltage Cables in Underground Coal Mines Based on Decision Tree // Computational Intelligence and Neuroscience. – 2022. – DOI: 10.1155/2022/2247017.

4 **Wu, Z., Fang, M., Cai, J., Qian, W., Ji, Z.** Single-Phase Grounding Fault Identification Based on Transition Conductance Tracking Method // Mathematical Problems in Engineering. – 2022. – P. 15. – DOI: 10.1155/2022/1258565.

5 **Piesciorovsky, E. C., Morales Rodriguez, M. E.** Assessment of the Phase-to-Ground Fault Apparent Admittance Method with Phase/Ground Boundaries to Detect Types of Electrical Faults for Protective Relays Using Signature Library and Simulated Events // International Transactions on Electrical Energy Systems. – 2022. – P. 1951836. – DOI: 10.1155/2022/1951836.

6 **Pichuev, A., Peturov, V.** Analiz prichin jelektrotravmatizma na gornyh predprijatijah [Analysis of the causes of electrical injuries at mining enterprises] // Transport infrastructure of the Siberian region. – 2016. – Vol. 1. – P. 637–641.

7 **Utegulov, B.** Special Issues of Ensuring Electrical Safety in Networks with Isolated Neutral Voltage up to 1000 V at Mining Enterprises / B. Utegulov // Industrial Engineering / ed. A. A. Mokhtar, M. Muhammad. – Rijeka: IntechOpen, 2018.

8 **Fedorova S. V., Utegulov B. B., Utegulov A. B., Koshkin I. V., Kurabayev I. K.** Experimental studies of a developed method for determining the insulation parameters in a network with isolated neutral voltage up to 1000 V // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agro Technical University. – 2019. – Vol. 1.

9 **Utegulov, B. B., Utegulov, A. B., Uakhitova, A. B.** Modeling method for measuring the admittance of insulation in a network with an isolated neutral voltage up to 1000 V in mines using Matlab/Simulink / B. B. Utegulov, A. B. Utegulov, A. B. Uakhitova // Journal of Mining Science. – 2017. – Vol. 53, N 2. – P. 282–290. – DOI: 10.1134/S1062739117022128.

10 **Kurabayev, I., Suvorov, I., Utegulov, A., Tatkeyeva, G.** Mathematical description of the method for ungrounded AC systems to determine the network insulation // IET Generation, Transmission & Distribution. – 2022. – Vol. 16, N 11. – P. 2223–2227. – DOI: https://doi.org/10.1049/gtd2.12436.

11 **Tatkeyeva, G., Kurabayev, I., Ataullaev, N., Murodov, X.** Experimental research of the developed method to determine the network insulation for ungrounded AC systems in laboratory conditions // International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET): 2022. – P. 1–4.

Material received on 13.03.23

**И. К. Курабаев1, Г. Г. Таткеева2*
[1,2]Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Астана
Материал поступил в редакцию 13.03.23.

АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ СЕТИ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ЭКСКАВАТОРЕ

Одним из факторов, определяющих безопасность электроустановок в электрических сетях с изолированной нейтралью, является сопротивление изоляции относительно земли. Своевременное обнаружение и устранение неисправностей, сопровождающихся изменением активной и реактивной составляющих проводимости изоляции в электрических сетях с изолированной нейтралью, позволит обеспечить безопасность работ в электроустановках. В связи с тем, что масштабы случаев электротравматизма продолжают оставаться значительными, несмотря на ужесточение требований нормативно-технической документации и создание более новых эффективных способов и средств защиты от поражения электрическим током, следовательно, повышение уровня электробезопасности в эксплуатация горных машин и комплексов является актуальной задачей.

В статье представлены результаты апробации разработанного метода определения параметров изоляции сети на действующем экскаваторе. Разработанный метод основан на измерении фазных напряжений и углов их векторов до и после подключения дополнительной емкости к фазе электрической сети и к земле. По разработанному методу рассчитаны численные показатели состояния изоляции в электрической сети напряжением до 1000 В и тока однофазного замыкания на землю. При апробации разработанного метода был выявлен недостаток существующего устройства защитного отключения.

Ключевые слова: изоляция сети, проводимость, электрическая проводимость, сдвиг нейтрали, напряжение нулевой последовательности.

**И. К. Қорабаев[1], Г. Г. Таткеева[2]*
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ЖҰМЫС КЕЗІНДЕГІ ЭКСКАВАТОРДА ЖЕЛІЛІК ОҚҚАУ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ ҮШІН ӘЗІРЛЕГЕН ӘДІСТЕМЕЛІКТІ АПРАБАБАЦИЯЛАУ

Оқшауланған бейтарапты электр желілеріндегі электр қондырғыларының қауіпсіздігін анықтайтын факторлардың бірі жерге қатысты оқшаулау кедергісі болып табылады. Оқшауланған бейтарапты электр желілеріндегі оқшаулау өткізгіштігінің белсенді және реактивті компоненттерінің өзгеруімен жүретін ақауларды уақтылы анықтау және жою электр қондырғыларындағы жұмыстардың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Нормативтік-техникалық құжаттама талаптарының қатайтылуына және электр тогының соғуынан қорғаудың жаңа тиімді әдістері мен құралдарының жасалуына қарамастан, электр жарақаттары жағдайларының ауқымы айтарлықтай болып қалуына байланысты, сондықтан электр тогымен зақымдану деңгейін арттыру. тау-кен машиналары мен кешендерін пайдаланудағы қауіпсіздікті қамтамасыз ету кезек күттірмейтін міндет.

Мақалада жұмыс істеп тұрған экскаватордағы желілік оқшаулау параметрлерін анықтаудың әзірленген әдісін апробациялау нәтижелері берілген. Әзірленген әдіс электр желісінің фазасына және жерге қосымша сыйымдылықты қосқанға дейін және одан кейінгі фазалық кернеулер мен олардың векторларының бұрыштарын өлшеуге негізделген. Әзірленген әдіске сәйкес кернеуі 1000 В-қа дейінгі және бір фазалы жерге тұйықталу тогы бар электр желісіндегі оқшаулау күйінің сандық көрсеткіштері есептеледі. Әзірленген әдісті сынау кезінде қолданыстағы қорғаныс өшіру құрылғысының кемшілігі анықталды.

Кілтті сөздер: желі оқшаулауы, өткізгіштік, электр өткізгіштік, бейтарап ығысу, нөлдік тізбекті кернеу.

ҒТАМР 49.37.29

doi.org/10.48081/HSEY4196

Р. Т. Қасым[1], Б. Тұрдыбек[2], А. Т. Жетписбаева[3], А. Ж. Ерденов[2], Т. Г. Сериков[2]

[1,2]Логистика және көлік академиясы, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.,
[1,2,3,4,5]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.

КЕҢ ЖОЛАҚТЫ СЫМСЫЗ ЧИПАРАЛЫҚ БАЙЛАНЫС АРНАСЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЖАҚСАРТУ ҮШІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ҚҰРУ

Ғаламтор заттары мен ақпараттық революцияның пайда болуымен жоғары өнімді есептеу жүйелеріне сұраныс артып келеді. Есептеу чиптеріндегі өзара мысты байланыстар компьютерлік желілер сияқты маршрутизаторлардан, коммутаторлардан, қайталағыштардан тұратын network on chip (NoC) деп аталатын күрделі өзара байланыс желісіне айналды. Чиптегі желі жоғары өнімді есептеу жүйелеріне арналған көп ядролы көп чипті жүйелер сияқты кең ауқымда жүзеге асырылған кезде, өзара байланыс ұзындығы артады, сонымен қатар қуатты тарату, өзара байланыстың кешігуі, сағатты синхрондау және электрлік кедергілер сияқты мәселелер туындайды. Бұл мақалада, сымсыз өзара байланыстар сымды өзара мысты байланыстарын ауыстыру ретінде таңдалады. Кері дискретті Фурье түрлендіруін қолдана отырып, жиілік аймағының деректерін уақыт аймағына түрлендіру үшін уақыт аймағының ажыратымдылығын екі есе арттырудың жаңа әдісі ұсынылды. Жолдағы шығындар коэффициенті жабық жағдай үшін 1,607-ге тең екендігі анықталды, ал энергия шағын масштабта логикалық үлестіруден кейін жүреді. Практикалық жағдайларды талдау негізінде арналардың модельдері жасалады және модельденеді. Сымсыз өзара байланыстар CMOS өндірісімен және чиптерді ораумен оңай интеграцияны қамтамасыз етеді. Миллиметрлік толқындардың лицензияланбаған диапазонында (57–64 ГГц) жұмыс істейтін сымсыз қосылымдарды қолдана отырып, жоғары жылдамдығына (Гбит/с) қол жеткізу шешімдері ұсынылады.

Кілтті сөздер: талшықты-оптикалық жүйе, интерфейс, нано антенна, математикалық модель, сымсыз чипаралық байланыс.

Кіріспе

Чиптің ішінде немесе чиптер арасында сымсыз қосылыстарды жүзеге асыратын сымсыз чип желісі (WCAN) сымсыз байланыстың дамуының жаңа бағыты болып табылады. WCAN-да бірегей ішкі және чип аралық сымсыз арналар бар. Бұл мақала компьютерлік корпустардағы чиптер арасындағы сымсыз байланыс арналарын түсінуге бағытталған. Алғаш рет зертханалық жұмыс үстеліндегі компьютер корпусының ішіндегі жиілік аймағында жүргізілген өлшеулер негізінде Чип аралық сымсыз байланыс арнасы сипатталады.

Кері дискретті Фурье түрлендіруін қолдана отырып, жиілік аймағының деректерін уақыт аймағына түрлендіру үшін уақыт аймағының ажыратымдылығын екі есе арттырудың жаңа әдісі ұсынылды. Жолдағы шығындар коэффициенті жабық жағдай үшін 1,607-ге тең екендігі анықталды, ал энергия шағын масштабта логикалық үлестіруден кейін жүреді. Практикалық жағдайларды талдау негізінде арналардың модельдері жасалады және модельденеді.

Intel зерттеушісі 1995 жылы жоғары өнімді есептеу жүйелерін тиімді енгізу металл өзара байланыстарға байланысты екенін атап өтті. Өзара байланыс металының шектеулерін ескере отырып, 2002 жылы компьютерлік желілерге негізделген өзара байланыс желілерін жүзеге асыратын жаңа өзара байланыс жүйесі ұсынылды. Коммутаторлар, маршрутизаторлар, хабтар және басқа желілік құрылғылар чипте Network-on-Chips (NoC) технологиясын қолдау үшін жасалған [3].

Деректерді берудің бірнеше ауысулары бар желілердегі ұзын мыс өзара байланыстары жоғары кідіріске және қуаттың жоғалуына әкеледі [5]. Сигналдың ұзақ қашықтыққа өтуіне мүмкіндік беру үшін қайталағыштар немесе буферлер енгізіледі, бұл өзара байланыс арасындағы кідірісті одан әрі арттырады. Сонымен қатар, чипте қайталағыштар есептеу құрылғыларына қарағанда көбірек орын алады [6].

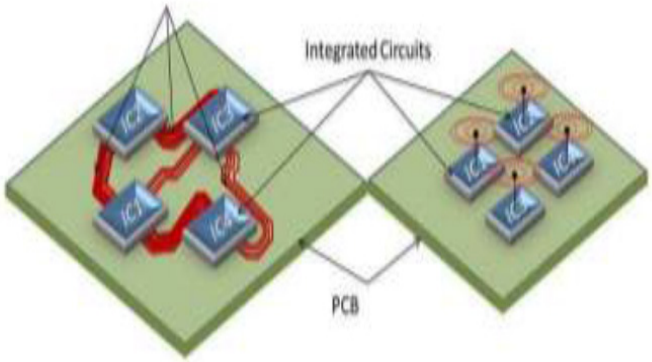
Екінші жағынан, соңғы жылдары радиожиілік қосылыстары бойынша бірнеше зерттеулер жүргізілді [1, 2]. Жақында чиптегі желі (NoC) тұжырымдамасы пайда болды. Бұл желілік тәсіл тізбектер арасындағы сенімді байланыстарды қамтамасыз етеді. Қазіргі уақытта «NoC сымсыз қосылымы» [3] тұжырымдамасы қарастырылуда және біз оны интегралды микросхемалар арасындағы радиобайланысты қолданатын жағдайына бейімдеуді ұсынамыз. 1-ші суретте, біз бір схемада әртүрлі интегралды схемалар арасында байланыс орнатуға мүмкіндік беретін желіге сымды

және «сымсыз» тәсілдерді салыстыруды бейнелейтін схемалық көрініс ұсынамыз. Мысалы, ic1-ic4 схемалары сымды қосылыстарды қолданбай бір-бірімен әрекеттесе алады. UWB (ультра кең жолақты) байланысына байланысты FDMA (жиілікті бөлуге бірнеше қол жетімділік) немесе CDMA (кодты бөлуге бірнеше қол жетімділік) сияқты бірнеше қол жетімділік технологияларын қолдану қажет және үлкен өткізу қабілеттілігі антенналары мен трансиверлерін білдіреді [9].

Материалдар мен әдістер

Чипті мультипроцессорлардың пайда болуымен болашақ көп ядролы жүйелердің деректер жылдамдығына қойылатын талаптарды қанағаттандыру үшін энергияны үнемдейтін байланыс құрылымы қажет. «Чиптегі желі» (NoC) парадигмасы масштабталатын ядроаралық байланысты қамтамасыз ету үшін стандартты байланыс инфрақұрылымына айналуда. Алайда, зерттеулер көрсеткендей, металл байланыстары жоғары кідірісті тудырады және NoC архитектурасында артық энергияны тұтынады. Сияқты жаңа технологиялар кіріктірілген сымсыз қосылыстар дәстүрлі металл NoCs қуаты мен өткізу қабілеттілігі мәселелерін жеңілдетуі мүмкін [8].

Бұл мақалада біз WNoC-ты энергияны үнемдейтін сымсыз трансиверлерді пайдаланатын және әртүрлі ядролардың өткізу қабілеттілігіне қойылатын талаптарға жауап ретінде арналарды динамикалық қайта құру арқылы желінің өткізу қабілетін жақсартатын масштабталатын, бейімделетін сымсыз желі архитектурасы ретінде қарастырамыз. Жұмыс уақытында желімізде осындай бейімделуді жүзеге асыру үшін біз токенмен бірге фондық режимде жұмыс істейтін бейімделетін алгоритмді ұсынамыз ортақ пайдалану схемасы сымсыз өткізу қабілеттілігін толық және тиімді пайдалану үшін. Бірде-бір сымсыз NoC дизайны заманауи технологияларды қолдана отырып толық енгізілмегендіктен, біз соңғы технологияларды қолдана отырып, энергияны үнемдейтін сымсыз трансиверлерді дамытудың технологиялық тенденцияларын сипаттаймыз [10].



Сурет 1 – Тақтадағы классикалық желіні және тақтадағы сымсыз желіні (WNoC) салыстыратын архитектуралар [11]

Сымсыз байланыс-бұл жоғары өткізу қабілеттілігі мен төмен кідірісті қамтамасыз ете отырып, энергияны үнемдейтін байланысты қамтамасыз ете алатын әлеуетті шешім [9].

Сымсыз қосылыстардың бірегей артықшылықтары:

1) бір ауысымда ұзақ мерзімді байланыс үшін жоғары энергия тиімділігі;

2) толқын өткізгіштері немесе сымдары бар жүйелермен салыстырғанда күрделілігі аз және;

3) металл-оксид жартылай өткізгіш (МОЖӨ) сымсыз технологиясының қосымша конструкцияларымен үйлесімділік

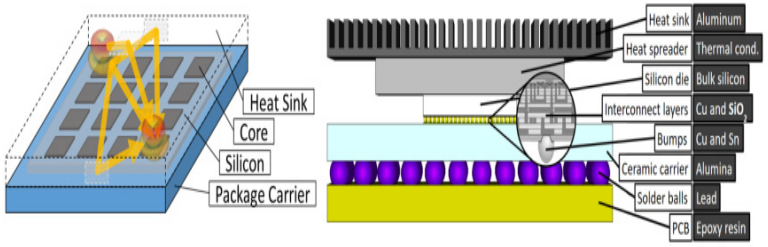
Сымсыз қосылымдар чиптің деректерін бір төмен қуат ауысуында тасымалдау үшін пайдаланылуы мүмкін. Алдыңғы кіріктірілген сымсыз / радиожиілік технологиялары 0,33 Дж/бит [2], 1 Дж/бит [3], [4], 1,2 Дж/бит [5] және 4,5 Дж/бит [7] бағалау энергиясын көрсетті. Екінші жағынан, сымды өзара байланыстар чип арқылы беру үшін шамамен 3,2 ПДж/бит энергияға ие болуы мүмкін. Сонымен қатар, сымды өзара байланыстар көбінесе бірнеше аралық маршрутизаторларды қажет етеді кідірісті, сондай-ақ энергия шығынын арттырады. Сымсыз тасымалдау үшін толқын өткізгіштер мен сымдар қажет емес, бұл үстеме шығын аймағын және чиптің дизайнының күрделілігін азайтады. Сонымен қатар, сымсыз технология сымсыз желілерде, ұялы телефондарда және т.б. қолданыстағы қосымшалармен байланыстың таныс түрі болып табылады.

Сымсыз NoCs (WNoCs) салыстырмалы түрде жаңа сала болып табылады және алдыңғы жұмыстардың ешқайсысы NOC сымсыз байланысын толық

жүзеге асырған жоқ трансивер, архитектураны жобалау, сымсыз арнаны модельдеу және трансиверлерді енгізу кезінде бірнеше маңызды мәселелер бар (сурет 2). Архитектура деңгейінде мұндай қысқа сымсыз байланыс желілері деректердің қашықтыққа қарамастан бір сағат ішінде чип арқылы таралуына мүмкіндік береді. Ең дұрысы, желінің энергия тиімділігі мен жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін чиптегі барлық байланыс сымсыз болуы керек. Дегенмен, сымсыз жиіліктердің шектеулі спектрінде пайдалануды азайту кезінде сымсыз арнаны барынша пайдалану маңызды болады. барлық кіріктірілген коммуникациялар үшін сымсыз арналар [5].

WNoC чипіндегі сымсыз желі әдетте сымды ұйқы режиміне сымсыз ішкі кристалды қосылымдарды енгізуді білдіреді. Сымсыз интерфейске кіретін, топтастырылған, модуляцияланған және антенна шығаратын пакет, біз 1-суретте көріп отырғанымыздай, радиотолқындар белгіленген бағыттарға жеткенше, сондай-ақ олар демодуляцияланған және топтастырылмаған пакетте болғанша жарық жылдамдығымен пакет арқылы беріледі.

Чиптің құрылымы және антеннаның орналасуы: стандартты чиптің стандартты қимасы оқшаулағышпен бөлінген және кремний субстратының үстіне қойылған 5-10 қабатты металл пакеттен тұрады. Содан кейін чиптер әдетте механикалық қорғауды қамтамасыз ететін және оларды басқа компоненттермен жұптастыруды жеңілдететін қаптамамен жабылады. Чипке бұралып, дәнекерлеу арқылы қосылатын жиналмалы чипсет пакеттері қазіргі уақытта кең таралған және сымды қосылымды қалайды. 2-суретте көрсетілгендей, чип жылу қабылдағышпен жанасатын металл радиатормен және үстінде бірнеше металл қабаттары бар орауыш тасымалдаушымен қоршалған.



Сурет 2 – Компьютер пакетінің ішіндегі сымсыз тарату (сол жақта) және жиналмалы чипі бар пакеттің әдеттегі көлденең қимасы (оң жақта)

Жиналмалы чип пакеті антенналар үшін көп орын қалдырмайды. Байланыстырушы түтіктердің болуына байланысты антенналарды енді бірінші металл қабатында енгізу мүмкін емес. Сонымен қатар, дизайнерлер

тік жалғыз өрістерді жүзеге асыру үшін кремнийге жақын металл қабаттарын қолдануға немесе TSV арқылы кремнийді бұрғылауға мәжбүр. Аймақтың өте қатаң шектеулеріне байланысты, сирек жағдайларды қоспағанда, бағытталған антенналар мен mimo торларына тыйым салынады.

Жиілік аймағындағы талдау. Толқындық шешуші өрістің таралуын, антеннаның пайда болуын және жиілік аймағындағы антенналар арасындағы байланысты алуға мүмкіндік береді. Содан кейін арнасының жиілік реакциясы антенналардың әр жұбы үшін келесідей бағаланады.

$$G_i G_j |H_{ij}(f)|^2 = \frac{|S_{ij}(f)|^2}{(1-|S_{ii}(f)|^2 \cdot |S_{jj}(f)|^2}, \quad (1)$$

мұндағы G_i және G_j – таратқыш пен қабылдағыш антеннасының күшейту коэффициенттері, S_{ji} – i таратқыш пен j қабылдағыш арасындағы байланыс, ал S_i және S_j – екі ұшындағы шағылысу коэффициенттері [12]. H жиілік сипаттамаларының барлық матрицасы алынғаннан кейін, d қашықтықтағы әлсіреуді реттеу арқылы трактаттағы шығындарды талдауға болады

$$L = 10n \cdot log_{10}(d/d_0) + L_0, \quad (2)$$

мұндағы L_0 – тірек қашықтықтағы жолдағы шығындар, d_0 ал n - жолдағы шығындар көрсеткіші [11]. Жолдағы шығындар коэффициенті бос кеңістікте шамамен 2, басқарылатын немесе жабық құрылымдарда 2-ден төмен және шығынды ортада 2-ден жоғары. Арнадағы шығындар трансивердің қуат тұтынуын анықтау үшін өте маңызды болғандықтан ((V бөлімді қараңыз), біз ең нашар жағдайда максималды мән, AVG орташа мәні және N жолындағы шығын көрсеткіші бойынша жақсартулар туралы хабарлаймыз.

Уақыт аймағын талдау. Уақыт аймағында электромагниттік кедергілерді шешуші таратқыш антеннаның кірісінде x(t) кіріс қозуын анықтауға мүмкіндік береді. Біз антенналарда y(t) шығыс сигналын аламыз, оның ішінде таратқыш, сондықтан таратқыш пен j қабылдағышы арасындағы импульстік реакциясын классикалық тұжырымдау арқылы алуға болады.

$$y_j(t) = y_j(t) * y_{ij}(t), \quad (3)$$

мұндағы * конволюция операторын білдіреді. Есептеуден кейін қуаттың кешігу профилін (ҚКП) келесідей бағалау оңай

$$P_{ij}(\tau)|^2 = |h_{jj}(t,\tau)|^2, \quad (4)$$

демек, біз ҚКП P функциясының матрицасын аламыз, арнаның көп сәулелі қанықтылығын сипаттау үшін біз әр ҚКП-дің кідіріс дисперсиясының аламыз

$$\tau_{rms}^{(i,j)} = \sqrt{\frac{\int (\tau - \overline{\tau_{i,j}})^2 P_{ij}(\tau) d\tau}{\int P_{ij}(\tau) d\tau}}, \quad (5)$$

мұндағы $\overline{\tau_{i,j}} = \frac{\int \tau P_{ij}(\tau) d\tau}{\int P_{ij}(\tau) d\tau}$, , арнаның орташа кідірісі.

Бұл жұмыста біз барлық сымсыз арналар таратылады деп болжаймыз, сондықтан олар барлық түйіндерде дұрыс декодтауды қамтамасыз ете отырып, ең төменгі жылдамдықта жұмыс істеуі керек. Нәтижесінде біз кідірістердің ең нашар таралуын шекті жағдай ретінде қабылдаймыз және оны когеренттік өткізу қабілеттілігін келесідей бағалау үшін қолданамыз

$$\tau_{rms} = \max_{i,j \neq i} \tau_{rms}{}_{rms}^{(i,j)} \Rightarrow B_c = \frac{1}{\tau_{rms}}, \quad (6)$$

Арналарды жобалау. Біздің әдістеме пайдалылық көрсеткішін немесе біз барынша арттыруға тырысатын жарамдылық функциясын анықтайды. Мақсат жолдағы шығындар мен кідірістердің таралуын азайту болғандықтан, фитнес функциясы келесідей болады.

$$\phi_\omega = \frac{1}{PL^\omega DS^{1-\omega}}, \quad (7)$$

берілген w үшін біз өндіруші немесе сәулетші белгілеген шектерде жарамдылық функциясын барынша арттыратын T_s T_h және f_s мәндерін табамыз. Бұл жұмыста біз үш негізгі дизайн параметрін қарастырғанымызбен, оңтайландыру антеннаны орналастыру, чиптің бүйірлік өлшемдері немесе қосымша материалдарды таңдау сияқты кез келген басқа дизайн шешіміне таралуы мүмкін екенін ескеріңіз.

Оңтайландыру мәселесін шешу үшін алдымен $\{T_s, T_h, f_s\}$ әрбір комбинациясы үшін φ_w алу үшін қажет толық толқынды модельдеу өте жоғары есептеу шығындарын қажет ететінін атап өткен жөн, әсіресе f_s ұлғайған сайын, бұл жан-жақты іздеуді практикалық емес етеді. Сонымен қатар, жолдағы шығындар мен дисперсия $\{T_s, T_h, f_s\}$ монотонды емес жолдармен байланысты және көбінесе қарама-қарсы тенденцияларды көрсетеді. Бұл φ_w функциясында жергілікті шыңдарды жасайды, осылайша жергілікті максимумдарда тұрып қалуға бейім градиент негізіндегі төбеге көтерілу сияқты әдістерді тастайды. Балама жергілікті шыңдардан аулақ болу және біртіндеп жаһандық оптимумға жақындау үшін ықтималдық әдісін қолданатын имитацияланған күйдіру (ИК) болуы мүмкін. ИК басқа электромагниттік есептерде қолданылған [7], [8] және кеңінен танымал, сондықтан қысқаша айтқанда, біз оның орындалуын егжей-тегжейлі сипаттамаймыз. Біз жай ғана арна сипаттамасының нәтижелері ИК-ны жаһандық оптимумдарға жылдам жақындату үшін тиісті эвристиканы (мысалы, үміткерлерді құру, салқындату кестесі) шығаруға көмектесетінін атап өтеміз.

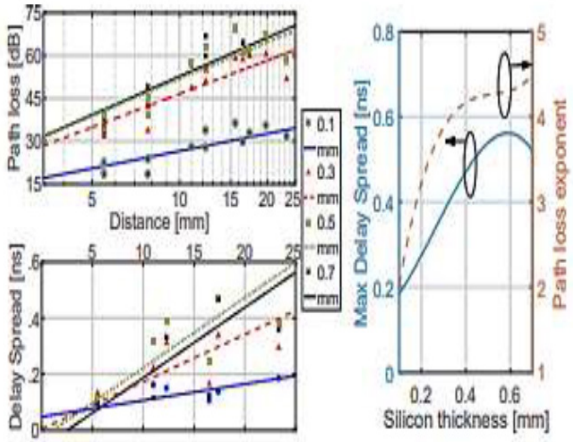
Нәтижелер мен талқылау

Мұнда біз T_s кремнийінің қалыңдығының, T_h жылу таратқышының қалыңдығының және f_s орталық жиілігінің трактінің жоғалуына және кідірістердің таралуына әсерін сандық түрде анықтаймыз. Егер басқаша көрсетілмесе, біз f_s = 60 Гц және стандартты чиптің өлшемдерін (T_s = 0,7 мм және T_h = 0,2 мм) әдепкі ретінде қабылдаймыз 3 (а) суретте кремнийге қатысты масштабтау тенденциялары көрсетілген.

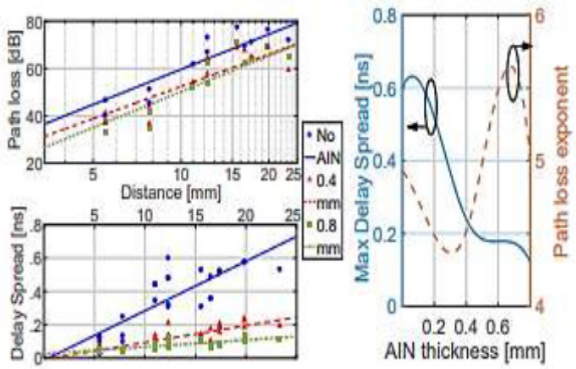
Қалыңдығы 100 мкм чиптің жолында максималды шығыны L_{max} = -36,29 дБ және кідірісінің максималды таралуы τ_{rms} = 0,19 нс болады. Стандартты чиппен салыстырғанда, азайтылған балама тракт шығындары бойынша 2,1 есе жақсы (39 ДБ айырмашылық) және кідірістердің таралуы бойынша 2,73 есе жақсы (0,33 НС айырмашылық). Сонымен қатар, жолдағы шығындар көрсеткіші N = 4,32-ден n = 1,32-ге дейін төмендейді, бұл жоғалған ортадан (N > 2) жетекші ортаға (N<2) өтуді растайды. Сондай-ақ, өнімділік кідірістердің таралуы тұрғысынан жақсарады, көлбеуді 25,05-тен 5,83 PS / мм-ге дейін төмендетеді.

3 (b) – сурет T_h жылу таратқышының қалыңдығын өзгерту арқылы талдауды қайталайды. Электр қуатының төмен шығынын ескере отырып, бұл қабат жылудың таралуына ықпал етуі мүмкін, сондықтан оны қосу ұсынылады. Жылу таратқыштан шығатын күшті шағылысу кластерінің болуына байланысты кідірістің таралуы 3× (0,6-дан 0,2 нс-ге дейін) артады. Жолдағы шығындарға келетін болсақ, мұнда келтірілген жағдай жолдағы шығындар тұрғысынан шектеулі әсерді көрсетеді (орташа 10 дБ жақсару),

өйткені энергияның көп бөлігі жылу таратқышқа жеткенге дейін қалыңдығы 0,7 мм кремний қабатына таралады. Кеңістіктің болмауына байланысты көрсетілмегенімен, АН-дің жолдағы шығындарға әсері сирек кездесетін кремний үшін әлдеқайда айқын, өйткені көрсеткіш n = 4,01-ден (АН жоқ) 1,1-ге (0,8 мм) дейін төмендейді. Бұл жағдайда кідірістердің таралуы 0,2 мен 0,6 нс аралығында болады, кейде жолдың жоғалу тенденциясына қайшы келеді.



(а) кремнийдің қалыңдығы T_s(T_h = 0,2 мм)



(b) жылу таратқыштың қалыңдығы T_h (T_s = 0,7 мм) масштабтау

Сурет – 1 Сол жақта: қашықтыққа бөлінген траекторияның жоғалуы және кідіріс. Оң жақта: τ_{rms} кідірістерінің максималды таралуының масштабтау тенденциялары және N жолындағы шығындар көрсеткіші

Соңында, 3-суретте жиіліктің нәтижелері көрсетілген есептеу шектеулеріне байланысты біз 60-120 ГГц диапазонымен шектейтін масштабтау талдауы. Сонымен қатар, біз кремний мен жылу таратқыштың қалыңдығын жоғарыдағы дизайн нұсқауларына сәйкес сәйкесінше кіші және үлкен мәндерге орнатамыз.

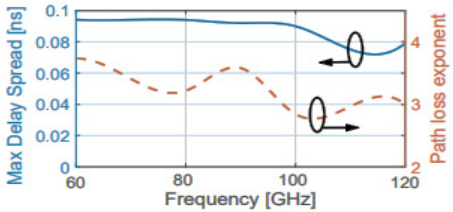


Fig. 6. Scaling of the maximum delay spread τ_{rms} and the path loss exponent n with respect to frequency ($T_s = 0.3$ mm and $T_h = 0.8$ mm).

Сурет 4 – Кідірістерінің максималды таралуын және N жолындағы шығын көрсеткішін жиілік бойынша масштабтау (T_s = 0,3 мм және T_h = 0,8 мм).

Біз дәл осы нұсқаны таңдадық (T_s = 0,3 мм және T_h = 0,8 мм), өйткені ол дисперсия тұрғысынан оңтайлы нүктеге жақын. Біз мұны табамыз f_s = 110 Гц кідірістердің таралуы тұрғысынан минимумға әкеледі, дегенмен жақсарту басқа жиіліктерге қатысты шектеулі[6]. Екінші жағынан, трактаттағы шығындарға әсер айтарлықтай, бірақ түйсікке қайшы келеді, өйткені трактаттағы шығындар экспонентте де, орташа мәнде де (10-20 дБ; кеңістікті үнемдеу мүддесінде көрсетілмеген) 60 ГГц-тен 100 ГГц-ке дейін айтарлықтай төмендейді.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды, AP14869840 – «Интерфейстер арасындағы ақпаратты ультра кең жолақты көп антенналық сымсыз тасымалдауды зерттеу және құру» жобасы аясында шығарылды.

Қорытынды

Сымсыз ішкі чип заманауи көп ядролы процессорлардың масштабталу мәселелеріне әлеуетті шешім ретінде ұсынылды. Дегенмен, біз осы саладағы жұмыстардың көпшілігі арнаға тым ілгермелі екенін көрсеттік, бұл көрсеткіштер стандартты чип пакеті үшін арналып жасалғандардан бір немесе екі есе жақсырақ деп есептейміз. Осы іргелмелі мәселені әрі қарай шешу және NoC әлеуетін растау үшін біз осы жаңа сымсыз зерттеулердің екі ерекше қасиетін қолданатын әдістемені ұсындық: оның монолитті

және статикалық сипаты. Біріншісі бізге арнаны жобалауға, яғни таратуды жақсарту үшін чип желілерінің пакетін өзгертуге мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **D. DiTomaso, A. Kodi, D. Matolak, S. Kaya, S. Laha, and W. Rayess,** «A-WiNoC: Adaptive Wireless Network-on-Chip Architecture for Chip Multiprocessors» // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 26, no. 12, O. 3289–3302, 2015.

2 **M. S. Shamim, N. Mansoor, R. S. Narde, V. Kothandapani, A. Ganguly, and J. Venkataraman,** «A wireless interconnection framework for seamless inter and intra-chip communication in multichip systems,» IEEE Transactions on Computers, vol. 66, no. 3, P. 389–402, 2017.

3 **R. S. Narde, N. Mansoor, A. Ganguly, and J. Venkataraman,** «On-Chip Antennas for Inter-Chip Wireless Interconnections: Challenges and Opportunities» // in Proceedings of the EuCAP ’18, 2018.

4 **S. Laha, S. Kaya, D. W. Matolak, W. Rayess, D. DiTomaso, and A. Kodi,** «A new frontier in ultralow power wireless links: Network-on-chip and chip-to-chip interconnects,» IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, vol. 34, no. 2, P. 186–198, 2015.

5 **L. Benini, G. De Micheli,** «Networks on Chips: A New SOC Paradigm» Computer, Vol. 35, No.1, P. 70–78, Jan. (2002).

6 **J. Kim, K. Choi, and G. Loh,** «Exploiting new interconnect technologies in on-chip communication» // IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, 2012.

7 **Y. Chen and C. Han,** «Channel Modeling and Analysis for Wireless Networks-on-Chip Communications in the Millimeter Wave and Terahertz Bands» // in Proceedings of the INFOCOM WKSHPS ’18, 2018.

8 **S. H. Gade and S. Deb,** «HyWin: Hybrid wireless NoC with sandboxed sub-networks for CPU/GPU architectures,» // IEEE Transactions on Computers, vol. 66, no. 7, pp. 1145–1158, 2017.

9 J. Wu, A. Kodi, S. Kaya, A. Louri, and H. Xin, «Monopoles Loaded with 3-D-Printed Dielectrics for Future Wireless Intra-Chip Communications,» // IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 65, no. 12, P. 6838–6846, 2017.

10 **A. Mineo, M. Palesi, G. Ascia, and V. Catania,** «Runtime Tunable Transmitting Power Technique in mm-Wave WiNoC Architectures,» // IEEE Transactions on VLSI Systems, vol. 24, no. 4, P. 1535–1545, 2016.

11 **X. Yu, J. Baylon, P. Wettin, D. Heo, P. Pratim Pande, and S. Mirabbasi,** «Architecture and Design of Multi-Channel Millimeter-Wave Wireless Network-on-Chip,» // IEEE Design & Test, vol. 31, no. 6, P. 19–28, 2014.

REFERENCES

1 **D. DiTomaso, A. Kodi, D. Matolak, S. Kaya, S. Laha, and W. Rayess,** «A-WiNoC: Adaptive Wireless Network-on-Chip Architecture for Chip Multiprocessors» // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 26, no. 12, P. 3289–3302, 2015.

2 **M. S. Shamim, N. Mansoor, R. S. Narde, V. Kothandapani, A. Ganguly, and J. Venkataraman,** «A wireless interconnection framework for seamless inter and intra-chip communication in multichip systems,» IEEE Transactions on Computers, vol. 66, no. 3, P. 389–402, 2017.

3 **R. S. Narde, N. Mansoor, A. Ganguly, and J. Venkataraman,** «On-Chip Antennas for Inter-Chip Wireless Interconnections: Challenges and Opportunities» // in Proceedings of the EuCAP ’18, 2018.

4 **S. Laha, S. Kaya, D. W. Matolak, W. Rayess, D. DiTomaso, and A. Kodi,** «A new frontier in ultralow power wireless links: Network-on-chip and chip-to-chip interconnects,» IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, vol. 34, no. 2, P. 186–198, 2015.

5 **L. Benini, G. De Micheli,** «Networks on Chips: A New SOC Paradigm» Computer, Vol. 35, No.1, pp. 70–78, Jan. (2002).

6 **J. Kim, K. Choi, and G. Loh,** «Exploiting new interconnect technologies in on-chip communication» // IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, 2012.

7 **Y. Chen and C. Han,** «Channel Modeling and Analysis for Wireless Networks-on-Chip Communications in the Millimeter Wave and Terahertz Bands» // in Proceedings of the INFOCOM WKSHPS ’18, 2018.

8 **S. H. Gade and S. Deb,** «HyWin: Hybrid wireless NoC with sandboxed sub-networks for CPU/GPU architectures,» // IEEE Transactions on Computers, vol. 66, no. 7, P. 1145–1158, 2017.

9 **J. Wu, A. Kodi, S. Kaya, A. Louri, and H. Xin,** «Monopoles Loaded with 3-D-Printed Dielectrics for Future Wireless Intra-Chip Communications,» // IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 65, no. 12, pp. 6838–6846, 2017.

10 **A. Mineo, M. Palesi, G. Ascia, and V. Catania,** «Runtime Tunable Transmitting Power Technique in mm-Wave WiNoC Architectures,» // IEEE Transactions on VLSI Systems, vol. 24, no. 4, pp. 1535–1545, 2016.

11 **X. Yu, J. Baylon, P. Wettin, D. Heo, P. Pratim Pande, and S. Mirabbasi,** «Architecture and Design of Multi-Channel Millimeter-Wave Wireless Network-on-Chip,» // IEEE Design & Test, vol. 31, no. 6, pp. 19–28, 2014.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

**Р. Т. Қасым[1,2], Б. Тұрдыбек[1,2], А. Т. Жетписбаева[2], А. Ж. Ерденов[2], Т. Г. Сериков[2]*
[1]Академия логистики и транспорта, Республика Казахстан, г. Алматы,
[2]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана,
Материал поступил в редакцию 13.03.23.

СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО МЕЖЧИПОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ

С появлением интернета вещей и информационной революции спрос на высокопроизводительные вычислительные системы растет. Взаимные медные соединения на вычислительных чипах превратились в сложную сеть взаимосвязей, называемую network on chip (NoC), состоящую из маршрутизаторов, коммутаторов, ретрансляторов, таких как компьютерные сети. Когда сеть на кристалле реализована в больших масштабах, таких как многоядерные многочиповые системы для высокопроизводительных вычислительных систем, длина соединения увеличивается, а также возникают такие проблемы, как распределение мощности, задержка связи, синхронизация часов и электрические помехи. В этой статье беспроводные межсоединения выбираются в качестве замены проводных межсоединений из меди. Был предложен новый метод удвоения разрешения временной области для преобразования данных частотной области во временную область с использованием обратного дискретного преобразования Фурье. Было обнаружено, что коэффициент потерь в пути равен 1,607 для закрытого случая, а энергия следует логическому распределению в небольшом масштабе. На основе анализа практических ситуаций разрабатываются и моделируются модели каналов. Беспроводные соединения обеспечивают простую интеграцию с производством CMOS и упаковкой микросхем. Предлагаются решения для достижения высокой скорости (Гбит/с) с использованием беспроводных соединений, работающих в нелицензированном диапазоне миллиметровых волн (57-64 ГГц).

Ключевые слова: волоконно-оптическая система, интерфейс, нано-антенна, математическая модель, беспроводная межчиповая связь.

**R. T. Kasym[1, 2], B. Turdybek,[1 2], A. T. Zhetpisbaeva[2],*
A. Zh. Erdenov[2], T. G. Serikov[2]
[1]Academy of logistics and transport, Almaty, Republic of Kazakhstan,
[2]Kazakh agrotechnical university named after S.Seifullin,
Astana c., Republic of Kazakhstan
Material received on 13.03.23

CREATION OF A MATHEMATICAL MODEL TO IMPROVE THE PARAMETERS OF A BROADBAND WIRELESS INTERCHIP COMMUNICATION CHANNEL

With the advent of the Internet of Things and the information revolution, the demand for high-performance computing systems is growing. Mutual copper connections on computing chips have turned into a complex network of interconnections, called network on chip (NoC), consisting of routers, switches, repeaters, such as computer networks. When a network on a chip is implemented on a large scale, such as multi-core multi-chip systems for high-performance computing systems, the connection length increases, and problems such as power distribution, communication delay, clock synchronization and electrical interference also arise. In this article, wireless interconnects are selected as a replacement for wired copper interconnects. A new method of doubling the resolution of the time domain has been proposed for converting frequency domain data into a time domain using the inverse discrete Fourier transform. It was found that the path loss coefficient is 1.607 for the closed case, and the energy follows a logical distribution on a small scale. Based on the analysis of practical situations, channel models are developed and modeled. Wireless connections provide easy integration with CMOS manufacturing and chip packaging. Solutions are proposed to achieve high speed (Gbit/s) using wireless connections operating in the unlicensed millimeter wave range (57-64 GHz).

Keywords: fiber-optic system, interface, nano-antenna, mathematical model, wireless chip-to-chip communication.

МРНТИ 44.09.33

doi.org/10.48081/GYHU4696

А. Д. Мехтиев[1], Т. С. Герасименко[2], Е. Ж. Сарсикеев[3]
[1,2,3] Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Астана
e-mail:barton.kz@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ ПОСЛЕ ЕЕ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ

В статье затронута проблема образования накипи воды на внутренних поверхностях трубопроводов, используемых в энергетических системах и бытовых электронагревательных приборах. Поэтапно рассмотрен физико-химический процесс образования накипи на поверхностях нагревательных элементов оборудования.

Рассмотрены принципы физического воздействия магнитного поля на воду, параметры протекающих в воде физико-химических процессов и поведение растворенных в подвергнутой магнитной обработке воде солей жесткости. Обоснование научной новизны заключается в поиске новых методов повышения качества воды, ее показателей и повышения эффективности очистки без использования химических реагентов. Как показывают проведенные исследования, использование электромагнитного поля позволит значительно снизить применение химических реагентов, солей, кислот и щелочей.

В статье так же приведены результаты исследования степени жесткости воды города Астана. В данной работе предложен метод электромагнитной обработки воды для снижения ее жесткости и предотвращения образования накипи и ее отложений.

Исследования влияния электромагнитного поля на показатель жесткости водопроводной воды проводились на экспериментальном образце устройства предназначенного для предотвращения образования накипи. Данное устройство было сконструировано в научной лаборатории Казахского агротехнического университета.

Ключевые слова: накипь, жесткость воды, системы очистки воды, электромагнитная очистка, соли жесткости.

Введение

Очевидно, что вода, которую мы берем из водопровода или скважины содержит в своем составе большое количество минералов в основном состоящих из кальция и магния и тем самым характеризует степень жесткости воды. Жесткость воды может выражаться в различных единицах измерения и означает, сколько карбоната кальция содержится в определенном объеме воды, например: частей на миллион – ppm или зерна на галлон – gpg или миллиграммы на литр – мг/л.

Считается, что умеренно жесткая вода не вредна для человека, а даже наоборот организму полезны соли кальция и магния содержащиеся в воде, для укрепления костей и зубов. Но она создает определенные проблемы с водопроводной системой, так как обладает способностью путем нагревания образовывать твердые отложения кальция, называемые в народе накипью. Эта накипь со временем оседает на водных смесителях, насадках для душа, но чаще на нагревательных элементах чайников, посудомоечных и стиральных машин, а также водонагревателей, тем самым значительно снижая уровень потребления воды и эффективность ее нагрева.

Материалы и методы

Для решения проблемы образования накипи следует придерживаться следующих основных аспектов это – исследование природы накипи, предупреждение или значительное снижение образования накипи, а так же разработка эффективных методов очистки поверхности водопроводной системы.

Если рассматривать накипь более детально, то можно сказать что это процесс отложение солей обратной растворимости, которые перекристаллизовались из раствора и образовали определенное твердое уплотнение на металлических поверхностях, с которыми они соприкасались в процессе работы. Зачастую на этот процесс влияют такие внешние факторы как изменение температуры, давления либо p_H фактора. В процессе образования накипи участвуют соли с очень малой способностью растворятся в воде. К таким солям относятся: карбонаты кальция, магния, железа; сульфаты кальция, бария и стронция, сульфид и оксиды железа.

Формирование накипи на поверхностях нагревательных элементов оборудования состоит их нескольких этапов.

1 этап – перенасыщение, т. е. избыточная концентрация содержащихся солей в растворе, соответствует насыщенному раствору при данных условиях. Считается что это неустойчивое состояние раствора [1].

2 этап – зарождение, когда в результате нагрева воды, соли жесткости ($Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$), содержащиеся в ней, начинают распадаться на углекислый газ и нерастворимый осадок.

3 этап – рост кристаллов – химические реакции обеспечивают образование достаточного количества кристаллизуемого вещества для начала и дальнейшего роста кристаллов. Кристаллы должны сначала образовываться, а затем расти из раствора, хотя условия перенасыщения не обязательно достаточны для кристаллизации раствора.

4 этап – разделение, заключается в том, что выпавшие вначале в толще воды взвешенные частицы осаждаются и затем образуют прочно сцепленные с поверхностью нагрева вторичные отложения.

5 этап – отложение – устойчивое формирования накипи на поверхности металлов.

Мы провели собственные исследования уровня жесткости воды в городе Астана и Акмолинской области. Пробы водопроводной воды брались весной 2022 года, а степень жесткости измерялась при помощи прибора TDS-метр который показывает уровень превышение солей и минералов содержащихся в воде (рисунок 1).

Принцип работы TDS-метра основан на способности воды проводить электрический ток. У молекулы воды отсутствует заряд, но если в воде есть небольшое количество примесей – заряженных ионов, то вода обладает электропроводностью. На конце TDS-метра установлены электроды которые создают электрическое поле, тем самым прибор фиксирует количество ионов солей и других веществ и выводит показания на дисплей. В таблице 1 приведены нормы жесткости воды.

Таблица 1 – Нормы жесткости воды

0-50 ppm	• идеальная питьевая вода
170 ppm	• приемлемая вода
300 ppm	• жесткая, ограниченно приемлемая вода
400 ppm	• жесткая, неприемлемая вода
500 ppm	• предельно допустимая жесткость питьевой воды
500+ ppm	• неприемлимая жесткая питьевая вода

Согласно результатам проведенного исследования, мы видим, что качество воды в различных района города не одинаковое, но находится в пределах нормы.

Считается, что отложения накипи в водопроводных системах приводит к многочисленным техническим и экономическим проблемам.

В теплоэнергетических установках образование накипи создает опасность перегрева и разрыва металла стенки, снижает теплопроизводительность, вызывает перерасход топлива. При толщине слоя накипи 0,5 мм перерасход топлива составляет 1,5 %. При наличии накипи повышается гидравлическое сопротивление теплообменника и возрастают энергозатраты на перекачку продукта. Чистка теплообменной поверхности связана с необходимостью отключения аппарата, установкой дублирующего оборудования [2].

Рисунок 1 – Карта исследования жесткости воды в различных районах города Астана, ppm

Во избежание данных проблем существуют различные методы, которые приводят к снижению уровня жесткости воды и тем самым к устранению проблемы образования накипи. Самые распространенные и наиболее применяемые из них это - химическое умягчение, осаждение, использование ингибиторов, электрохимическая и мембранная обработка. Так же наиболее эффективными методами, которые не изменяют состав воды и тем самым не наносят вред здоровью и экологии, являются магнитные и электромагнитные методы [3], [4].

Все перечисленные методы, безусловно, обладают как рядом достоинств, так и рядом недостатков. К примеру, при использовании метода химическое осаждение или применение ингибиторов, в воду добавляются новые химические соединения, вследствие чего применение такой воды будет сильно ограниченно. Осмотические мембраны являются наиболее эффективными,

хотя существуют проблемы, связанные с обрастанием мембран. Магнитные и электромагнитные методы предотвращают жесткость воды без добавления или удаления соединений и минимизируют отложения накипи. Однако различное оборудование, которое продается на международном рынке, не является полным по эффективности.

Но какой бы ни была конструкция, даже беглый обзор литературы по этим устройствам выявляет многочисленные противоречия в заявленных эффектах, низкую воспроизводимость результатов и объяснения, основанные на странных и загадочных эффектах поля на структуру воды и/или взаимодействиях поля с растворенными минералами, которые в целом являются диамагнитными [5-6].

Повышенный интерес ученых различных стран к проблеме образования накипи и к поиску альтернативных методов решения данной проблемы без применения химических реагентов начал проявляться уже с 2006 года. Причем в последние годы в большей степени пристальное внимание уделялось больше электромагнитным методам, чем магнитные методы. Существует множество исследований, которые показывают эффект этих методов, в дополнение к комментариям пользователей, которые наблюдают эффекты многократного коммерческого электромагнитного оборудования на бытовом и промышленном уровнях [7-8].

На сегодняшний день учеными выдвинуты две основные гипотезы, на которых основаны методы магнитных и электромагнитных полей. Считается, что магнитные и электромагнитные методы борьбы с накипью вызывают менее компактное ее образование, вероятно, как следствие кристаллизации карбоната кальция в виде арагонита (минерал осадки которого производят меньше накипи в трубах) [9]. Так как в некоторых исследованиях после приложения магнитного и электромагнитного поля наблюдается увеличение концентрации арагонита в воде, имеющего игольчатую форму, и меньшее присутствие кристаллов кальцита, имеющего ромбоэдрическую структуру, в накипи [10]. И вторая гипотеза – при обработке воды данными методами в ней образуется кристаллы, которые абсолютно не связываются с поверхностями труб.

В научной лаборатории КазАТУ был собран экспериментальный образец устройства для предотвращения накипи (рисунок 2).

Рисунок 2 – Устройство для исследования процессов электромагнитной и магнитной обработки воды

Данное устройство включает в себя водопроводную пластмассовую трубу с размещенным в ней активатором. Внутри активатора расположен постоянный магнит, а по обе его стороны на определенном расстоянии друг от друга установлены металлические шайбы. Вода в кольцевой водопровод подается из бака при помощи циркуляционного насоса, а ее расход фиксируется по водомерному прибору. В качестве излучателей используются электромагнитные катушки различной конфигурации, как с сердечником, так и без него. Эти катушки подсоединены к источникам питания, которые генерируют, постоянный или переменный ток. В конструкции данного устройства предусмотрена возможность изменять параметры частоты и амплитуды тока. Визуализация формы импульсов осуществляется при помощи осциллографа, а параметры тока и напряжения фиксируются при помощи цифрового мультиметра.

Эффективность данного устройства повышается за счет определенного расположения магнитов, при котором создаются поперечные магнитные поля по отношению к водяному потоку, а также достигается уровень максимального воздействия магнитного поля на растворенные в воде ионы накипеобразующих солей. В результате процесса электромагнитной обработки воды, кристаллизация этих солей происходит не на стенках водопроводного оборудования, а непосредственно в объеме жидкости в виде мелкодисперсной массы, которая впоследствии удаляется в специальные отстойники [11].

Результаты и обсуждение

Проведенные экспериментальные опыты по электромагнитной очистки воды показали, что жесткость воды, а также содержание хлоридов, сульфатов, кальция, железа, кислорода, магния, общего изменения минерализации до и

после электромагнитной обработки показывают диаграмму жесткости воды при электромагнитной обработке воды (рисунок 3).

Процесс электромагнитного воздействия воды основан на использовании силы Лоренца, когда магнитное поле воздействует на движущийся электрический заряд ионизированной воды. Свободные ионы металлов (в основном железа) всегда присутствуют в воде, даже если она дистиллирована. Переменное электромагнитное поле вызывает образование ядер накипи в водной массе, они начинают интенсивно расти, достигая размеров, предотвращающих прилипание накипи внутри трубы, клапана, насосов и других устройств системы центрального отопления.

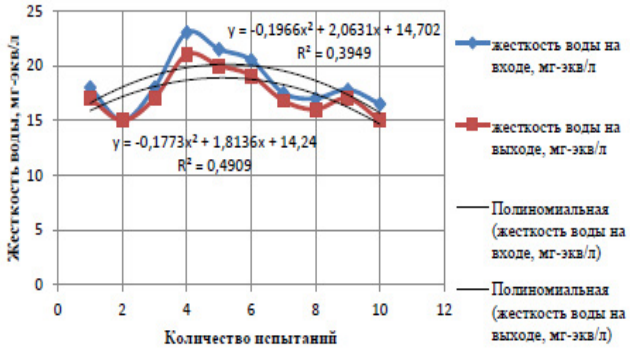


Рисунок 3 – Диаграмма изменения жесткости воды до и после электромагнитной обработки

Выводы

Таким образом, электромагнитная обработка воды является на сегодняшний день наиболее перспективным направлением в водоподготовке, так как при использовании данного метода происходит воздействие на саму воду, на механические примеси и ионы накипеобразующих солей и на природу протекающих в воде физико-химических процессов растворения и кристаллизации.

Неопровержимым достоинством электромагнитной обработки в отличие от традиционных способов умягчения воды является простота технологической схемы, экологическая безопасность и экономичность. Кроме этого данный метод является экологически чистым, так как исключает применение химических реактивов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Сагань, И. И., Разладив, Ю. С.** Борьба с накипеобразованием в теплообменниках [Текст] – Киев : Техника - 1986 – С. 23.

2 **Дьяков, А. Ф.** Безостановочная чистка теплообменного оборудования [Текст] / А.Ф. Дьяков, Э. П. Волков, Г. Г. Ольховский, Г. Г. Лапин, С. А. Цырук // Энергетик. - 2004. – № 8. – С. 32 – 56.

3 **Бессонова, А. П., Стась, И. Е.** Влияние высокочастотного электромагнитного поля на физико-химические свойства воды и ее спектральные характеристики [Текст] // Ползуновский вестник. – 2008. – № 3 – С. 305–309.

4 **Таджибаева, А. А., Такибаева, А. Т., Мехтиев, А. Д., Югай, В. В., Алькина, А. Д., Амиров, А. Ж., Калиаскаров, Н. Б., Есенжолов, У. С., Жумабекова, Б. М., Даниярова, А. Т.** Электромагнитное устройство для предупреждения солевых отложений в теплообменной аппаратуре [Текст] // Патент на полезную модель № 3955. Опубл. 23.10.2018

5 **Busch, K. W., Busch, M. A., Parker, D. H., Darling, R. E., Mc Atee, J. L.** Laboratory studies involving magnetic water treatment devices. [Text] // Physics and Materials Chemistry. 2013, Vol. 1 No. 2, P. 34 – 40.

6 **Gruber, C. E., Carda, D. D.** Performance analysis of permanent magnet type water treatment devices [Text] // Final Report issued to the Water Quality Association, South Dakota School of Mines and Technology, 1981.

7 **Gabrielli, C., Jaouhari, R., Maurin, G., Keddam, M.** Magnetic water treatment for scale prevention [Text].Water Research 35, no. 13 (2001): P. 3249 – 3259

8 **Go-fu, L. I. U., Wei-go, L. I.** «Discussion about the mechanism of descaling by magnetic treatment» [Text]. Industrial Safety and Environmental Protection 2 (2008)

9 **Coey, J. M. D., Cass, S.** Magnetic water treatment [Text] //J. Magn. Magn. Mater. 2000, 209, P. 71 – 74.

10 **Latva, M., Inkinen, J., Rämö, J., Kaunisto, T., Mäkinen, R., Ahonen, M., Matilainen, J., Pehkonen, S.** Studies on the magnetic water treatment in new pilot scale drinking water system and in old existing real-life water system [Text]. J. Water Process Eng.2016,No 9, P. 215 – 224.

11 **Mekhtiyev, A. D., Sarsikeyev, Y E. Z H., Atyaksheva, A. V., Atyaksheva, A. D., Gerassimenko, T. S., Alkina, A. D.** Method of preventing deposits on the inner surface of circulating water pipelines of fer-roalloy electric furnace cooling systems [Text] // METALURGIJA 60(2021) 3 – 4, P. 321 – 324.

REFERENCES

1 **Sagan', I. I., Razladiv Yu. S.** Bor'ba s nakipeobrazovaniem v teploobmennikakh [Text] [Control of scale formation in heat exchangers] – Kiev : Tekhnika, 1986. – P. 23.

2 **D'yakov, A. F.** Bezostanovochnaya chistka teploobmennogo oborudovaniya [Non-stop cleaning of heat exchange equipment] [Text] / A. F. D'yakov, E. P. Volkov, G. G. Ol'hovskij, G. G. Lapin, S. A. Cyruk // Energetik. – 2004. – № 8. – P. 32–56.

3 **Bessonova, A. P., Stas', I. E.** Vliyanie vysokochastotnogo elektromagnitnogo polya na fiziko-khimicheskie svoystva vody i eespektral'nyekharakteristiki [The effect of a high-frequency electromagnetic field on the physicochemical properties of water and its spectral characteristics] [Text] // Polzunovskiyvestnik. – 2008. – № 3. – P. 305–309

4 **Tadzhibaeva, A. A., Takibaeva, A. T., Mekhtiev, A. D., Yugay, V. V., Al'kina, A. D., Amirov, A. Zh., Kaliaskarov, N. B., Esenzholov, U. S., Zhumabekova, B. M., Daniyarova, A. T.** Elektromagnitnoe ustroystvo dlya preduprezhdeniya solevykh otlozheniy v teploobmennoy apparature [Electromagnetic device for the prevention of salt deposits in heat exchange equipment] [Text] // Patent na poleznuyu model' № 3955. Opubl. 23.10.2018

5 **Busch, K. W., Busch, M. A., Parker, D. H., Darling, R.E., Mc Atee, J. L.** Laboratory studies involving magnetic water treatment devices. [Text] // Physics and Materials Chemistry. 2013, Vol. 1 No. 2, P. 34 – 40.

6 **Gruber, C. E., Carda, D. D.** Performance analysis of permanent magnet type water treatment devices [Text] // Final Report issued to the Water Quality Association, South Dakota School of Mines and Technology, 1981

7 **Gabrielli, C., Jaouhari, R., Maurin, G., Keddam, M.** Magnetic water treatment for scale prevention [Text]. Water Research 35, no. 13 (2001): P. 3249 – 3259

8 **Go-fu, L. I. U., Wei-go, L. I.** Discussion about the mechanism of descaling by magnetic treatment [Text]. Industrial Safety and Environmental Protection 2 (2008)

9 **Coey, J. M. D., Cass, S.** Magnetic water treatment [Text] //J. Magn. Magn. Mater. 2000, 209, P. 71 – 74.

10 **Latva, M., Inkinen, J., Rämö, J., Kaunisto, T., Mäkinen, R., Ahonen, M., Matilainen, J., Pehkonen, S.** Studies on the magnetic water treatment in new pilot scale drinking water system and in old existing real-life water system system [Text]. J. Water Process Eng.2016,No. 9, P. 215 – 224.

11 **Mekhtiyev, A. D., Sarsikeyev, Y E. Z H., Atyaksheva, A. V., Atyaksheva, A. D., Gerassimenko, T. S., Alkina, A. D.** Method of preventing deposits on the

inner surface of circulating water pipelines of fer-roalloy electric furnace cooling systems [Text] // METALURGIJA 60(2021) 3-4, P. 321 – 324.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**А. Д. Мехтиев[1], Т. С. Герасименко[2], Е. Ж. Сарсикеев[3]*
[1,2,3]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

МАГНИТТІК ӨҢДЕУДЕН КЕЙІН СУДЫҢ ҚАТТЫЛЫҒЫНЫҢ ӨЗГЕРУІН ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Мақалада энергетикалық жүйелерде және тұрмыстық электр жылыту құрылғыларында қолданылатын құбырлардың ішкі беттерінде су масштабының пайда болу проблемасы қарастырылған. Жабдықтың қыздыру элементтерінің беттерінде масштабтың пайда болуының физика-химиялық процесі кезең-кезеңімен қарастырылады.

Магнит өрісінің суға физикалық әсер ету принциптері, суда жүретін физикалық-химиялық процестердің параметрлері және магниттік өңделген суда еріген қаттылық тұздарының әрекеті қарастырылады. Ғылыми жаңалықтың негіздемесі судың сапасын жақсартудың жаңа әдістерін, оның көрсеткіштерін және химиялық реагенттерді қолданбай тазарту тиімділігін арттыру болып табылады. Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, электромагниттік өрісті қолдану химиялық реагенттерді, тұздарды, қышқылдарды және сілтілерді қолдануды айтарлықтай төмендетеді.

Мақалада сондай-ақ Астана қаласы суының қаттылық дәрежесін зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұл жұмыста судың қаттылығын төмендету және қақ пен оның шөгінділерінің пайда болуын болдырмау үшін электромагниттік өңдеу әдісі ұсынылған.

Электромагниттік өрістің ағын судың қаттылық көрсеткішіне әсерін зерттеу масштабтың пайда болуын болдырмауға арналған құрылғының эксперименттік үлгісінде жүргізілді. Бұл құрылғы Қазақ агротехникалық университетінің ғылыми зертханасында құрастырылған.

Кілтті сөздер: масштабтау, судың кермектігі, суды тазарту жүйелері, электромагниттік тазарту, қаттылық тұздары.

**A. D. Mekhtiev[1], T. S. Gerasimenko[2], E. Zh. Sarsikeev[3]*
[1,2,3] S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
Republic of Kazakhstan, Astana.
Material received on 13.03.23

RESULTS OF THE STUDY OF CHANGES IN WATER HARDNESS AFTER ITS MAGNETIC TREATMENT

The article touches upon the problem of water scale formation on the internal surfaces of pipelines used in energy systems and household electric heating appliances. The physicochemical process of scale formation on the surfaces of heating elements of the equipment is considered step by step.

The principles of the physical effect of a magnetic field on water, the parameters of physicochemical processes occurring in water and the behavior of hardness salts dissolved in magnetically treated water are considered. The rationale for scientific novelty lies in the search for new methods to improve the quality of water, its indicators and improve the efficiency of purification without the use of chemical reagents. According to the conducted research, the use of an electromagnetic field will significantly reduce the use of chemical reagents, salts, acids and alkalis.

The article also presents the results of a study of the degree of hardness of water in Astana. In this paper, a method of electromagnetic treatment of water is proposed to reduce its hardness and prevent the formation of scale and its deposits.

Studies of the influence of the electromagnetic field on the hardness index of tap water were carried out on an experimental sample of a device designed to prevent the formation of scale. This device was designed in the scientific laboratory of the Kazakh Agrotechnical University.

Keywords: scale, water hardness, water purification systems, electromagnetic purification, hardness salts.

МРНТИ 45.29.31

doi.org/10.48081/XHIY5411

***Г. С. Нұрмағанбетова[1], Ғ. Ж. Асаинов[1], Ж. Р. Исаева[1], Ж. С. Нұрмағанбетова[2]**

[1,2,3]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.;

[4]Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

email: g_sahitovna@mail.ru

ҚУАТЫ 3÷315 КВТ ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛҒАН РОТОРЫ БАР АСИНХРОНДЫ ЭЛЕКТР ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫ ҮШІН СТАТОР КЕДЕРГІСІНІҢ ТӘУЕЛДІЛІК НӘТИЖЕЛЕРІ

Жұмыстың мақсаты қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқышын температурадан қорғау жүйесін әзірлеу болып табылады. Қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқышының әдістері мен қорғау жүйелеріне арналған әдеби дереккөздерге шолу жасалды. Талдау нәтижесі қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқышының қалыпты жұмысын қамтамасыз ету үшін оның белсенді бөліктерінің қыздыру температурасы шекті рұқсат етілген мәндерден аспауы керек екенін көрсетті, олар электр қозғалтқышында қолданылатын оқшаулау жүйесінің қызуға төзімділігінің тиісті класымен анықталады.

4А сериялы қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқышының айналу жиілігі 1500 айн/мин болғанда әр түрлі қуат пен температураның мәндері үшін және уақыт тұрақтысы үшін статор орамдарының кедергісінің өзгеру диапазондары анықталды. Қуат функциясындағы статор орамасының кедергісінің алынған тәуелділіктері -60 °С -тан 250 °С дейінгі температура диапазонында қуаттың жоғарылауымен статор орамасының кедергісінің мәні төмендейтінін көрсетеді.

Статор орамасының кедергісінің өзгеруі тұрақты уақыт пен модель коэффициенттеріне айтарлықтай әсер етеді. Excel кестелік процессорының көмегімен 4А сериялы 4А280S4Y3 электр қозғалтқышына арналған орамдардың температура функциясында статорының кедергісін Rs және электр магниттік тұрақты уақытты ts есептеу жүргізілді.

Орам сымның оқшаулауының рұқсат етілген қызуы бойынша максималды және климаттық жағдайлар бойынша минималды температураның шекті мәндері анықталды.

Кілтті сөздер: асинхронды электрқозғалтқыш, статор кедергісі, айналу жиілігі, температура диапазоны, қорғау.

Кіріспе

Тау-кен өнеркәсібінде асинхронды электр жетегі кеңінен қолданылады. Айнымалы ток электр машиналарының кең таралған түрлерінің бірі қысқа-тұйықталған роторы бар (ҚТР) асинхронды электр қозғалтқыштары (АҚ) болып табылады [1]. Қарапайым және сенімді құрылымына байланысты ҚТР бар АҚ өндірістің көптеген салаларында қолданылады. Атап айтқанда, АҚ тау-кен өнеркәсібінде қолданылатын машиналар мен механизмдерде, яғни, компрессорлық қондырғыларда, көтергіш қондырғыларда, бұрғылау машиналарында, желдеткіш қондырғыларда, конвейерлерде кеңінен қолданылады. Тау-кен машиналары мен қондырғыларының электр жетегі көбінесе стохастикалық сипатқа ие болғандықтан сыртқы ұйытқуларға ұшырайды, нәтижесінде АҚ біліктеріндегі жүктеме, номиналды мәндерден әлдеқайда жоғары болады. Сондықтан, машина жетегіндегі электр қозғалтқыштары әдетте жылу қорғанысымен жабдықталады, онда негізгі бақыланатын параметрлеріне статор орамасының кедергісі, статор орамасының тогы және ҚТР АҚ іске қосылу кезеңі болып табылады.

Қорғау жүйелерінің болуы электр жетегінің авариялық жағдайларын төмендетеді, технологиялық объектінің сенімділігін және технико–экономикалық көрсеткіштерді арттырады.

Өндірістік кәсіпорындарда АҚ пайдалану жүктеменің максималды рұқсат етілген мәнінен асып кетуімен байланысты. Сенімділікті арттыру мәселелерін шешудің бірден бір әдісі, ол электр қозғалтқыштарды технологиялық пайдаланудың регламенттелген жұмыс режимдерін қамтамасыз ететін асинхронды электр жетектерін интеллектуалды қорғаныстармен жабдықтау болып табылады.

Материалдар мен әдістер

Қазіргі уақытта қолданыстағы электр жетектердің жылудан қорғау әдістерін тікелей, ток уақыттары және жылулық ток қорғанысы деп бөлуге болады.

Тікелей әдістер деп қозғалтқыштың кез-келген құрылымдық бөлігінің температурасына жауап беретін аспаптар мен құрылғыларды қозғалтқышқа

орнатуды айтады. Бұл стандартты орнатылған температура датчиктері немесе терморезисторлар және интеллектуалды құрылғылар болуы мүмкін. Мысалы, «ақылды датчик» [2], төменгі вольтты асинхронды қозғалтқыштардың күйін сымсыз желілер арқылы қашықтықтан бақылап мәліметтерді беруді қамтамасыз етеді. Бұл құрылғы электр қозғалтқышына үстеме орнатуды қамтитын бір корпусқа біріктірілген сезімтал элементтер жиынтығы, сонымен қатар, қозғалтқыштың жұмысына әсер ететін бірқатар техникалық параметрлерді, оның ішінде қозғалтқыш бетінің температурасын анықтай алатын арнайы алгоритмі бар интеллектуалды жүйе болып табылады. Интеллектуалды құрылғылардың кемшілігі кейбір өндірістерде, мысалы, тау-кен өнеркәсібінде оларды орнатуға және пайдалануға жол бермеу болып табылады.

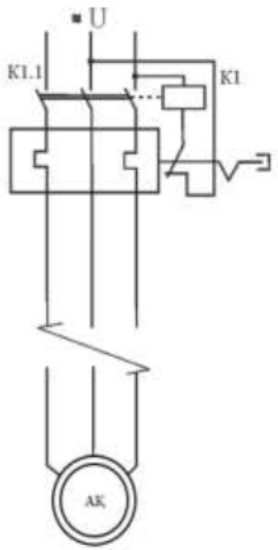
Тау-кен өндірісінде АҚ іске қосу аппаратурасынан едәуір қашықтықта орналасқан және орнатылған температура датчигінен іске қосу құрылғыларына ақпарат беру күштік кабельдің қосымша талсымдарын пайдалануды талап етеді. Қорғаудың кемшілігі – электр қозғалтқышының қорғалған құрылым элементтеріндегі температура датчиктерінен бастап іске қосу жабдықтарының жанында орналасқан басқару блогына дейінгі ұзақ ақпараттық сигнал желісі, бұл қорғау жүйесінің сенімділігінің төмендеуіне әкеледі. Сонымен қатар, орнатылған температура датчиктері жаңадан шығарылған АҚ ғана қолданылады.

Ток уақыттары қорғанысы [3-6] статор тогының шамасын өлшеуге және электр қозғалтқышын ток көзінен ажыратудың кідіріс уақытын есептеуге негізделген. Алайда, бұл әдіс қоршаған ортаның температурасын ескермейді, бұл электр қозғалтқышының жүктеме қабілетін толық пайдалануға мүмкіндік бермейді және жалған ажыратуларға байланысты оның өнімділігін төмендетеді.

Жұмыс істеп тұрған қозғалтқыштардың басым көпшілігінде жылу тогының қорғанысы қолданылады (1 сурет) [7-9]. Бұл әдістің кемшіліктері электр қозғалтқышының температуралық тұрақты уақытын анықтаудағы үлкен қателік жатады және қоршаған ортаның температурасын бақыламайтынын жатқызуға болады. Бұл жалпы алғанда электр жетегінің қорғаныс тиімділігі мен сенімділігін едәуір төмендетеді.

Бұл әдістердің жалпы кемшілігі пайдалану шарттарына және қоршаған ортаның температурасына байланысты электр қозғалтқыштардағы жылу берудің әртүрлі нұсқалары ескерілмейді. Сонымен қатар, қозғалтқыш ұзақ жүктемемен жұмыс істеп болғаннан кейін және тоқтаған кезде, яғни, электр қозғалтқыш әлі салқындап үлгермеген кезде, бірақ жүктеме қалыпты шектен шығып тұрған кезде, бұл қорғаныс жүйесі қызып кеткен қозғалтқыштың жұмысына кедергі жасай алмайды, себебі, бұл әдістер күштік жібергіш контактілері арқылы өтетін токтың мөлшерін ғана бақылайды.

Осы кемшіліктердің барлығы заманауи асинхронды электр жетектерін жанама қорғаныс әдістерімен жетілдіру маңызды екенін көрсетеді.



U – қуат көзі; К1 – контактор; АҚ – асинхронды электр қозғалтқыш.
Сурет – 1 ҚТР бар АҚ жылу тоғынан қорғау құрылғысы

Талданатын электр қозғалтқыш класы ең жоғары және ең төменгі температураның шамасымен шектелген. Ең төменгі температура (-60 °С) климаттық қолданыстағы жағдайларымен анықталады. Температураның максималды мәні электр қозғалтқыштарының орамаларының изоляция класымен анықталады (4А сериялы электр қозғалтқыштары үшін +250 °С). – 60 °С-тан +250 °С диапазон аралығындағы температураның ауытқуы қозғалтқыш орамаларындағы белсенді кедергінің өзгеруіне айтарлықтай әсер етеді.

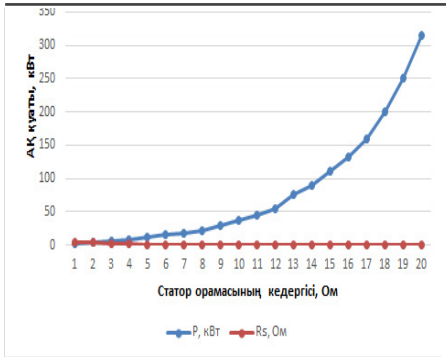
Нәтижелер мен талқылау

Анықтамалық деректерді [10] қолдана отырып, 4А сериялы қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқыштары үшін айналу жиілігі 1500 айн/мин болатын, ал қуаты 3÷315 кВт және температура -60 °С-тан +250 °С аралығындағы статор орамасының кедергілерінің өзгеру диапазоны анықталды. 1 кестеде есептік көрсеткішінің базасы көрсетілген.

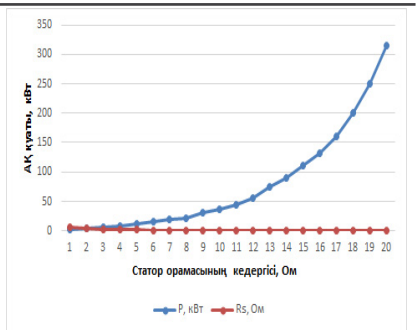
1 кесте - 3 кВт-тан 315 кВт-қа дейінгі қуаттар үшін және айналу жиілігі 1500 айн/мин болатын әртүрлі температуралар үшін статор орама кедергісінің өзгеру диапазондары

Қозғалтқыш түрі	W, кВт	η, айн/мин	Rs	TKC	dR(–60)	R(T)-60	dR(20)	R(T)20	dR(80)	R(T)80	dR(125)	R(T)125	dR(140)	R(T)140	dR(250)	R(T)250
4A100S4Y3	3	1500	4,4512	0,004	–1,5169	2,9342	0	4,4512	1,1377	5,5889	1,9910	6,4422	2,2754	6,7267	4,3613	8,8125
4A100L4Y3	4	1500	3,0620	0,004	–1,0435	2,0184	0	3,0620	0,7826	3,8446	1,3696	4,4316	1,5653	4,6273	3,0001	6,0621
4A112M4Y3	5,5	1500	2,0744	0,004	–0,7069	1,3674	0	2,0744	0,5302	2,6046	0,9279	3,0023	1,0604	3,1349	2,0325	4,1070
4A132S4Y3	7,5	1500	1,3395	0,004	–0,4565	0,8830	0	1,3395	0,3423	1,6819	0,5991	1,9387	0,6847	2,0243	1,3125	2,6521
4A132M4Y3	11	1500	0,9352	0,004	–0,3187	0,6165	0	0,9352	0,2390	1,1743	0,4183	1,3536	0,4781	1,4134	0,9164	1,8516
4A160S4Y3	15	1500	0,6424	0,004	–0,2189	0,4235	0	0,6424	0,1642	0,8067	0,2873	0,9298	0,3284	0,9709	0,6295	1,2720
4A160M4Y3	18,5	1500	0,4962	0,004	–0,1691	0,3271	0	0,4962	0,1268	0,6231	0,2219	0,7182	0,2537	0,7499	0,4862	0,9825
4A180S4Y3	22	1500	0,3926	0,004	–0,1338	0,2588	0	0,3926	0,1003	0,4930	0,1756	0,5682	0,2007	0,5933	0,3847	0,7773
4A180M4Y3	30	1500	0,2547	0,004	–0,0868	0,1679	0	0,2547	0,0651	0,3198	0,1139	0,3686	0,1302	0,3849	0,2495	0,5043
4A200M4Y3	37	1500	0,2067	0,004	–0,0704	0,1362	0	0,2067	0,0528	0,2595	0,0924	0,2992	0,1056	0,3124	0,2025	0,4092
4A200L4Y3	45	1500	0,1473	0,004	–0,0502	0,0971	0	0,1473	0,0376	0,1849	0,0658	0,2132	0,0753	0,2226	0,1443	0,2916
4A22SM4Y3	55	1500	0,1112	0,004	–0,0379	0,0733	0	0,1112	0,0284	0,1396	0,0497	0,1609	0,0568	0,1680	0,1089	0,2202
4A2S0S4Y3	75	1500	0,0745	0,004	–0,0254	0,0491	0	0,0745	0,0190	0,0936	0,0333	0,1079	0,0381	0,1126	0,0730	0,1476
4A250M4Y3	90	1500	0,0635	0,004	–0,0216	0,0418	0	0,0635	0,0162	0,0797	0,0284	0,0919	0,0324	0,0960	0,0622	0,1257
4A280S4Y3	110	1500	0,0610	0,004	–0,0208	0,0402	0	0,0610	0,0156	0,0766	0,0273	0,0884	0,0312	0,0923	0,0598	0,1209
4A280M4Y3	132	1500	0,0423	0,004	–0,0144	0,0279	0	0,0423	0,0108	0,0531	0,0189	0,0613	0,0216	0,0640	0,0415	0,0838
4A315S4Y3	160	1500	0,0323	0,004	–0,0110	0,0213	0	0,0323	0,0082	0,0406	0,0144	0,0468	0,0165	0,0488	0,0316	0,0640
4A315M4Y3	200	1500	0,0236	0,004	–0,0080	0,0155	0	0,0236	0,0060	0,0296	0,0105	0,0342	0,0120	0,0357	0,0231	0,0468
4A355S4Y3	250	1500	0,0166	0,004	–0,005	0,0109	0	0,0166	0,0042	0,0209	0,0074	0,0241	0,0085	0,0251	0,0163	0,0330
4A355M4Y3	315	1500	0,0132	0,004	–0,0045	0,0087	0	0,0132	0,0033	0,0166	0,0059	0,0191	0,0067	0,0199	0,0129	0,0262

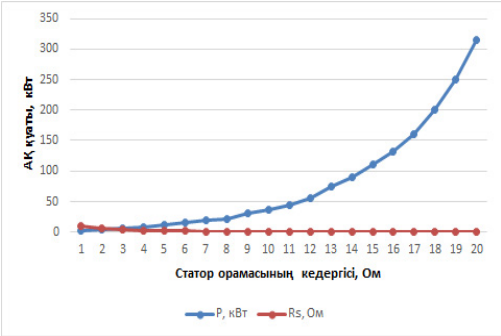
2 суретте мысал ретінде айналу жиілігі 1500 айн/мин болғандағы 20 °С, 125 °С және 250 °С температураларындағы статор кедергілерінің қуатқа тәуелділік графигі көрсетілген. Тәуелділік графиктері келесі түрде алынды: 4А сериялы роторы бар асинхронды электр қозғалтқыштарының сипаттамалары пайдаланылды, онда әртүрлі айналу жиіліктері үшін электр қозғалтқышының қуат функциясындағы статордың кедергісі көрсетілген. $R_s = R_0(1 + aT)$ (мұндағы Rs – статор орамының кедергісі, Ом; Ro – 20 °С-та статор орамасының кедергісі, Ом; а –статор кедергісінің температуралық коэффициенті, 1/°С; Т – статор орамының температурасы, °С) алгебралық теңдеуіне 20 °С, 125 °С және 250 °С температураларының сандық мәндерін қойып, статордың кедергілері анықталды.



T=20 °C



T=125 °C

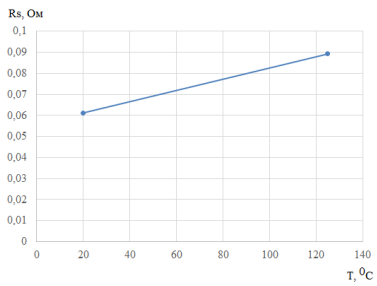


T=250 °C

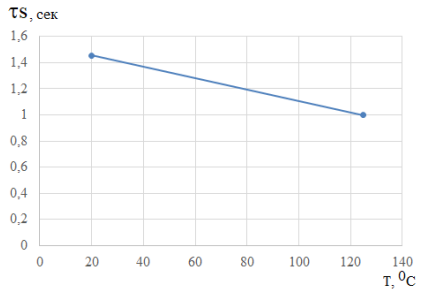
Сурет – 2Қуаты 75 кВт және айналу жиілігі 1500 айн/мин 4А сериялы ҚТР бар АҚ арналған статор орамасының кедергілерінің қуатқа тәуелділік графигі

Алынған графиктерден ҚТР бар АҚ 20 °С, 125 °С және 250 °С температураларында қуат жоғарылаған сайын статор орамасының кедергілері төмендейтінін көрсетті.

Статор орамасының кедергілерінің өзгеруі тұрақты уақыт пен модель коэффициенттеріне айтарлықтай әсер етеді. Excel кестелік процессорының көмегімен 4А сериялы 4A2S0S4Y3 электр қозғалтқышына арналған орамалардың температурасы функциясында Rs статорының кедергісін және ts электромагниттік тұрақты уақытты есептеу жүргізілді. Зерттеулер нәтижесінде алынған графиктер 3 және 4 суреттерде келтірілген.



Сурет – 3 ҚТР бар АҚ статор орамасының кедергісінің температураға тәуелділігі



Сурет – 4 Электромагниттік тұрақты уақыттың статор орамаларындағы температураға тәуелділігі

Қорытынды

Модельдеу эксперименттерінің нәтижесінде талданған ҚТР бар АҚ үшін статор тізбектеріндегі кедергілерінің және электр магниттік тұрақтыларының өзгеру диапазондары анықталды. Айналу жиілігі 1500 айн/мин болатын электр қозғалтқыштары үшін статор кедергісінің қуатқа тәуелді графиктері алынды. Асинхронды электр қозғалтқышты қызып кетуден қорғау жүйесін құру кезінде статор кедергісінің температураға тәуелділігін қолдану ұсынылады. Автоматты реттеу жүйелерін синтездеу және асинхронды электр жетектерінің қорғау жүйесін құру кезінде де осы температура факторын ескеру қажет екендігі анықталды.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Сивокобыленко, В. Ф., Ткаченко, С. Н.** Совершенствование микропроцессорной тепловой защиты короткозамкнутых асинхронных электродвигателей // ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет». – Донецк, 2011. – № 11 – С. 353–359.

2 ABB Ability™ Smart Sensor. Condition monitoring solution for low voltage motors: service note. – ABB, 2017. – 4 p.

3 **Martin, W., Eason, A., Patel, A. G.** Low Voltage Motor Protection. – Rockwell Automation, 2016. – 30 p.

4 **Юндин, М. А.** Токовая защита электроустановок: учебное пособие. – Изд. 2-е испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 288 с.

5 **Басс, Э. И., Дорогунцев, В. Г.** Релейная защита электроэнергетических систем: учебное пособие / под ред. А.Ф. Дьякова. – Москва - Издательство МЭИ, 2002. – 296 с.

6 Zhi, Gao. Sensorless Stator Winding Temperature Estimation for Induction Machines: PhD Dissertation. – Georgia Institute of Technology, 2006, – 220 p.

7 **Киреева, Э. А., Цырук, С. А.** Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. – Москва - Академия, 2013. – 288 с.

8 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов. – Изд 4-е. перер. и. доп. – Москва - Высш. Шк., 2006. – 639 с.

9 Low voltage. General performance motors. – ABB, 2016. – 60 p

10 **Герман-Галкин, С. Г.** Компьютерное моделирование полупроводниковых систем Matlab 6.0: учебное пособие. – Санкт – Петербург – Корона принт, 2001. – 320 с.

11 **Кравчик, А. Э., Шлаф, М. М.** Справочник Асинхронные двигатели серии 4А. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.

REFERENCES

1 **Sivokobylenko, V. F., Tkachenko, S. N.** Sovershenstvovanie mikroprocessornoi teplovoi zaschiti korotkozamknutih asinhronnih elektrodvigatelei [Improvement of microprocessor thermal protection of short-circuited asynchronous electric motors] // SHEI «Donetsk National Technical University». – Donetsk, 2011. – № 11 – P. 353-359.

2 ABB Ability™ Smart Sensor. Condition monitoring solution for low voltage motors: service note. – ABB, 2017. – 4 p.

3 **Martin, W., Eason, A., Patel, A. G.** Low Voltage Motor Protection. – Rockwell Automation, 2016. – 30 p.

4 **Yundin, M. A.** Tokovaya zaschita elektroustanovok [Current protection of electrical installations]: a tutorial. 2nd ed., rev. St. Petersburg: Publishing house «Lan», 2011. – 288 p.

5 **Bass, E. I., Doroguntsev, V. G.** Releinaya zaschita elektroenergeticheskih sistem [Relay protection of electric power systems: study guide] / edited by A.F. Dyakov. – Moscow – Publishing House of MEI, 2002. – 296 p.

6 Zhi, Gao. Sensorless Stator Winding Temperature Estimation for Induction Machines: PhD Dissertation. – Georgia Institute of Technology, 2006, – 220 p.

7 **Kireyeva, E. A., Tsyruk, S. A.** Releinaya zaschita i avtomatika elektroenergeticheskih sistem [Relay protection and automation of electric power systems]. – Moscow – Academy, 2013. – 288 p.

8 **Andreev, V. A.** Releinaya zaschita i avtomatika sistem elektrosnabjeniya [Relay protection and automation of power supply systems]: textbook for universities. – 4th edition. – Moscow – High School., 2006. – 639 p.

9 Low voltage. General performance motors. – ABB, 2016. – 60 p.

10 **Herman-Galkin, S. G**. Kompyuternoe modelirovanie poluprovodnikovih sistem Matlab 6.0 [Computer simulation of semiconductor systems Matlab 6.0]: study guide. Saint-Petersburg - Crown Print, 2001. – 320 p.

11 **Kravchik, A. E., Schlaf, M. M.** Spravochnik Asinhronnie dvigateli serii 4A [Reference Asynchronous motors of the 4A series] – Moscow - Energoizdat, 1982. – 504 p.

Материал баспаға 13.03.23 түсті
.

**Г. С. Нурмаганбетова[1], Ғ. Ж. Асаинов[2],*
Ж. Р. Исаева[3], Ж. С. Нурмаганбетова[4]
[1,2,3]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Астана;
[4]Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,
Республика Казахстан, г. Караганда.
Материал поступил в редакцию 13.03.23.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАВИСИМОСТЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ СТАТОРА ДЛЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ МОЩНОСТЬЮ 3÷315 кВт

Целью данной работы является разработка системы защиты асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором от превышения температуры. Проведен обзор литературных источников, посвящённых методам и защитам асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Анализ показывает, что для обеспечения нормальной работы асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором температура нагрева его активных частей не должна превышать предельно допустимых значений, которые определяются соответствующим классом нагревостойкости системы изоляции, используемой в электродвигателе.

Определены диапазоны изменения сопротивлений статорных обмоток для различной мощности и для различных значений температуры с номинальным значением частоты вращения 1500 об/мин и постоянных времени для асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором серии 4А. Полученные зависимости сопротивления обмотки статора в функции мощности показывают, что с увеличением мощности в диапазоне температур от –60 °С до 250 °С величина сопротивления обмотки статора уменьшается.

Изменение сопротивления обмотки статора существенно влияет на постоянные времени и коэффициенты модели. Средством табличного процессора Excel, осуществлены расчеты сопротивления статора Rs и электромагнитной постоянной времени ts в функции температуры обмоток для электродвигателя 4А280S4Y3 серии 4А.

Определены граничные значения температуры максимально по допустимому нагреву изоляции обмоточного провода и минимально по климатическим условиям.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, сопротивление статора, частота вращения, температурный диапазон, защита.

**G. S., Nurmaganbetova[1] G. ZAssainov [2.],*
Zh. R.,Issayeva[3], Zh. S Nurmaganbetova[4]
[1,2,3,4]Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Republic of Kazakhstan, Astana
[4]Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Republic of Kazakhstan, Karaganda.
Material received on 13.03.23

RESULTS OF DEPENDENCES OF STATOR RESISTANCE FOR ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS WITH A CLOSED-LOOP ROTOR WITH A POWER OF 3÷315 kW

The purpose of this work is to develop a system for protecting an asynchronous motor with a short-circuited rotor from temperature excess. A review of literature sources devoted to the methods and protections of an asynchronous motor with a short-circuited rotor is carried out. The analysis shows that in order to ensure the normal operation of an asynchronous electric motor with a short-circuited rotor, the heating temperature of its active parts should not exceed the maximum permissible values, which are determined by the corresponding class of heat resistance of the insulation system used in the electric motor.

The ranges of resistance changes of the stator windings for different power and for different temperature values with a nominal speed of 1500 rpm and time constants for an asynchronous motor with a closed-loop rotor of the 4A series are determined. The obtained dependences of the resistance of the stator winding as a function of power show that with an increase in power in the temperature range from -60° C to 250 °C, the value of the resistance of the stator winding decreases.

Changing the resistance of the stator winding significantly affects the time constants and coefficients of the model. By means of the Excel spreadsheet processor, calculations of the resistance of the Rs stator and the electromagnetic time constant as a function of the temperature of the windings for the 4A280S4Y3 series 4A electric motor were carried out.

The boundary values of the temperature are determined by the maximum permissible heating of the insulation of the winding wire and the minimum by climatic conditions.

Keywords: asynchronous motor, stator resistance, rotation speed, temperature range, protection.

SRSTI 44.29.31

doi.org/10.48081/BSHR2170

***A. I. Ogarkova[1], Jelena Titko[2], A. B. Utegulov[3], I. V. Koshkin[4], V. Yu Sapa.[4]**

[1,4,5]A. Baitursynov Kostanay Regional University,
Republic of Kazakhstan, Kostanay;
[2]EKA University of Applied Sciences, Latvia, Riga;
[3]S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
Republic of Kazakhstan, Astana
e-mail:ogarkova.anastasia@mail.ru

EMPIRICAL STUDIES OF EMERGENCY MODE PARAMETERS AND THEIR INTERACTION IN DETERMINING THE FAULT LOCATION IN NETWORKS WITH AN ISOLATED NEUTRAL VOLTAGE OF 6(10) - 35 KV

This article considers experimental confirmation of quantitative characteristics of factors influencing the determination of the distance to the fault location in networks with an isolated neutral voltage of 6(10)-35 kV. Experiments were carried out on a 35 kV overhead power line, the selection of optimality criteria was provided, a mathematical model, an experimental plan, a method for analyzing measurement data to damage detection devices were developed, response surfaces were constructed in the Mathcad 14 program in the Pro/ENGINEER package.

According to the results of the experiment on the parameters of the emergency mode, it was found out that the largest influencing factor is the value of the transient resistance at the point of wire breakage of a non-metallic earth fault. It is proved that with a transient resistance above the value of 50 ohms, the distance to the damage site is almost impossible to determine with remote devices that register the parameters of the emergency mode. Recommendations for the development of a mathematical model with the production of logical operations on fuzzy sets of an adaptive neuro-fuzzy system are formulated. It is proposed to apply the mathematical model developed in the future as a basis for designing the element base of the device for determining the location of damage, working on the principle

of artificial intelligence with an adaptive nature of measurements under changing external conditions.

Key words: experiment, single-phase ground fault, fault location, overhead power line, isolated neutral, contact resistance, network isolation.

Introduction

In the lines of electrical networks with a voltage of 6 (10) -35 kV, operating with an isolated neutral, one of the most common types of emergency situations is a single-phase short circuit. A single-phase short circuit is accompanied by an open arc burning at the defect site due to low compensation of capacitive currents, and can lead to overvoltages and insulation breakdown, as well as burnout of secondary switching circuits at substations, and much more [1]. These damages are quite difficult to determine with unstable intermittent short circuits, since the capacitive currents in the power line may be small, and this reduces the likelihood of triggering current relays (or current modules of microprocessor protections) with small parameters of the fixation current. In addition, in the event of earth faults in branched distribution networks of 10 kV, and networks with a small number of branches with a voltage of 35 kV, it is still necessary to carry out part of the work to optimize the normal operation of electric receivers, for example: switching for uninterrupted power supply, separation of the site, operational switching and others [1].

Many studies reveal various problems when searching for a fault in power lines. Thus, the authors [2] propose a method for determining the location of damage using a linear network model and a sparse estimation of parameters, which leads to a nonlinear formulation of the problem. For DC networks, a method is proposed for identifying the accident site by entering signals through a converter, and the fault location is determined by calculating the harmonic impedance [3]. The original method is proposed in [4], in which the method of localization of damage by natural frequency and the traveling wave method are integrated, carried out in two stages. Some scientists [6] propose an original unsynchronized two-pole method for determining damage sites, taking into account the uncertainties of the parameters of the line of three-phase non-transposed networks. An increasing number of scientists are inclined to use machine diagnostic methods. Thus, in [5, 7], the introduction of artificial intelligence is proposed when implementing a two-way combined model for determining the location of a defect, which is based on the maximum average discrepancy of parameters when combining the convolutional neural network of Jan Lekun, and long-term short-term memory.

Thus, analyzing the available modern methods for determining the places of damage in electrical networks, the most urgent task at present is to isolate the statistical relationships of all electrical parameters of the network with a single-

phase earth fault, and further improve the element base of devices for remote search of the defect location. All this will allow using these devices to protect networks with both isolated and compensated neutral.

Materials and methods

The emergency situation occurred on the 35 kV line from the SS-110/35/10 «Borovskaya» – the SS 35/10kV «Dolbushka» of the Mendykarinsky district of the Kostanay region (Figure 1). Power line 13.2 km long. Neutral mode - isolated. There was a wire break, the mode of unstable short circuit to the ground of phase «A», accompanied by an arc. After the emergency shutdown of the line and the transfer of power supply to the reserve, a number of experiments were carried out. Emergency forced shutdown was carried out due to the impossibility of operation of power receivers on the remaining two phases at a voltage of 2.5 – 3.3×Uf, since there was a high overcharging of the line capacitances.

Figure 1 – Arc intermittent single-phase ground fault in the network 35 kV «Borovskaya – Dolbushka»

To analyze the influencing factors on the process of a single-phase earth fault, and further determine the location of the fault, an equivalent circuit of a 35 kV network with distributed parameters of normal and emergency mode was built. The diagram shows the line impedances, taking into account the inductances and recharging capacitances on the remaining phases in operation, and the interphase capacitances. The contact resistance of the arc fault to earth is represented as ZF.

The scheme is shown in Figure 2.

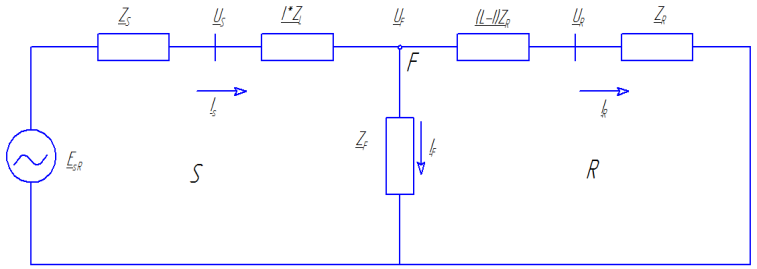


Figure 2 – Model of a damaged overhead power line with a voltage of 35 kV with a single-phase ground fault

The diagram of Figure 2 shows the following symbols of the parameters: S (sending end) - the transmission circuit of the power line; F (fault) - damage node; R (receiving end) - receiving end of the overhead line; l – is the distance to the fault location; L is the total length of the power line; ESR – equivalent EMF at the receiving end of the transmission line; Z_S, Z_R – respectively equivalent resistances on the transmitting and receiving circuits of the power line; I_S, U_S, I_R, U_R – currents and voltages on the transmitting and receiving circuits.

By mathematical processing, the distance to the damage site L_{0was} presented in the form of a differential equation:

$$L_0 = \frac{U_S \cdot k_S \cdot n_S - I_S \cdot d(Z_F)}{I_S \cdot k_S \cdot n_S \cdot Z_L} \quad (1)$$

where U_s – is the voltage at the installation site of the terminal to determine the location of the defect (DFL), V;

n_s – coefficient of current distribution, which takes into account the ratio of the emergency component of the measured current to the current at the installation site of the terminal;

k_s – resistance coefficient taking into account the resistance of the transmission (Z_s) and supply systems (Z_R);

Is– current at the terminal installation location, A;

Z_F – contact resistance at the point of damage, Ohm;

Z_L – resistivity of the power line, Ohm/km.

In general, the mathematical model of the function looks like this:

$$L_0 = f(k_S, n_S, Z_F, U_S) \quad (2)$$

Results and discussion

Taking into account the mathematical model, a research program was developed, which consists of a general methodology presented in Figure 3.

The general methodology determines the conduct of optimization experiments comparing the operation of the installation for measuring the distance to the damage site in the power line-35 kV, depending on changes in the wave resistance expressed by the coefficient , emergency mode currents expressed by the coefficient, the amplitude of the probing signal U_S, and the presence of transient resistance Z_F. Experiments allow us to establish the influence of a complex of factors on the operation of the DFL device.

The main criteria in choosing the optimal parameters for the procedure for finding the fault location in the power line were the possibility of varying the emergency mode parameters within the technical requirements, and the convenience of adjusting the protection settings by changing the variation step.

Controlled, variable factors of the object of study in the diagnosis of their means of determining the location of the malfunction are:

X1(k_s) – resistance coefficient;

X2(n_s) – fault current distribution ratio;

X3(Z_F) – transitional resistance at the point of failure;

X4(U_s) – voltage at the terminal installation site;

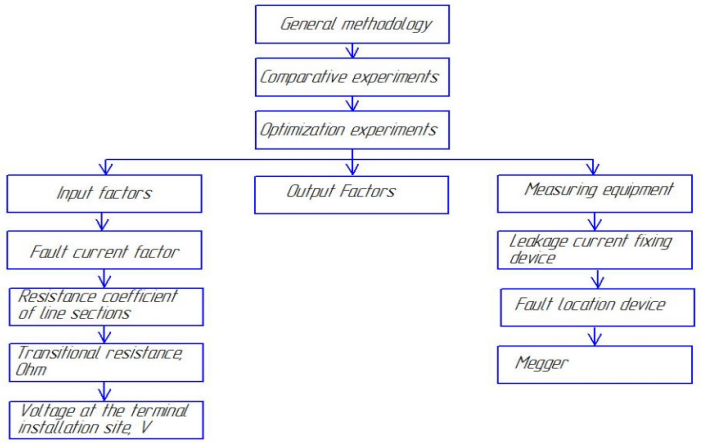


Figure 3 – Research program

An uncontrollable, random factor is the ambient air temperature at the time of the X5 test (since the test lasts for some time. The X5 factor due to the use of multisystem differential microprocessor line protections, in particular SIEMENS SIPROTEC 7Sa522 [8], was not included in the experiment plan due to a significant scatter of parameters temperatures from -440C to +840C. The X4 factor, which is interdependent with the resistance factors, is also not accepted in the experiment.

The experiment was carried out on a physical model of a 35 kV power line with AS-70 wires, 13 200 meters long, with a wire break at a distance of 520 meters from the «Borovskaya» substation. The closure is non-metallic. The scheme of the experiment is shown in Figure 4.

Factors of normal and emergency mode current values (current distribution coefficient), wave resistance of the longitudinal part of the line (resistance coefficient), positive and negative sequence voltage, were set on SIEMENS SIPROTEC 7Sa522, and the transient resistance values were determined by fixing the values of the voltage and current of the earth fault with a measuring device ISA TFS-2100. The TFS-2100 unit is switched on according to the «free core – earth» scheme through the QF circuit breaker.

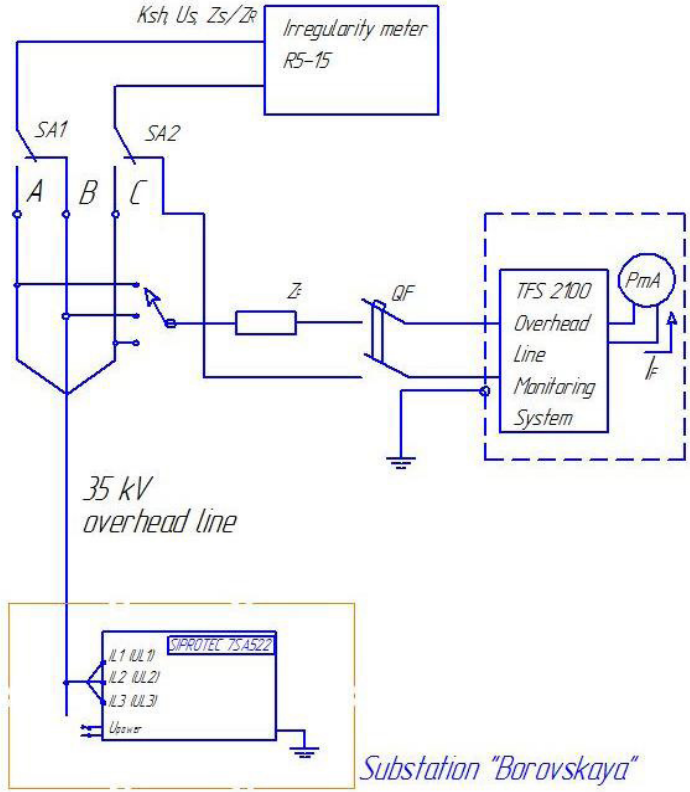


Figure 4 – Scheme of the experiment for determining the location of damage on a 35 kV overhead line, taking into account significant factors

The R5-15 line discontinuity meter duplicates the measurement of the emergency mode parameters, it is included in the measurement of «phase - phase» and «phase - earth», using the pulse measurement method. Measurements on P5-15 were made with the corresponding switch positions. Gain - 0.8; output resistance – 1.5; probing pulse – 1.25; distance, m. – 50x10 = 500; shortening – 1.5 and the temperature at the time of the measurement – 9 ^{0}C.

The experiment was carried out by measuring the parameters of an overhead line with some sufficiently large value of the transition resistance. The value of the transient resistance by initial measurement on the TFS-2100 device was determined by calculation and amounted to 50 Ohm, but subsequently, during the experiment

and the regular supply of a pulse from the DFL device, the transient resistance increased, and its change was recorded in the course of further measurements.

Subsequent measurements are made according to the developed mathematical model of the process, which began with determining the number of repetitions of experiments, which was the limit from the table [9], based on the dependence of the confidence probability on the allowable error.

To implement the experiment, a saturated Pesochinsky plan was chosen at three levels 3k. The levels of variation of factors are given in Table 1.

Table 1 – Levels of variation of factors

Factors	X1 (k_s)	X2 (n_s)	X3 (Z_f)
Upper level (x_i=+1)	6,13	0,22	0
Main level (x_i=0)	2,3	0,37	25,0
Lower level (x_i=-1)	0,48	0,96	50,0

According to the obtained data taken during the implementation of the experiment plan, as well as further processed in Microsoft Excel 2010 (14) and Mathcad 15 with the DoE (design of experiments) function, the regression equation was obtained:

$$Y = 479.9 + 111.8 \cdot x1 + 57.83 \cdot x2 - 90.1 \cdot x3 - 71.2 \cdot x1 \cdot x2 + 109.95 \cdot x1 \cdot x3 + 32.28 \cdot x2 \cdot x3 - 80.17 \cdot x1^2 - 3.02 \cdot x2^2 \quad (3)$$

The statistical significance of the regression coefficients was tested using Student's t-test. The calculated value of Student's criterion is compared with its tabular value. The main regression equation after statistical processing of the model coefficients:

The criterion for the response of the experiment is the distance to the damage site. The validation of the model was tested by the F-criterion of Fisher's theory. The calculated value of the F-criterion was determined by the formula [9]. $F^{cal} = 0,61$. The adequacy of the model was checked according to the formula [9] depending on the chosen level of significance [10]. $F^{cal} = 0,61 < F^{tabl} = 3,63$ [10]. The model is adequate.

To analyze the influence of factors on the distance to the damage sites, the response surfaces shown in Figures (5 – 7) were built.

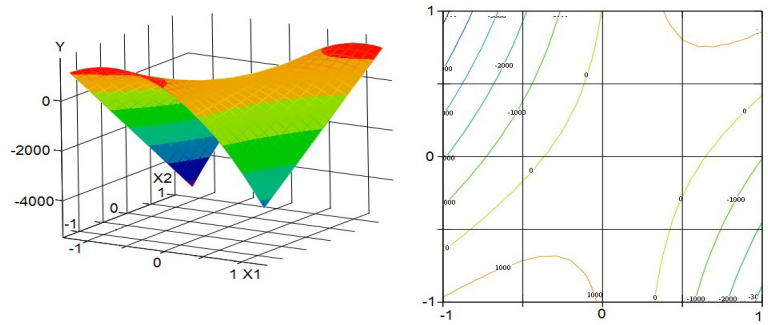


Figure 5 – Dependence of the distance to the defect Y from X1 and X2

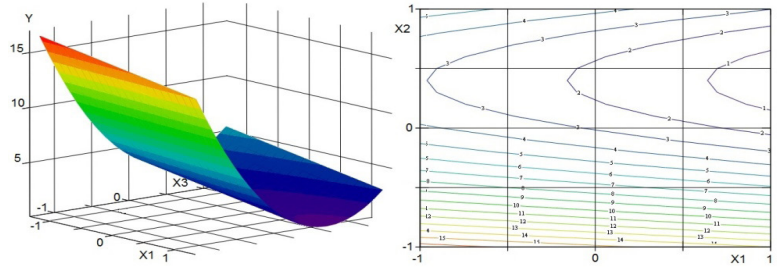


Figure 6 – Dependence of the distance to the damage site Y from X1 and X3

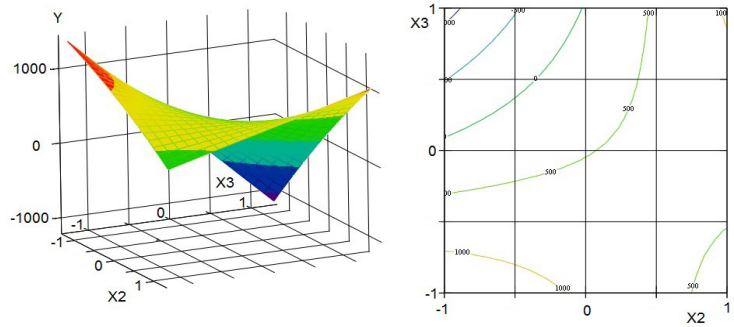


Figure 7 – Dependence of the distance to the damage site Y from X2 and X3

Analysis of mathematical models of the regression of the process of determining the distance to the fault location of the 35 kV overhead line, and their graphical interpretations in the Mathcad 14 program (Figures 5–7) revealed that

a decrease in X1 by every 0.1 value entails an increase in the error in the distance to the fault location by about by 50 %. This is due to an increase in the earth fault current with a decrease in transient resistance, as well as a change in the charging capacitive currents in the single-phase fault circuit. A change in the X2 parameter has a similar effect. An increase in ZF at the damage site (Figures 6, 7) for every 10 Ohm leads to a twofold error in measuring the distance value, while at values of 50 Ohm and more, the distance to the damage site increases in a non-linear progression, and it becomes impossible to determine the distance to the defect site.

Conclusions

The article considers the implementation of tasks to determine the influencing factors and their quantitative values, to determine the distance to the fault in a network with an isolated neutral voltage of 6 (10) – 35 kV.

Experiments were carried out on a 35 kV overhead power line, an experimental plan was formed, a mathematical model was developed, and a method of fractional factorial experiment was implemented.

According to the results of the experiment, it was found that the greatest influencing factor is the value of the transient resistance at the point of breakage of the non-metallic ground fault wire. It is shown that when the transient resistance is higher than 50 Ohm, the distance to the damage site is almost impossible to determine by devices that record the parameters of the emergency mode. Moreover, the inclusion of the network in the capacitive current compensation mode does not remove the problem of transient resistance due to a change in the equivalent capacitance of the entire network.

Since it is impossible to predict or exclude the mode of unstable earth fault through transient resistance, it is proposed to further develop a mathematical model with the production of logical operations on fuzzy sets of an adaptive neuro-fuzzy system. This developed mathematical model can be used as a basis for designing the element base of a damage location device operating on the principle of artificial intelligence with an adaptive nature of measurements under changing external conditions.

REFERENCES

1 **Shabad, M. A.** Raschety relejnoj zashchity i avtomatiki raspredelitel'nyh setej [Calculations of relay protection and automation of distribution networks] : 44th ed., rev. and additional / M. A. Shabad. – SPb. : PEIPK, 2010. – 350 p., ill.

2 **Yixiong Jia; Yu Liu; Binglin Wang; Dayou Lu; Yuzhang Lin.** Power Network Fault Location with Exact Distributed Parameter Line Model and Sparse Estimation // Electric Power Systems Research. – Volume 212. – November 2022. – 108137. – https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108137

3 **ChaoZhang, HuaiyuWang, ZhimingWang, Yudun Lic.** Active detection fault diagnosis and fault location technology for LVDC distribution networks / International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – Vol. 148. – June 2023, 108921.https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108921

4 **Mingguang Zhang, Wenyuan Zhao, Pengcheng Li.** Two-terminal fault combination location method on MMC-HVDC transmission lines based on ensemble empirical mode decomposition // Energy. Reports. – V. 9. – Supplement 1. – March 2023. – P. 987–995.– https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.11.135

5 **Soufiane Belagoune, Noureddine Bali, Azzeddine Bakdi, Boussaadia Baadji, Karim Atif.** Deep learning through LSTM classification and regression for transmission line fault detection, diagnosis and location in large-scale multi-machine power systems // Measurement. – V. 17. – June 2021. – 109330. – https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109330

6 **Dian Lu, Yu Liu, Dayou Lu, Binglin Wang,** Xiaodong Zheng. Unsynchronized fault location on untransposed transmission lines with fully distributed parameter model considering line parameter uncertainties // Electric Power Systems Research. – V. 202 – January 2022. – 107622. – https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107622.

7 **Xinghua Wang, Peng Zhou, Xiangang Peng, Zelin Wu,** Haoliang Yuan. Fault location of transmission line based on CNN-LSTM double-ended combined mode l//. Energy Reports. – V. – 8. – Supplement 5. – August 2022. – Pages 781–791. – https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.02.275

8 Distance protection for transmission lines. SIPROTEC 7SA522 / [Электронный адрес] – (https://new.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/protection-relays-and-control/siprotec-4/distance-protection/distance-protection-for-transmission-lines-siprotec-7sa522.html).

9 **Novik, F.S., Arsov, Ya.B.** Optimizatsiya protsessov tekhnologii metallov metodami planirovaniya eksperimentov [Optimization of metal technology processes by methods of planning experiments] / Novik F.S., Arsov Ya.B. – M.: Engineering, 1980. – 237 p.

10 **Adler, Yu.P.** Vvedeniye v planirovaniye eksperimenta [Introduction to experiment planning] / Yu.P. Adler. – M. : Metallurgy, 2019. – 160 p.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Шабад, М. А.** Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей [Текст]: 4-е изд., испр. и доп. / М. А. Шабад. – СПб.: ПЭИПК, 2010. – 350 с., ил.

2 **Yixiong Jia; Yu Liu; Binglin Wang; Dayou Lu; Yuzhang Lin.** Power Network Fault Location with Exact Distributed Parameter Line Model and Sparse

Estimation / Electric Power Systems Research. – V. 212. – November 2022 – 108–137. – https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108137

3 **ChaoZhang, HuaiyuWang, ZhimingWang,** YudunLic. Active detection fault diagnosis and fault location technology for LVDC distribution networks // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – V. 148. – June 2023 – 108921. – https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108921

4 **Mingguang Zhang, Wenyuan Zhao, Pengcheng Li.** Two-terminal fault combination location method on MMC-HVDC transmission lines based on ensemble empirical mode decomposition // Energy. Reports. – V. 9. – Supplement 1 – March 2023. – Pages 987-995.–https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.11.135

5 **Soufiane Belagoune, Noureddine Bali, Azzeddine Bakdi, Boussaadia Baadji,** Karim Atif. Deep learning through LSTM classification and regression for transmission line fault detection, diagnosis and location in large-scale multi-machine power systems // Measurement. – V. 177. – June 2021. – 109330. – https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109330

6 **Dian Lu, Yu Liu, Dayou Lu, Binglin Wang, Xiaodong Zheng.** Unsynchronized fault location on untransposed transmission lines with fully distributed parameter model considering line parameter uncertainties. Electric Power Systems Research. – V. – 202. – January 2022. – 107622. – https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107622

7 **Xinghua Wang, Peng Zhou, Xiangang Peng, Zelin Wu,** Haoliang Yuan. Fault location of transmission line based on CNN-LSTM double-ended combined model. Energy Reports. – Volume 8, Supplement 5, August 2022, Pages 781–791. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.02.275

8 Дистанционная защита линий электропередач. SIPROTEC 7SA522 – [Electronic resource] – (https://new.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/protection-relays-and-control/siprotec-4/distance-protection/distance-protection-for-transmission-lines-siprotec-7sa522.html)

9 **Новик, Ф. С., Арсов, Я. Б.** Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов [Текст] / Новик Ф. С., Арсов Я. Б. – М. : Машиностроение, 1980. – 237 с.

10 **Адлер, Ю. П.** Введение в планирование эксперимента / Ю. П. Адлер. - М. : Металлургия, 2019. – 160 с.

Material received on 13.03.23

**А. И. Огаркова[1], Jelena Titko[2], А. Б. Утегулов[3], И. В. Кошкин[4], Сапа В.Ю.[5]*
[1,4,5] А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университеті,
Қазақстан Республикасы, Қостанай қ.;
[2]ЕКА қолданбалы ғылымдар университеті, Латвия, г. Рига.
[3] С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ОҚШАУЛАНҒАН БЕЙТАРАП КЕРНЕУІ 6 (10) – 35 КВ ЖЕЛІЛЕРДЕГІ ЗАҚЫМДАНУ ОРНЫН АНЫҚТАУ КЕЗІНДЕ АПАТТЫҚ РЕЖИМНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІН ЭМПИРИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

Бұл мақалада 6 (10) – 35 кВ оқшауланған бейтарап кернеуі бар желілерде ақауға дейінгі қашықтықты анықтауға әсер ететін факторлардың сандық сипаттамаларын тәжірибе жүзінде растау қарастырылады. 35 кВ әуе электр желісінде эксперименттер жүргізілді, оңтайлылық критерийлерін таңдау қамтамасыз етілді, математикалық модель, эксперименттік жоспар, ақауларды анықтау құрылғыларының өлшеу деректерін талдау әдісі әзірленді, Mathcad 14 бағдарламасында жауап беру беттері салынды. Pro / ENGINEER бумасында.

Төтенше жағдай режимінің параметрлері бойынша жүргізілген тәжірибе нәтижелері бойынша металл емес жерге тұйықталу сымының үзілу нүктесіндегі өтпелі кедергінің мәні ең үлкен әсер ететіні анықталды. Өтпелі кедергі 50 Ом-ден жоғары болған кезде апаттық режимнің параметрлерін жазатын қашықтағы құрылғылармен ақаулық орынға дейінгі қашықтықты анықтау мүмкін емес екені дәлелденді. Адаптивті нейро-бұлыңғыр жүйенің анық емес жиындары бойынша логикалық операцияларды шығару арқылы математикалық модельді әзірлеу бойынша ұсыныстар тұжырымдалған. Бұдан әрі әзірленген математикалық модельді сыртқы жағдайлар өзгерген кезде өлшемдердің бейімделу сипатымен жасанды интеллект принципі бойынша жұмыс істейтін зақымдануды анықтау құрылғысының элементтік негізін жобалау үшін негіз ретінде қолдану ұсынылады.

Кілтті сөздер: тәжірибе, бір фазалы жерге тұйықталу, ақаудың орны, әуе электр желісі, оқшауланған бейтарап, контакт кедергісі, желіні оқшаулау.

**А. И. Огаркова[1], Елена Титко[2], А. Б. Утегулов[3], И. В. Кошкин[4], Сапа В. Ю.[5]*
[1,4,5]Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, Республика Казахстан, г. Костанай;
[2]Высшая школа экономики и культуры, университет прикладных наук

(ЕКА), Латвия, г. Рига;
[3]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана
Материал поступил в редакцию 13.03.23.

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ НАПРЯЖЕНИЕМ 6(10) - 35КВ

В данной статье рассматривается экспериментальное подтверждение количественных характеристик факторов, влияющих на определение расстояния до места неисправности в сетях с изолированной нейтралью напряжением 6(10)-35кВ. Проведены эксперименты на воздушной линии электропередачи 35 кВ, провиден выбор критериев оптимальности, разработана математическая модель, план эксперимента, метод анализа данных измерений устройствам определения мест повреждений, построены поверхности отклика в программе Mathcad 14 в пакете Pro/ENGINEER.

По результатам эксперимента по параметрам авариного режима выяснено, что наибольший влияющий фактор являет собой величина переходного сопротивления в месте обрыва провода неметаллического замыкания на землю. Доказано, что при переходном сопротивлении выше значения 50 Ом, расстояние до места повреждения практически невозможно определить дистанционными приборами, регистрирующими параметры аварийного режима. Сформулированы рекомендации по разработке математической модели с производством логических операций над нечёткими множествами адаптивной нейро-нечеткой системы. Предлагается разработанную в дальнейшем математическую модель, применить как основу для проектирования элементной базы устройства определения места повреждения, работающее на принципе искусственного интеллекта с адаптивным характером измерений при измени внешних условий.

Ключевые слова: эксперимент, однофазное замыкание на землю, место повреждения, воздушная линия электропередачи, изолированная нейтраль, переходное сопротивление, изоляция сет

МРНТИ:44.01.05

doi.org/10.48081/YCWU6139

К. С. Олжабаева[1], А. С. Расмухаметова[2], С. Н. Нахан[3], А. Е. Карманов[4], А. З. Абжекеева[5]
[1,2,3]Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
[4,5]Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar
email: k.olzhabayeva@aues.kz

КҮН ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ КОЛЛЕКТОРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Күн көзінен шығатын энергия қазіргі тұтынушылардың қажеттіліктерін толығымен қанағаттандыра алады - ол баламалы (және арзан) энергия көзі ретінде пайдаланылады және де күн батареялары маңызды рөл атқаратын тұтынушылардың басқа қажеттіліктері де жоққа шығарылмайды. Бірақ бүгінгі күнге келгенде, күн энергиясымен жұмыс істейтін су жылыту жүйелері танымал бола бастады.

Мақала Алматының климаттық жағдайында жылу алу көзі ретінде күн көзі энергиясын пайдалану мүмкіндігіне арналған. Материал күн энергиясының коллекторын қарастырады және оның түрлері мен құрылымдарына сипаттама береді.

Параболоцилиндрлік концентраторы бар және күннің азимутальды қозғалысын автоматты түрде бақылауға арналған сағат жетегі бар күн энергиясы коллекторының сипаттамасы, сондай-ақ «Демитан»күн жылу коллекторының конструкциясы келтірілген. Концентратордың тиімді пайдалы әрекет коэффициенті есептелді, рельефтің 50 с.е. ендігі үшін есептеу нәтижелері бойынша график салынды. Жердің географиялық ендігіне байланысты коллектордың көкжиекке оңтайлы көлбеу бұрышы табылды. Күн энергетикалық коллекторының бетіне сәулеленудің орташа айлық тығыздығын қайта есептеу коэффициенті, мөлдір қабықшалардың мінсіз селективті жабыны жағдайында жылу жоғалту коэффициенті анықталды, коллектордың жылу және электр тиімділігінің аналитикалық көрінісі алынды.

Кілттік сөздер: күн энергиясының коллекторы, күн фотоэлектрлік панельдері, абсорбер, күн энергиясының концентрациясы, параболоцилиндрлік концентратор.

Кіріспе

Күн қондырғысының негізгі құрылымдық элементі күн энергиясының коллекторы (КЭК) болып табылады, онда күн энергиясы қабылданады және энергияның басқа түрлеріне түрленеді. Егер күн энергиясы коллекторда жылуға айналса, онда мұндай КЭК жылулық деп аталады, егер түрлендіру электр энергиясына болса, онда мұндай КЭК күн фотоэлектрлік панельдері деп аталады, егер күн энергиясының жылу және электр энергиясына айналуы болса, онда мұндай КЭК абсорберлер деп атауға болады.

Материалдар мен әдістер

Коллекторлардың екі негізгі түрі бар – тегіс және фокустау. Фокустау коллекторларда коллектордың абсорберіне түсетін күн энергиясының концентрациясы орын алады.

КЭК тиімділігі оның пайдалы әсер коэффициентімен анықталады η [1]:

$$\eta = \eta_0 - K\left(T_{вх} - T_н\right)/\kappa\,\gamma\,I \qquad (1)$$

мұнда к у I=Ik– КЭК бетіне түсетін күн радиациясының тығыздығы, γ – тиімді концентратор коэффициенті, Η0 – коллектордың оптикалық тиімділігі, сіңірілген күн энергиясы ағынының коллектор аймағына берілгенге қатынасына тең IK, К – жылуды жоғалту коэффициенті,$T_{вх}$, $T_н$– коллектордың кірісіндегі салқындатқыш температурасы және сыртқы ауа температурасы, I – бұлтсыз аспанмен берілген аумақта горизонталь беттегі күн радиациясының орташа айлық немесе орташа жылдық тығыздығы, к - нақты ағын коэффициенті.

Оптикалық КЭК мөлдір оқшауламасының сәуле өткізгіштігі коэффициентімен τ және оның жұту коэффициентінің а көбейтіндісі ретінде анықталады. Тегіс коллектор үшін ол γ жылдың кезеңіне және коллектор бетінің көкжиекке еңкею бұрышына β байланысты [5].

Фотоэлектрлік панельдер үшін электр пайдалы әсер коэффициенті жылу жоғалтуға тәуелсіз және Η э келесідей анықталады:

$$\eta_э = \tau \cdot \alpha_э \cdot I_к, \qquad (2)$$

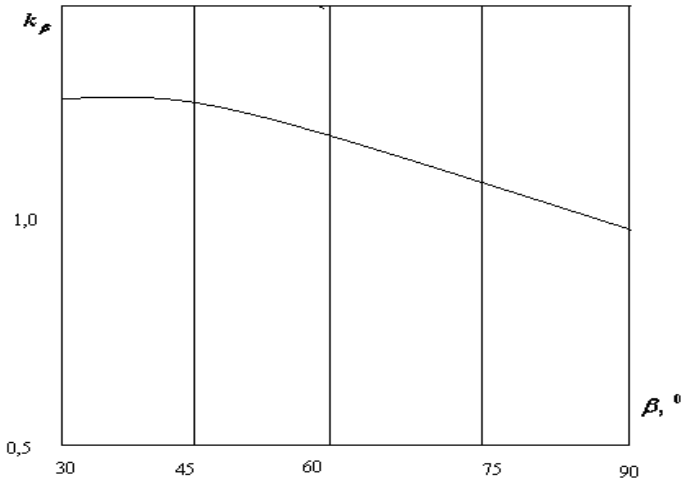
мұнда $\alpha_э$ – панельдің түріне байланысты күн панелінің электрлік тиімділігі.

Нәтижелер және талқылау

Жұмыста [2] «Демитан» күн жылу коллекторының дизайны келтірілген, ол кіріс және шығыс құбырларымен байланысқан бірдей бөлімдердің қажетті санынан тұрады. Әрбір бөлім қаттылық шеттерімен бірқатар секторларға бөлінген сақина арнасын құрайтын күн сәулесі үшін мөлдір екі коаксиалды цилиндрлік қабықшадан тұрады. Бөлімнің мөлдір корпусы осьтік құбырлы жылу қабылдағышқа (абсорберге) қатысты бекітілген. Жылу қабылдағышқа параболоцилиндрлік концентратор бекітілген, ол жылу жетегі арқылы күнге қарай бұрылады.

Аталған «Демитан» жылу коллекторының дизайны оны тек жылу ғана емес, сонымен қатар электр энергиясын өндіруге арналған энергия коллекторына айналдыруды жеңілдетеді. Ол үшін концентратордың ішкі беті фотоэлектрлік панель арқылы қамтамасыз етіледі, ал түскен сәуле $\alpha_э I_K$ электр энергиясына айналады, қалғаны абсорберге әсер етеді. Коллектордың тиімділігін арттыру үшін жылу жетегін концентратордың күндізгі бағытына қатысты концентратордың бір сағаттық айналымы бар таймермен 15-ке ауыстыру және мөлдір қабықтарды селективті пленкамен жабу ұсынылады [9].

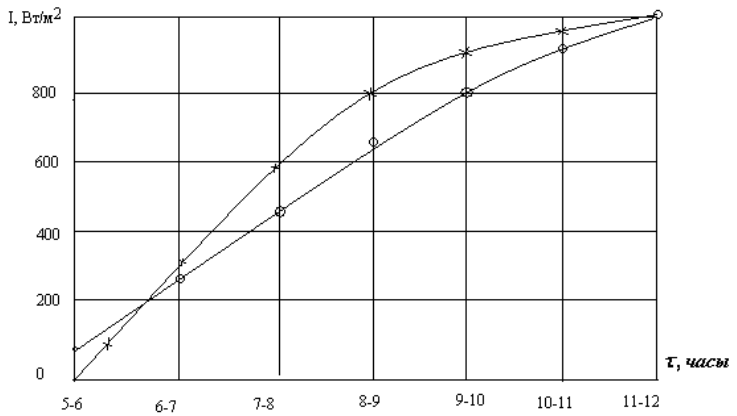
Біз концентратордың тиімді ПӘК-ін есептейміз. Ол [1,3] рельефтің географиялық ендігіне , сағаттық бұрышқа және күннің ауытқуына , абсорбер беттің көкжиекке бейімділік бұрышына , көлденең беттегі күн азимутына тәуелді.



Сурет 1 – Көлденең бетінен көлбеу бетке жалпы күн радиациясының

орташа жылдық қайта есептеу коэффициенті. Географиялық ендік 50 с.е.

1-суретте көлбеу бұрышына β байланысты көлденең бетінен коллектор бетіне күн энергиясының жиынтық (тікелей + шашыраңқы) ағынын есептеудің орташа жылдық орташа айлық коэффициентінің өзгеруі келтірілген . График жұмыста келтірілген 50 с.е. үшін есептеу нәтижелері бойынша салынған [1].



Сурет 2 – Көлденең бетке жалпы күн радиациясы

Графиктен көріп отырғанымыздай, орташа жылдық қайта есептеу коэффициенті k_β максимум β= 39˚ болады, бұл оңтайлы қатынас мәніне сәйкес келеді β / φ= 0,78. Бұдан шығатыны, Алматы қаласы үшін орташа жылдық мәні $к_\beta$ = 1,3 болғандағы көлбеу бетінің көкжиекке еңкеюінің оңтайлы бұрышы 33,8˚-ге тең. Жазғы кезең үшін (16 наурыздан 15 қыркүйекке дейін) ол – 1,2, қысқы кезең үшін (16 қыркүйектен 15 наурызға дейін) – 1,4.

Шілдеде 36 с.е. ендікте бұлтсыз аспан кезінде көлденең бетке жиынтық күн радиациясының орташа айлық тығыздығының тәуліктік өзгеруі 2-суретте келтірілген. График көлденең бет үшін күннің батуы (шығуы) сағаттық бұрыштары $\omega_з$ шегінде жұмыс деректері [4] бойынша салынған

$$\omega_з = arc\cos\left(-tg\varphi tg\delta\right).$$

Графиктен көріп отырғанымыздай, жалпы күн радиациясының тәуліктік өзгеруі берілгендердің қатынасымен жақсы сипатталады

$$I_\omega = 0{,}921\ I_0 \cos\omega \tag{3}$$

мұндағы I_0 – түстегі сәулелену тығыздығы, 0,921-эмпирикалық коэффициент, бұл cos ω немесе cos a заң бойынша КЭК ауданының қалыпты сәулеленуінің төмендеуімен байланысты.

Күннің шығуы (батуы) сағаттық бұрыштары $\omega_з$ шегінде күннің аспанда азимутальды қозғалысын автоматты түрде бақылайтын жүйелер үшін бұлтсыз аспандағы коллектор бетіне күн радиациясының орташа айлық тығыздығы I_a формула бойынша есептелуі керек [7]

$$I_a = \kappa_a \cdot I, \tag{4}$$

мұндағы $к_a$= 1,714.

КЭК-ге түсетін бұлттылықтың нақты жағдайында орташа айлық күн радиациясының тығыздығы формула бойынша есептелуі мүмкін

$$I_k = \kappa\kappa_\beta \cdot \kappa_\alpha I = 2{,}228\,\kappa I. \tag{5}$$

Мөлдір қабықтарды идеалды селективті жабу жағдайында жылу жоғалту коэффициентін есептейміз. Ішкі қабық пен абсорбер арасындағы кеңістікті цилиндрлік ауа қабаты ретінде қарастыруға болады. Анықтаушы критерий $G_r \cdot P_r = 2{,}5 \cdot 10^5$ [10]. Демек ауа қабатының жылу өткізгіштігінің эквивалентті коэффициенті $\lambda_{экв} = 2\lambda$, мұндағы λ – ауаның жылу өткізгіштік коэффициенті [6]. Содан кейін $К_\ell$ формула бойынша анықталынады:

$$K_\ell = \frac{1}{\dfrac{1}{\alpha_н \cdot d_3} + \dfrac{1}{2\lambda_{экв}}\ell n\dfrac{d_2}{d_1} + \dfrac{1}{2\lambda}\ell n\dfrac{d_3}{d_2}}, \tag{6}$$

мұндағы $\alpha_н$ – 23 Вт/м^2 · ˚С -ге тең қабылданған КЭК-тің сыртқы бетіндегі жылуберу коэффициенті [8], d_1, d_2, d_3 – жылу қабылдағыш пен қабықшалардың диаметрлері. Есептеулер 0,053 Вт/ м^2 · ˚С -ге тең «Демитан» энергетикалық коллекторының жылу шығынының сызықтық коэффициентінің мәнін береді. Содан кейін (1) қатынасы келесідей болады

$$\eta = \eta_0 - \frac{11{,}15\,\ell}{\kappa\, I}, \qquad (7)$$

мұндағы ℓ – аудан бірлігіне есептегенде коллектордың секцияларының ұзындығы.

Қорытындылар

Осылайша, күннің азимутальды қозғалысын автоматты түрде бақылайтын параболоцилиндрлік концентраторы бар көкжиекке оңтайлы көлбеу бұрышы бар күн энергиясының коллекторы түсетін Күн радиациясының коллекторының тығыздығын арттырады.

Күн фокустау коллекторы көкжиекке оңтайлы көлбеу бұрышы бар және параболоцилиндрлік концентраторы бар, күннің батуы (шығуы) сағаттық бұрыштары шегінде күннің аспан бойымен азимутальды қозғалысын автоматты түрде бақылайды, коллектор бетіне түсетін күн радиациясының тығыздығын 2,23 есе арттыруға мүмкіндік береді. Сақиналы ауа саңылауы бар және селективті пленкасы бар екі қабатты мөлдір коллекторлық оқшаулаудың конструкциясы коллектордың жылу жоғалту коэффициентін едәуір төмендетеді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Харченко, Н. В. Индивидуальные солнечные установки [Текст]. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

2 Пак, М. И., Пак, И. М., Ем, Т. М. Солнечный тепловой коллектор «Демитан», Патент KZ № 10952, кл. F24J 2/14, F24J2/54, 2001.

3 СНиП РК 2.04-01-2001 Строительная климатология [Текст]. – Астана, 2002.

4 Справочное пособие к СНиП Строительная климатология [Текст]. – М. : Стройиздат, 1990.

5 Исаченко, В. П., Осипова, В. А., Сукомел А. С. Индивидуальные солнечные установки [Текст]. – М. : Энергоатомиздат, 2015. – С. 126 – 128

6 Павлов, Н. Солнечная энергия – энергия будущего [Текст] // Электроника: наука, технология, бизнес. 2013.№ 1(123). – С. 130–137.

7 Умаров, Г. Я., Ершов, А. А. Солнечная энергетика [Текст]. – М. : Знание, 1974. – 64 с.

8 СНиП РК 2.04-03-2002 Строительная теплотехника [Текст]. – Астана, 2002.

9 Удалов, С. Н. Возобновляемые источники энергии [Текст] – Новосибирск : Изд-во НГТУ 2014. – 459 с.

10 Быстрицкий, Г. Ф. Основы энергетики : учебник [Текст]. – М. : ИНФРА-М, 2007. – 278 с.

REFERENCES

1 **Kharchenko, N. V.** Individualny'e solnechny'e ustanovki [Individual solar installations] [Text] – Moscow.: Energoatomizdat, 1991. – 208 p.

2 **Pak, M. I., Pak, I. M., Em, T. M. S**olnechny'i teplovoi kollektor «Demitan» [Solar thermal collector «Demitan»] [Text] Patent KZ No. 10952, cl. F24J 2/14, F24J2/54, 2001.

3 SNiP RK 2.04-01–2001 Stroitel'na'ya klimatologi'ya [Construction climatology] [Text]. – Astana, 2002.

4 Spravochnoe posobie k SNiP Stroitel'na'ya klimatologi'ya [Reference guide to the SNiP Construction Climatology] [Text]. – Moscow : Stroyizdat, 1990.

5 **Isachenko, V. P., Osipova, V. A., Sukomel, A. S.** Individualny'e solnechny'e ustanovki [Individual solar installations] [Text] – Moscow : Energoatomizdat, 2015 –P. 126–128

6 **Pavlov, N.** Solnechnaya e'nergiya – e'nergiya budushego [Solar energy - the energy of the future] [Text]// In Electronics : science, technology, business.– 2013.–No. 1(123). – P. 130–137

7 Umarov, G. Ya., Ershov, A. A. Solnechnaya e'nergetika [Solar power engineering] [Text]. – Moscow : Znanie, 1974. – 64 p.

8 SNiP RK 2.04-03-2002 Stroitel'na'ya teplotekhnika [Construction heat engineering] [Text] – Astana, 2002.

9 **Udalov, S. N.** Vozobnovlyamy'e istochniki e'nergii [Renewable energy sources] [Text]. – Novosibirsk : Publishing House of NSTU 2014. – 459 p.

10 **Bystritsky, G. F.** Osnovy' e'nergetiki: uchebnik [Fundamentals of energy: textbook] [Text]. – Moscow : INFRA-M, 2007. – 278 p.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

**К. С. Олжабаева[1], А. С. Расмухаметова[2], С. Н. Нахан[3], А. Е. Карманов[4], А. З. Абжекеева[5]*

[1,2,3]АУЭС им Г.Даукеева, Республика Казахстан, г. Алматыч;

[4,5]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОЛЛЕКТОРА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Энергия, выделяемая Солнцем, полностью удовлетворяет потребности современных потребителей – она используется в качестве альтернативного (и более дешевого) источника энергии, не исключены и другие потребности потребителей, в которых солнечные батареи играют важную роль. Но в последнее время системы водяного отопления на солнечной энергии становятся все более популярными.

Статья посвящена возможности использования солнечной энергии как источника получения тепла в климатических условиях Алматы. В материале рассматривается солнечный энергетический коллектор и дается характеристика его типам и конструкциям.

Приведено описание солнечного энергетического коллектора с параболоцилиндрическим концентратором и с часовым приводом для автоматического слежения за азимутальным перемещением солнца, а также конструкция солнечного теплового коллектора «Демитан». Был рассчитан эффективный КПД концентратора, построен график по результатам расчета для широты местности 50˚с .№ Найден оптимальный угол наклона коллектора к горизонту в зависимости от географической широты местности. Определены коэффициент пересчета среднемесячной плотности излучения на поверхность солнечного энергетического коллектора, коэффициент теплопотерь при условии идеального селективного покрытия прозрачных оболочек, получено аналитическое выражение теплового и электрического КПД коллектора.

Ключевые слова: коллектор солнечной энергии, солнечные фотоэлектрические панели, абсорбер, концентрация солнечной энергии, параболоцилиндрический концентратор.

**K. S. Olzhabayeva[1], A. S. Rasmukhametova[1], S. N. Nahan[1], A. E. Karmanov[2], A. Z. Abzhekeyeva[2]*
[1,2,3]Almaty university of power engineering and telecommunications named after G. Daukeev, Republic of Kazakhstan, Almaty;
[4,5]Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar:
Material received on 13.03.23

SOLAR ENERGY COLLECTOR EFFICIENCY

The energy released by the Sun fully meets the needs of modern consumers – it is used as an alternative (and cheaper) energy source, and other consumer needs in which solar panels play an important role are not excluded. But recently, solar-powered water heating systems have become increasingly popular.

The article is devoted to the possibility of using solar energy as a source of heat generation in the climatic conditions of Almaty. The material considers a solar energy collector and characterizes its types and structures.

The description of a solar energy collector with a parabolocylindrical concentrator and a clock drive for automatic tracking of the azimuthal movement of the sun, as well as the design of the solar thermal collector «Demitan» is given. The effective efficiency of the concentrator was calculated, a graph was constructed based on the calculation results for the latitude of the terrain lat 50^0 The optimal angle of inclination of the collector to the horizon was found, depending on the geographical latitude of the terrain. The conversion coefficient of the average monthly radiation density on the surface of the solar energy collector, the heat loss coefficient under the condition of an ideal selective coating of transparent shells are determined, an analytical expression of the thermal and electrical efficiency of the collector is obtained.

Keywords: solar energy collector, solar photovoltaic panels, energy collectors, solar energy concentration, parabolocylindric concentrator.

МРНТИ 44.39.29

doi.org/10.48081/MMTB4378

***Д. К. Оразова[1], Р. Е. Лукпанов[2], Г. Т. Тлеуленова[2], А. Д. Алтынбекова[2]**

[1]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
[2]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
email:dinarzhan_84@mail.ru

ҚУАТЫ 60 МВТ ШЕЛЕК ДӘЛІЗІНДЕГІ ЖЕЛ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ (ЖЭС) АУМАҒЫН ЗЕРТТЕУ

Мақалада қуаты 60 МВт Шелек дәлізіндегі жел электр станциясының (ЖЭС) аумағын геологиялық зерттеу мәселелері қарастырылған. Қазақстан аумағында жел электр станцияларын салу мәселелері қаралды. Желдің жылдамдығы санатына баға берілді.

Мақалада жел электр қондырғысын (ЖЭҚ) жобалау үшін қажетті құрылыс ауданының аймақтық ерекшеліктері, атап айтқанда инженерлік-геологиялық және климаттық жағдайлар келтірілген. ЖЭҚ жобасының негізгі конструктивті және технологиялық шешімдері, жобаны жобалауға және одан әрі іске асыруға алғышарттар берілген.

Құрылыс нормалары және ережелері (ҚНжЕ) техникалық талаптарына сәйкес келетін инженерлік-геологиялық жағдайлар келтірілген, қолайсыз физика-геологиялық процестер мен құбылыстар көрсетілген.

Құрылыстың осы ауданы үшін іргетастың конструктивті шешімдері келтірілген, жел энергетикасы қондырғысына (ЖЭҚ) плиталы-қадалық іргетастар жобаланған.

ЖЭҚ іргетасының құрылыс конструкциялары жоспарда диаметрі 18 м шеңбер түрінде монолитті ростверкпен (іргетас плитасы), сондай-ақ диаметрі 1050 мм бұрғылау қадаларымен ұсынылған. Ростверктің жоғарғы бетінің шеңберінің диаметрі (мойынтірек мұнарасының тірек негізі) – 6,5 м.

Жел энергетикасы қондырғысының және мұнараның іргетасын табиғи өлшеу нәтижелері бойынша жел энергетикасы қондырғысының жел қысымынан жел энергетикасы қондырғысының іргетасының вибрациялық параметрлерін болжау жасалу керек.

Кілтті сөздер: баламалы энергетика, ЖЭҚ, іргетас, жүктеме, геология.

Кіріспе

Қазақстанда қуаты 60 МВт болатын жаңа жел электр станциясы (ЖЭС) пайдалануға берілді. Энергетикалық объект Алматы облысының Еңбекшіқазақ ауданында Шелек дәлізі деп аталатын, ЖЭК әлеуетін дамыту үшін бірегей өңірде тұрғызылған.

Қазақстанда қуаты 60 МВт болатын жаңа жел электр станциясы (ЖЭС) пайдалануға берілді. Энергетикалық объект Алматы облысының Еңбекшіқазақ ауданында Шелек дәлізі деп аталатын, ЖЭК әлеуетін дамыту үшін бірегей өңірде тұрғызылған.

Жобаның құны 37,4 млрд теңге. Жаңа станцияға әрқайсысы номиналды қуаты 2,5 МВт болатын 24 жел қондырғысы кіреді. Бұдан басқа, оған қосалқы станция, ілеспе инфрақұрылым орнатылды, сондай-ақ электр берудің әуе желілері тартылды.

Жаңа ЖЭС жылына 225,7 млн. кВт сағ электр энергиясын өндіретін болады. Өндіріс сипаттамаларынан басқа, жоба аймақ үшін оның экологиялық компоненті үшін маңызды. Электр станциясын салу және іске қосу парниктік газдар шығарындыларын 206 мың тоннаға дейін төмендетуге мүмкіндік береді, сондай-ақ жылына шамамен 89 мың тонна шартты отынды алмастырады [1].

Материалдар мен әдістер

Жобаланатын жел электр станциясы Алматы облысының оңтүстігінде Еңбекшіқазақ әкімшілік ауданы шегінде Шелек (Чилик) ауылынан шығысқа қарай 20 км жерде орналасқан. Ең жақын елді мекендер: Нұрлы ауылы, батысқа қарай 5 км жерде және борандыасу кентінде – жел желінің шекарасынан солтүстікке қарай 600 м жерде орналасқан. Шығысқа қарай 6 шақырым жерде тірек метеомачта орналасқан. Зерттеу және іздестіру жұмыстарын жүргізу үшін таңдалған аумақ тікбұрышты конфигурацияға ие, ұзындығы шығыстан батысқа қарай 19 км, оңтүстіктен солтүстікке қарай 12 км. Зерттеу және іздестіру жұмыстары жүргізілген жалпы аумақ 11 000 га құрайды, солтүстіктен Нұрлы – Ташқарасу автожолымен, оңтүстіктен Іле Алатауы жотасының жоталарымен (Согеты тауларының шлейфі) шектелген [2].

Физика-географиялық аудандастыруға сәйкес аумақ Тұран ойпаты мен Балқаш өңірінің шөлдері мен жартылай шөлдеріне жатады, рельефте уақытша су ағындарының жұқа құрғақ арналарымен ойылған тау асты аңғары – Іле ойпаты болып табылады. Геоморфологиялық тұрғыдан Іле

ойпаты-құрғақ тұзды даласы бар жартылай шөлді алып жатқан тау аралық депрессиялардың құрылымдық-денудациялық жазығы. Жердің абсолютті биіктігі 515-тен (солтүстікте) 800 м-ге дейін (оңтүстік-шығыста) өзгереді.

Құрылыстың гидрогеологиялық және климаттық жағдайлары. Аудан күрделі геологиялық құрылымымен сипатталады, бұл мұнда дамыған әр түрлі жастағы кешендердің алуан түрлілігіне байланысты: метаморфты, интрузивті және әсіресе эффузивті.

Аумақтың іргетасының геологиялық құрылымына протерозой-палеозой жыныстары қатысады. Ең типтік шөгінділер: құмтастар, кварц-хлорит тақтатастары, шақпақ тастар, кварциттер мен әктастардың (кембрий) қабаттары бар конгломераттар, кварциттердің, кремний тақтатастарының, құмтастардың, мәрмәр мен әктастардың (ордовик) жақсы оралған қалдықтары бар, туфтар мен туф құмтастарының (көміртегі) қабаттары бар порфирлер, кварц құмдары құмтастардың сирек қабаттары, саз және саз балшықтары (бор). Кесудің жоғарғы жағында палеозой жыныстарының нашар оралған қоқыстарының едәуір бөлігі пайда болады. Шөгінділердің қуаты Іле өзеніне қарай артады [3].

Іргетас жыныстарының бетінен төрттік шөгінділермен жабылған. Олар Іле ойпатын, ағындар мен өзендердің аңғарларын орындайды, тау бөктерін тау жыныстарының бұзылуымен жабады. Генетикалық тұрғыдан шөгінділер арасында флювиогляциалды, делювиалды, пролювиалды, аллювиалды және эолдық түзілімдер ерекшеленеді. Литологиялық тұрғыдан олар қиыршық тастармен, құмдармен, құмды саздармен, саздақтармен ұсынылған.

Зерттелетін аумақтың гидрогеологиялық жағдайлары геологиялық-құрылымдық, геоморфологиялық және климаттық жағдайлармен алдын ала анықталады. Осы факторлардың барлығы жер асты суларының қалыптасу, транзит және түсіру жағдайларына қандай да бір дәрежеде әсер етеді.

Зерттелетін аумақ шегінде жер асты суларының біркелкі бөлінбеуі байқалады. Іргелес аллювиалды көл жазығы бар алып кету конустарының ауданы жер асты суларының едәуір қорын жинақтау аймағы болып табылады. Іле өзенінің аңғары, Қарайымшық және Бала-бөгеті тауларының ауданы аздап суланған жерлерге жатады.

Жер асты сулары деңгейінің максималды жағдайы көктем мен жаздың басында, ең азы күзгі – қысқы кезеңде белгіленеді. Жер асты сулары деңгейінің ауытқу амплитудасы – 1,5–4,5 м. зерттеу кезеңі жер асты суларының минималды деңгейіне жақын. Максимум кезеңінде табиғи және маусымдық көпжылдық тербелістерге байланысты деңгей зерттеу кезеңінде тіркелгенге қатысты шамамен 1,5–4,5 м-ге артуы мүмкін [4,5].

Минералдану дәрежесі 0,595 г / л-ге тең, жер асты сулары тұщы су ретінде сипатталады.

Геоморфологиялық Іле ойпаты-құрғақ тұзды даласы бар жартылай шөлді алып жатқан тау аралық депрессиялардың құрылымдық-денудациялық жазығы. Зерттелетін аумақта рельефтің 2 негізгі түрі ерекшеленеді.

Эрозиялық-аккумулятивті рельеф өзен конустарымен және параллель ұзартылған шұңқырлар мен шұңқырлармен ұсынылған, олар жұмсақ су айдындарымен бөлінген. Беткейлер мен суайрықтар әдетте қопсытылған. Шұңқырлардың түбі жеткілікті түрде дамыған. Шатқалдың эрозиясының рельефі іс жүзінде топырақ пен өсімдік жамылғысынан айырылған.

Денудациялық-аккумулятивті рельеф үлкен қуаттылықтағы борпылдақ мезо-кайнозой шөгінділерінен тұрады. Өзеннің аллювиалды жазығы немесе өзенге сәл қисайған тегіс беткей. Жазық шағын өзен аңғарларымен және құмды түйнектер топтарымен қиындатылған [6].

Минералдану дәрежесі 0,595 г / л-ге тең, жер асты сулары тұщы су ретінде сипатталады.

Геоморфологиялық Іле ойпаты-құрғақ тұзды даласы бар жартылай шөлді алып жатқан тау аралық депрессиялардың құрылымдық-денудациялық жазығы. Зерттелетін аумақта рельефтің 2 негізгі түрі ерекшеленеді.

Эрозиялық-аккумулятивті рельеф өзен конустарымен және параллель ұзартылған шұңқырлар мен шұңқырлармен ұсынылған, олар жұмсақ су айдындарымен бөлінген. Беткейлер мен суайрықтар әдетте қопсытылған. Шұңқырлардың түбі жеткілікті түрде дамыған. Шатқалдың эрозиясының рельефі іс жүзінде топырақ пен өсімдік жамылғысынан айырылған.

Сурет – 1 Шелек дәлізіндегі жел электр станциясының орналасқан жері

Климаттық жағдайлар. ҚР ҚНжЕ в. 1 қосымшасынан құрылыс үшін Қазақстан Республикасының аумағын климаттық аудандастыру картасына және климаттық сипаттамаларына сәйкес 2.04-01-2010 «Құрылыс климатологиясы» жобаланған ЖЭС алаңының аумағы III климаттық ауданда, В шағын ауданында орналасқан.

Аймақтың климаты құрғақ, күрт континенталды, жазы ұзақ, ыстық және қысы орташа суық, жұмсақ, бұлтсыз күндер көп, ауа температурасының тәуліктік және маусымдық амплитудасы жоғары. Ауданның климаты тау-алқап айналымының әсерімен сипатталады.

Негізгі климаттық көрсеткіштер:

– ауаның орташа жылдық температурасы +8,7 °С,

– жалпы қысқы кезеңнің орташа температурасы -9,7 °С, жазғы +23,2 °С,

– ең суық ай (қаңтар) -10 °С,

– ең жылы ай (шілде) +25 °С,

– температураның абсолютті минимумы -39 °С,

– абсолютті максимум +42 °С,

– ең суық бес күндік температура -23 °С,

– максималды тәуліктік амплитудасы-шамамен 25 °С,

– температураның 0 °С – 90 арқылы өтуімен күндердің орташа саны,

– орташа тәуліктік температурасы 0 °С – тан төмен кезеңнің ұзақтығы-111 күн,

– аязсыз кезеңнің орташа ұзақтығы-170-180 күн;

– бір жылдағы белсенді температураның қосындысы-2500-3400 °С

Суық кезеңнің негізгі климаттық сипаттамалары:

Көктемнің соңғы аяздары орташа есеппен 9-12 сәуірде, алғашқы күзгі 4-7 қазанда байқалады;

Тұрақты қар жамылғысының пайда болуының орташа күні 30 қазан болып саналады. Қардың орташа еру күні–2 сәуір;

Қар жамылғысы орта есеппен 114 күнге созылады;

Қар жамылғысының ең үлкен онжылдық биіктігі – 54 см;

Тұрақты аяз орташа есеппен 67 күнге созылады;

Топырақтың қатуының нормативтік тереңдігі–135 см-ге дейін; максимум –175 см;

Қар жүктемесі - 0,70 кПа (II аудан);

Көктайғақ қабырғасының қалыңдығы – 5 мм (II аудан).

Қыста кейде қардың еруі, жаңбыр түрінде жауын-шашын, тұман жиі кездеседі, бұл әртүрлі мұз құбылыстарының пайда болуына әкеледі [7].

Қолайсыз физика-геологиялық процестер мен құбылыстар. ЖЭС-тің биік жерлер мен суайрықтарда орналасуы Шелек дәлізінің желдеріне жел турбиналарының ашықтығына қатысты қолайлы жағдай болып табылады.

Алайда, сонымен бірге, Шелек дәлізінде жобаланған ЖЭС құрылысының аумағында құрылыстардың тұрақтылығына әсер ететін бірқатар жағымсыз табиғи процестер байқалады. Ең сипаттамаларына мыналар жатады: су ағындарының эрозиялық және аккумулятивті белсенділігі, жазықтықты жуу, сызықтық эрозия, көшкін, шөгу құбылыстары және аумақтың жоғары сейсмикасы.

Сейсмикалық. Қазақстан Республикасының жалпы сейсмикалық аудандастыру картасына сәйкес, сондай-ақ Алматы қаласы мен басқа да елді мекендерді сейсмикалық аудандастыруға арналған жұмыстар кешенін орындау кезінде ұқсас топырақ жағдайларында алынған аспаптық бақылаулардың (сейсмология, сейсмикалық барлау) деректері негізінде ЖЭС құрылысының аумағы бастапқы сейсмикалық мәні 9 балл болатын сейсмикалық аймақта орналасқан [8].

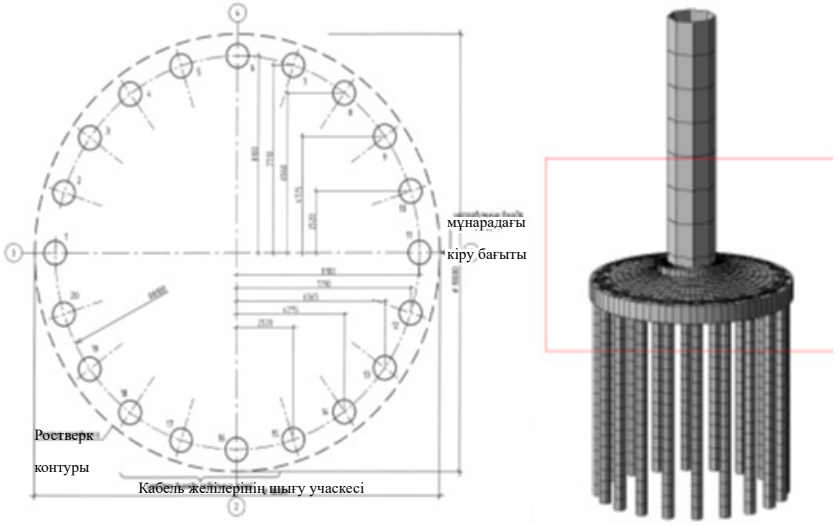
3 Нәтижелер және талқылау

Құрылыстың осы ауданында жел энергетикасы қондырғысы (ЖЭҚ) үшін негіздер мен плита-қадалар іргетастарын жобалау көзделеді.

ЖЭҚ іргетасының құрылыс конструкциялары жоспарда диаметрі 18 м шеңбер түрінде тұтасқұймалы ростверк (іргетас плитасы), сондай-ақ диаметрі 1050 мм бұрғылау қадаларымен ұсынылған. Ростверктің жоғарғы бетінің шеңберінің диаметрі (мойынтірек мұнарасының тірек негізі) - 6,5 м.

Іргетастың жалпы қалыңдығы 3150 мм, іргетас тақтасының жоғарғы беттері орталықтан шетіне қарай i=0,226 көлбеу болады. Іргетас тақтасының қалыңдығы 1500 мм-ден-сыртқы беттерде тірек базасымен түйісу аймағында 2600 мм-ге дейін. Тірек базасының биіктігі–550 м. жоғарғы беті жер бетінің деңгейінен +1.95 м биіктікте орналасқан, ростверк табанының төменгі белгісі–1,20 м.

Көтеруші мұнарасы қабылдаған күштердің негізге берілуі 20 бұрғылау темірбетон қадаларымен қамтамасыз етіледі. Қадалардың бойлық осьтері диаметрі 16,4 м шеңбер бойымен бірдей қадаммен орналасқан [9,10].



2 Сурет – Қадалардың орналасу сұлбасы мен іргетастың соңғы элементті моделі

Қорытынды

Қорытындылай келе, жасыл энергетикамен байланысты жобаларды іске асырудың, атап айтқанда, елдің тұрақты экономикалық дамуына ықпал ететін Қазақстан аумағында жел энергетикалық қондырғыларын салудың маңыздылығын атап өткім келді.

Жобаны іске асыру бойынша қажетті ұсынымдар:

1 ЖЭҚ көтергіш мұнарасының статикалық және динамикалық есептеулерін жүргізу;

2 үйінді іргетасы үшін барлық жел турбиналары үшін статикалық есептеулер жүргізіңіз. Сонымен қатар, тарту және көлденең жүктемелерге есептеу керек, өйткені ЖЭС құрылысының аумағы сейсмикалық аймақта орналасқан.

3 ЖЭК пульсациялық жүктемелерді қабылдайтындықтан, негіздер мен іргетастардың шекті жай-күйі бойынша стандартты есептеулерден басқа, ЖЭК үшін іргетастың жалпы тұрақтылығын бағалауды есептеу қажет.

4 қадаларға заттай сынақтар жүргізу, атап айтқанда көлденең жүктемелерді итеруге және тартуға статикалық сынақтар жүргізу.

Авторлар «Samruk - Energy» ЖШС компаниясының, әсіресе «бірінші жел электр станциясы» ЖШС еншілес компаниясының қызметкерлеріне мақала жазу үшін ақпарат бергені үшін терең алғыстарын білдіреді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Оразова, Д. К., Сапенова, Ж. К., Тлеубаева, А. К.** Қазақстандағы жел электр станцияларының құрылысына сараптама, Республикалық студенттік ғылыми конференциясы. – Қарағанды : Қарағанды мемлекеттік техникалық университет, 2016. – Ч.3. – Б. 33–34.

2 Закон Республики Казахстан «О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности». – Астана, 2014.

3 Optimization of modelling pile foundations. Final Report v1.1: MSc Graduation Thesis. – G.J.C van Gorp, 2014. – P. 8–13.

4 **Елистратов, В. В., Константинов, И. А., Панфилов, А. А.** Нагрузки на элементы ветроэнергетической установки, на ее фундамент и основание : учебное пособие. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2013. – 38 с.

5 **Елистратов, В. В., Константинов, И. А., Панфилов, А. А.** Расчет фундаментов ветроэнергетических установок. Монолитные железобетонные фундаменты мелкого заложения : учебное пособие. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2014. – Ч.1. – С. 9.

6 **Сапенова, Ж. К.** Қазақстандағы гидрогеологиялық жағдайдағы жел электрлі қондырғылы іргетастарды жобалаудың геотехникалық аспектісі : магистрлік диссертация.: – Астана : Гумилев атындағы ЕҰУ, 2017. – 67 с.

7 **Оразова, Д. К.** Прогноз работы оснований и фундаментов ветровых энергетических сооружений : дис. … док. фил. Ph.D. : – Астана : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 2016. – 174 с.

8 **Лукпанов, Р. Е., Оразова, Д. К.** Расчет фундамента ВЭУ в программном комплексе SCAD и Plaxis 2D в условиях г. Ерейментау // Научный журнал «Вестник» Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева. – 2014. – Т. 1. – № 6(103). – С. 117–122.

9 Status of Land – Based Wind Energy Development in Germany. – Germany : Deutsche WindGuard, 2014.

10 Concrete Structures for Wind Turbines. Jurgen Grunberg, Joachim Gohlmann. – Germany, 2015.

REFERENCES

1 **Orazova, D. K., Sapenova, J. K., Tleubaeva, A. K.** Qazaqstandağy jel elektr stansialarynyñ qūrylysyna saraptama, Respublikalyq studenttık ğylymi konferensiasy [Examination of the construction of wind power plants in Kazakhstan, Republican Student Scientific Conference]. – Qarağandy : Qarağandy memlekettık tehnikalyq universitet, 2016. – Ch.3. – P. 33–34.

2 Zakon Respubliki Kazahstan «O vnesenii izmeneni i dopolneni v Zakon Respubliki Kazahstan «Ob energosberejenii i povyşenii energoeffektivnosti». – Astana, 2014.

3 Optimization of modelling pile foundations. Final Report v1.1: MSc Graduation Thesis. - G.J.C van Gorp, 2014. – P. 8–13.

4 **Elistratov, V. V., Konstantinov, I. A., Panfilov, A. A.** Nagruzki na e`lementy` vetroe`nergeticheskoj ustanovki, na ee fundament i osnovanie : uchebnoe posobie [Loads on the elements of a wind power plant, on its foundation and foundation : textbook] – SPb. : Izd-vo SPbGTU, 2013. – 38 p.

5 **Elistratov, V. V., Konstantinov, I. A., Panfilov, A. A.** Raschet fundamentov vetroe`nergeticheskix ustanovok. Monolitny`e zhelezobetonny`e fundamenty` melkogo zalozheniya : uchebnoe posobie [Calculation of foundations of wind power plants. Monolithic reinforced concrete foundations of shallow laying : textbook] – SPb. : Izd-vo SPbGTU, 2014. – Ch.1. – P. 9.

6 **Sapenova, Zh. K.** Qazaqstandağy gidrogeologialyq jağdaidağy jel elektrlı qondyrğyly ırgetastardy jobalaudyñ geotehnikalyq aspektısı : magistrlık disertasia [Geotechnical aspect of designing wind-electric installation foundations in hydrogeological conditions in Kazakhstan : Master's thesis] :– Astana : ENU im. L. N. Gumileva, 2017. – 67 p.

7 **Orazova, D. K.** Prognoz raboty` osnovanij i fundamentov vetrovy`x e`nergeticheskix sooruzhenij : dic. … dok. fil. Ph.D. [Forecast of the operation of foundations and foundations of wind power structures : diss. ... doc. phil. Ph.D.] : – Astana: ENU im. L. N. Gumileva, 2016. – 174 p.

8 **Lukpanov, R. E., Orazova, D. K.** Raschet fundamenta VE`U v programmnom komplekse SCAD i Plaxis 2D v usloviyax g. Erejmentau [Calculation of the wind turbine foundation in the SCAD and Plaxis 2D software package in the conditions of Erementau] // Nauchny`j zhurnal «Vestnik» ENU im. L. N. Gumileva. – 2014. – T. 1. – № 6(103). – P. 117–122.

9 Status of Land – Based Wind Energy Development in Germany. – Germany : Deutsche WindGuard, 2014.

10 Concrete Structures for Wind Turbines Jurgen Grunberg, Joachim Gohlmann. – Germany, 2015.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

**Д. К. Оразова[1], Р. Е. Лукпанов[2], Г. Т. Тлеуленова[3], А. Д. Алтынбекова[4],*
[1]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар
[2,3,4]Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана.
Материал поступил в редакцию 13.03.23.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ВЕТРОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ (ВЭС) В ШЕЛЕКСКОМ КОРИДОРЕ МОЩНОСТЬЮ 60 МВТ

В статье рассмотрены вопросы геологического исследования территории ветровой электрической станции (ВЭС) в Шелекском коридоре мощностью 60 МВт. Рассмотрены проблемы строительства ветровых электрических станций на территории Казахстана. Была проведена оценка категории скорости ветра.

В статье приведены региональные особенности района строительства, необходимые для проектирования ВЭУ, в частности инженерно-геологические и климатические условия. Даны основные конструктивные и технологические решения проекта ВЭУ, предпосылки к проектированию и дальнейшей реализации проекта.

Приведены инженерно-геологические условия, которые соответствует техническим требованиям СНИПа, показаны неблагоприятные физико-геологические процессы и явления.

Приведены конструктивные решения фундамента для данного района строительства, спроектированы под ветроэнергетическую установку (ВЭУ) плитно-свайные фундаменты.

Строительные конструкции фундамента ВЭУ представлены монолитным ростверком (фундаментной плитой) в форме окружности диаметром 18 м в плане, а также буровыми сваями диаметром 1050 мм. Диаметр окружности верхней грани ростверка (опорной базы несущей башни) – 6,5 м.

По результатам естественных замеров фундамента ветроэнергетической установки и башни требуется прогноз вибрационных параметров фундамента ветроэнергетической установки от давления ветра ветроэнергетической установки.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, ВЭУ, фундамент, нагрузка, геология.

**D. K. Orazova[1], R. E. Lukpanov[2], G. T. Tleulenova[2], A. D. Altynbekova[2]*
[1]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[2,3,4]L. N. Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan, Astana;
Material received on 13.03.23

RESEARCH OF THE TERRITORY OF A WIND POWER PLANT (WPP) IN THE SHELEK CORRIDOR WITH A CAPACITY OF 60 MW

The article deals with the geological research of the territory of the wind power plant (WPP) in the Shelek corridor with a capacity of 60 MW. The problems of construction of wind power plants in the territory of Kazakhstan were considered. The category of wind speed was assessed.

The article presents the regional characteristics of the area of construction, necessary for the design of wind power plants, in particular engineering-geological and climatic conditions. The basic design and technological solutions of the project WPP, the prerequisites for the design and further implementation of the project are given.

Engineering and geological conditions that meet the technical requirements of SNIP are given, unfavorable physical and geological processes and phenomena are shown.

Structural solutions of the foundation for the given area of construction are given, slab pile foundations are designed for the wind power plant (WPP).

Construction structures of the foundation of wind power plant are represented by monolithic foundation grill (foundation slab) in the form of a circle with a diameter of 18 m in plan, as well as by bored piles with a diameter of 1050 mm. The diameter of the circumference of the upper edge of the rooftop (the base of the load-bearing tower) is 6.5 m.

According to the results of natural measurements of the foundation of the wind turbine and the tower, a forecast of the vibration parameters of the foundation of the wind turbine from the wind pressure of the wind turbine is required.

Keywords: alternative energy, wind turbines, foundation, load, geology.

МРНТИ 621.313.3

doi.org/10.48081/IENN6298

Д. М. Рахимбердинова[1], А. Н. Новожилов[2], Е. Н. Колесников[3], Т. А. Новожилов[4]

[1,2,3]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[4]Омский государственный технический университет, Россия, г. Омск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ И ТОКОВ В КОРОТКОЙ СЕТИ ПРИ ДУГОВЫХ ЗАМЫКАНИЯХ

Короткая сеть на рудотермических производствах, осуществляющая передачу электрической энергии от печного трансформатора к электродам печи является одним из важнейших элементов. Одним из ее наиболее часто встречающихся электрических повреждений в ней являются дуговые замыкания, которые способны за очень короткое время осуществить полное разрушение весьма дорогостоящего шинного пакета. Определение токов в элементах шинного пакета при дуговых замыканиях сопряжено со значительными трудностями из-за сложной конфигурации короткой сети и больших токов в ней. В связи с этим предложена экспериментальная установка для определения сопротивлений элементов шинного пакета короткой сети, в которой обратный измерительный проводник размещают в геометрическом центре шинного пакета, а в качестве прямого провода используют ближайшую к нему трубошину. Это позволяет в значительной степени избавиться от ЭДС, индуктируемой в контурах измерительной схемы магнитными полями от токов в фазах короткой сети. Для упрощения определения токов и сопротивлений в элементах шинного пакета по полученным экспериментальным данным разработана программа «LINE 1» в среде Turbo Basic. Предложена методика определения токов в элементах шинного пакета в случае возникновения дугового замыкания между трубошинами одной из пар, которая базируется на использовании ее расчетных данных.

Ключевые слова: рудотермическое производство, печной трансформатор, короткая сеть, сопротивление шинного пакета, погрешности измерения, дуговое замыкание, внешнее магнитное поле.

Введение

Одним из важных элементов рудотермической печи является короткая сеть [1-3]. С ее помощью осуществляется передача электрической энергии от печных трансформаторов к электродам этой печи. В инженерном отношении конструкция короткой сети сложна. Обычно она состоит из неподвижных элементов в виде шинного пакета и подвижных элементов в виде компенсатора, гибких связей, системы башмаков и контактных щек [1,3]. Пример схемы короткой сети приведен на рисунке 1,а, где 1 – печной трансформатор; 2 – компенсатор; 3 – шинный пакет; 4 – электроды печи. Самой длинной частью короткой сети рудотермических электрических печей является шинный пакет [1-4]. В связи с этим именно на его долю приходится значительная часть дуговых замыканий (ДЗ) в короткой сети.

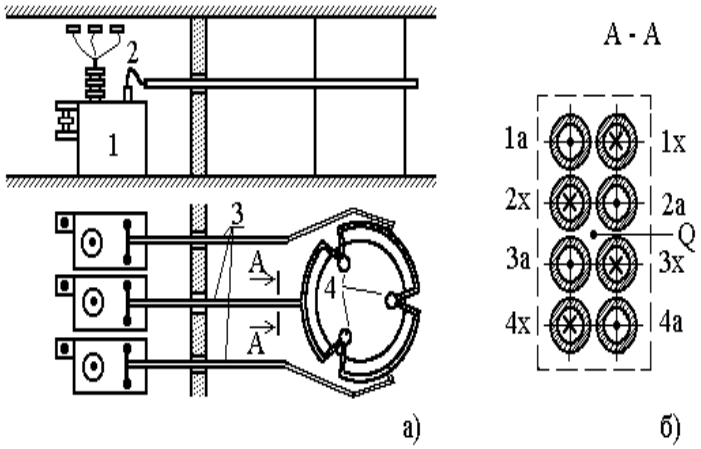


Рисунок 1 – Схема короткой сети (а) рудотермической печи и сечение (б) ее шинного пакета

Практически всегда напряжение в короткой сети равно 120-350 В [1,2]. При этом рабочие токи достигают величины 35-150 кА. Поэтому с целью сокращения потерь электроэнергии шинный пакет выполняют в виде набора медных трубошин, число пар которых равно числу расщеплений [5]. Пример размещения трубошин в шинном пакете при четырех расщеплениях

вторичной обмотки однофазного трансформатора приведен на рисунке 1,б. Направление тока в этих трубошинах на этом рисунке обозначено знаками (✕) и (●). Такое расположение проводников с токами в шинном пакете называется бифилярным. Его используют для того, чтобы снизить величину магнитного поля от токов в шинном пакете, а, следовательно, уменьшить его индуктивное сопротивление и потери электроэнергии в нем [6-8].

При таком расположении трубошин в шинном пакете ДЗ возможны только между трубошинами одного расщепления [3], то есть теми, которые лежат в одном горизонтальном ряду. В настоящее время для предотвращения ДЗ между трубошинами используют изоляцию [1,3]. Однако короткая сеть работает в условиях высоких температур, а также при наличии в окружающей среде большого количества угольной пыли и абразивных продуктов горения печи, которые перемещаются со значительной скоростью. В связи с этим под воздействием такой окружающей среды в процессе эксплуатации происходит интенсивное разрушение изоляции трубошин. В результате за счет возникновения проводящего мостика из угольной пыли между трубошинами одного расщепления может возникнуть ДЗ, которое за очень короткое время способно инициировать полное разрушение дорогостоящего шинного пакета. Этого можно избежать, если для защиты короткой сети использовать токовую защиту. Однако для реализации такой защиты необходимы величины токов в трубошинах как в нормальном режиме печи, так и при ДЗ. Определять эти токи предлагается следующим образом.

Материалы и методы

В основе предлагаемого метода определения сопротивлений и токов в шинном пакете короткой сети при дуговых замыканиях лежат экспериментальные исследования. Как известно [1-3, 9], существующие на сегодняшний день расчетные и экспериментальные методы по определению сопротивлений шинного пакета обладают существенными погрешностями. Эти погрешности вызваны сложной конфигурацией короткой сети, значительными внешними магнитными полями и наличием ферромагнитных элементов печи. Этого можно избежать, если для определения сопротивлений и токов в шинном пакете короткой сети при дуговых замыканиях воспользоваться графоаналитическим методом, который предложен в [10]. Однако в этом методе не указанно, какие элементы шинного пакета и каким образом следует использовать для измерения падения напряжения на шинном пакете.

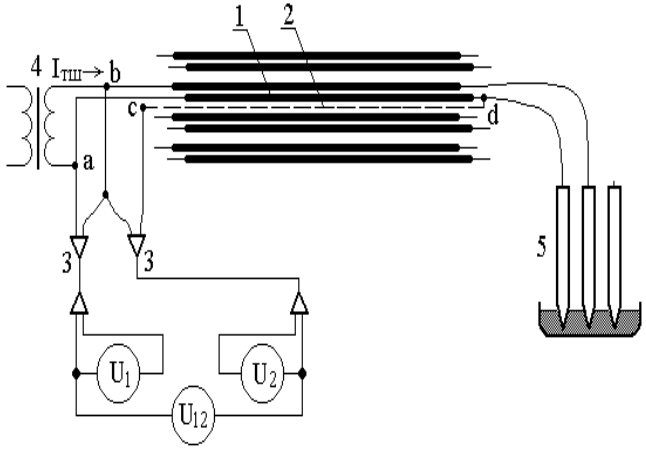


Рисунок 2 – Схема для измерения параметров короткой сети

Как показали многочисленные эксперименты наиболее перспективной схемой для измерения падения напряжения является схеме, приведенной на рисунке 2, где 1 – трубошина шинного пакета короткой сети, которая используется при измерениях; 2 – обратный измерительный проводник,

3 – соединительные кабели; 4 – печной трансформатор; 5 – электроды печи; U_1 и U_2 – напряжение в начале и конце шинного пакета; U_{12} – падение напряжения на шинном пакете.

С учетом этой схемы полное сопротивление трубошины шинного пакета, присоединяемой к расщеплению вторичной обмотки печного трансформатора, определяется как

$$Z_{тш} – U_{12} / I_{тш} \quad (1)$$

где $I_{тш}$ – ток в паре трубошин.

Согласно [1-3, 9–10], при измерении величины падения напряжения U_{12} на результаты измерения оказывает сильное влияние ЭДС в контурах образованных соединительными проводами измерительных приборов и элементами шинного пакета, которая индуктируется магнитными полями токов в короткой сети. А поскольку эти токи имеют большую величину, то погрешность измерения U_{12} соизмерима с ее величиной.

Влияние магнитных полей токов в короткой сети на результаты измерения можно значительно уменьшить, если для измерения U_{12}

использовать обратный измерительный проводник.. Этот проводник следует располагать в геометрическом центре шинного пакета. На рисунке 1,б место его расположения помечено точкой Q. При этом в качестве прямого проводника используется одна из близко расположенных к нему трубошин. Например, трубошина, которая на рисунке 1,б помечена как 2а. В результате ЭДС в измерительных цепях индуцируемая токами в проводниках короткой сети будет значительно меньше измеряемых величин напряжений U_1, U_2 и U_{12}

При подключении измерительных вольтметров к шинному пкету точки подключения **a**, **b** и **c** следует располагать как можно ближе. Что приводит к снижению погрешности измерения U_{12}. Соединительные кабели 3 изготавливаются из бифилярных проводников с заземлением их экранирующей оплетки. У измерительных приборов класс точности может составлять порядка 0,5–1,0.

Метод определения сопротивлений и токов. В качестве примера в таблице 1 приведены результаты измерения напряжений U_1, U_2 и U_{12} шинных пакетов печи № 4 Аксуского завода ферросплавов. Кроме того, в этой таблице приведены также величины коэффициента мощности cos φ, которые определялись по стационарному фазометру, а также результаты расчета тока в трубошинах шинных пакетов в фазах в короткой сети. При этом ток в трубошинах определялся как

$$I_{тш} = I_1 k_i / G, \quad (2)$$

где I_1 – ток в первичной обмотке печного трансформатора, определяемый по стационарному измерительному амперметру; k_1 – коэффициент трансформации по току печного трансформатора на момент измерения;G – число пар трубошин в шинном пакете.

Таблица 1 – Результаты измерений

Параметры	Фаза А		Фаза В		Фаза С	
	Замер №1	Замер №2	Замер №1	Замер №2	Замер №1	Замер №2
U_1,В	108	107	107	108	96	95
U_2,В	106	103	106	107	95	94
U_{12},В	4,8	4,6	10,2	10,2	7	7,2
Cos φ	0,84	0,84	0,53	0,54	0,84	0,85
$I_{тш}$,А	4750	4750	5250	5250	5375	5375

Как видно из таблицы 1, результаты измерений в процессе измерений меняются незначительно. В связи с этим определение сопротивлений шинного пакета осуществлялось по данным замера №1.

Векторная диаграмма, по которой определяется β угол между векторами тока $I_{ТШ}$ падением напряжения U_{12} в шинном пакете фазы А, изображена на рисунке 3. Для построения диаграммы необходимо сначала горизонтально отложить вектор тока $I_{ТШ}$ [10]. Затем по с учетом величины коэффициента мощности cos φ откладывается вектор U_1 Далее путем совмещения векторов U_2 и U_{12} определяется их положение на векторной диаграмме, при этом угол β определяется как угол между векторами и I_A и U_{12}.

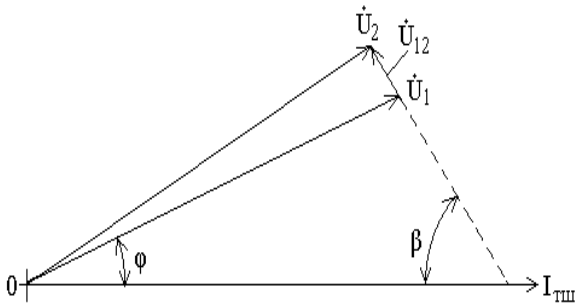


Рисунок 3 – Векторная диаграмма

Тогда с учетом рисунка 3 и [11] активное и индуктивное сопротивления пары трубошин шинного пакета короткой сети, присоединяемой к расщеплению вторичной обмотки можно определить, как

$$Z_{ТШ} = \frac{U_{12}}{I_{ТШ}}\ ;\ R_{ТШ} = Z_{ТШ}\cos\beta;\ X_{ТШ} = Z_{ТШ}\sin\beta, \qquad (3)$$

где $R_{ТШ}$ и $X_{ТШ}$ – активное и индуктивное сопротивления трубошины.

Для расчета сопротивлений короткой сети по вышеописанному методу была разработана программа «LINE1» в TurboBasic, приведенная в приложении 1. Полученные результаты расчета, приведенные в таблице 2, сопоставимы с данными, описанными в [1, 3].

Таблица 2 – Результаты расчетов сопротивлений печи №4

Сопротивление	Фаза А	Фаза В	Фаза С
Z, Ом	$1{,}65\times10^{-4}$	$1{,}79\times10^{-4}$	$1{,}05\times10^{-4}$
R, Ом	$1{,}08\times10^{-4}$	$1{,}07\times10^{-4}$	$2{,}56\times10^{-5}$
X, Ом	$1{,}26\times10^{-4}$	$1{,}44\times10^{-4}$	$1{,}01\times10^{-4}$

Расчет токов. Очевидно, в нормальном режиме работы короткой сети токи во всех трубошинах равны по величине, а их направление соответствует тому, которое указано на рисунке 1,б. В случае возникновения дуги между произвольной парой трубошин для определения их величины и направления можно воспользоваться расчетной схемой на рисунке 4.

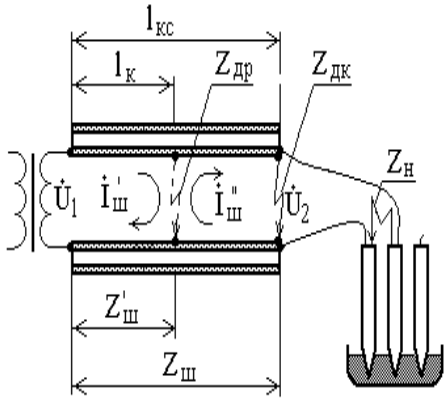


Рисунок 4 – Расчетная схема

Если в соответствии с рисунком 4 допустить, что точка ДЗ находится на расстоянии $l_к$ от его начала шинного пакета при полной его длине равной $l_{кс}$, то тогда сопротивления частей этой пары трубошин можно приближенно определить как

$$Z'_ш = Z_ш\, l_к / l_{кс} \text{ и } Z''_ш = Z_ш - Z'_ш \qquad (4)$$

При этом токи в этих трубошинах до точки ДЗ и за ней приближенно можно определить, как

$$\dot{I}'_{ш} = \frac{\dot{U}_1}{Z'_{ш} + Z_{др}} \text{ и } \dot{I}''_{ш} = \frac{\dot{U}_2}{Z''_{ш} + Z_{др}}, \quad (5)$$

где $Z_{др}$ – расчетное значение дуги при ДЗ между трубошинами.

Результаты и обсуждение

Сопротивление дуги в точке ДЗ зависит от множества различных факторов, например, таких как расстояние между трубошинами, тип изоляции трубошин, приложенное к трубошинам напряжение и температура окружающей среды. В связи с этим точное ее определение представляет сложную задачу. В тоже время с учетом схемы на рисунке 4 ориентировочно оценить величину сопротивления $Z_{др}$ дуги можно следующим образом. Если допустить, что сопротивление $Z_{ДК}$ дуги в точке замыкания двух трубошин, расположенной в конце шинного пакета, равно сопротивлению $Z_Н$ нагрузки пары трубошин в виде дуги между электродами печи, то тогда расчетное сопротивление дуги $Z_{др}$ в математических выражениях (4) можно определить как

$$Z_{др} = Z_{ДК} Z_Н / (Z_{ДК} + Z_Н) \text{ или } Z_{др} = Z_{ДК} / 2. \quad (6)$$

Обычно [1] величина сопротивления $Z_Ш$ составляет порядка 1,5 – 2,0% от сопротивления $Z_Н$. Поэтому величину тока $I'_ш$ можно принимать равной удвоенному значению тока в паре трубошин до ДЗ. Так как напряжение U_2 формируемое токами всех трех фаз протекающими в системе электродов печи, примерно равно (0.95–0.97) U_1, то есть все основания полагать, что ток $I''_ш$ будет незначительно отличаться от тока $I'_ш$.

Информация о финансировании

Это исследование было профинансировано Министерством Науки и Высшего Образования Республики Казахстан (ИРН AP14972775).

Выводы

1 Совершенствование метода заключается в определении элементов шинного пакета, с помощью которых получаются данные для определения сопротивления и токов в короткой сети при дуговом замыкании.

2 Совершенствование метода определения сопротивлений в шинном пакете позволяет в значительной степени избежать погрешностей измерений, вызванных магнитными полями от токов в фазах короткой сети.

3 Предложенный способ определения сопротивлений дуги позволяет достаточно точно рассчитывать токи в паре трубошин при возникновении дугового замыкания.

4 Предложенная программа для определения угла между током в паре трубошин и падением напряжения в них позволяет значительно сократить время его определения, и не требует высококвалифицированного персонала.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Расчет сопротивлений короткой сети рудотермических печей по экспериментальным данным

```
screen 9
kk=0.71: pi=3.1415926: mU=5.0
'-------------------------------------------------------'
U1=107.0: U2=106.0: dU=6.0: kfi=0.87: Ic=39000:
данные измерений-------------------------------------------------------'
locate 2,4: print»+j Векторная диаграмма экспериментально замере
locate 19,1: print"сопртивление, Ом:";
locate 20,1: print"Zc=";
locate 21,1: print"Rc=";
locate 22,1: print"Xc=";
locate 19,30: print» зеленый U1- напряжение в начале сети»;
locate 20,30: print» синий U2- напряжение в конце сети»;
locate 21,30: print» серый U12- падение напряжения в сети»;
locate 22,30: print» красный – U12x- реактивная составляющая U12»;
dU12=dU/2+(U1-U2): dU12r=(dU12^2-U2^2+U1^2)/(2*U1)
dU12x=sqr(dU12^2-dU12r^2):
Zc=dU12/Ic: Rc=dU12r/Ic: Xc=dU12x/Ic
fi=atn((sqr(1-kfi^2))/kfi): U1x=U1*cos(fi): U1y=U1*sin(fi):
locate 20,10: print using"#.######## ";Zc
locate 21,10: print using"#.######## ";Rc
locate 22,10: print using"#.######## ";Xc

U1x=U1*cos(fi)*mU: U1y=U1*sin(fi)*mU*kk:
a1x=(U1-dU12r)*cos(fi)*mU: a1y=(U1-dU12r)*sin(fi)*mU*kk:
alf=atn(dU12x/(U1-dU12r)):
U2x=U2*cos(fi-alf)*mU: U2y=U2*sin(fi-alf)*mU*kk:
locate 18,63: print «Ic +1»;: gosub 1
500 stop
1x0=50: y0=250: xg=530: yg=220:
```

```
line(x0,y0)-(x0+xg,y0),3:  line(x0,y0)-(x0+xg-60,y0),15:
line(x0,y0)-(x0,y0-yg),3:
line(x0,y0)-(x0+U1x,y0-U1y),2: line(x0,y0)-(x0+U2x,y0-U2y),1:
line(x0+U1x,y0-U1y)-(x0+U2x,y0-U2y),8:
line(x0+a1x,y0-a1y)-(x0+U2x,y0-U2y),12: return
```

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Данцис, Я.Б., Кацевич, Л.С., Жилов, Г.М.** Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей. – Москва : Изд-во Металлургия, 1987. – 320 с.

2 **Смелянский, М.Я., Бортничук, Н.И.** Короткие сети электрических печей. – Ленинргад : Изд-во Госэнергоиздат, 1962. – 96 с.

3 **Данцис, Я. Б.** Методы электротехнических расчетов руднотермических печей. – Ленинград : Изд-во Энергия, 1973. – 188 с.

4 **Семчинов, А.М.** Токопроводы промышленных предприятий / А.М. Семчинов. – Энергоиздат, 1982. – 208 с.

5 **Novozhilov, A.N., Kolesnikov, E.N., Novozhilov, T.A.** Coil Shorting Simulation in the Winding Transformer // Russian electrical Engineering. – 2020. – 91(12). – P. 737–741.

6 **Ярымбаш, Д. С., Ярымбаш, С. Т., Килимник, И. М.** Идентификация электрических параметров шихтованных шинных пакетов мощных коротких сетей // Електротехніка та електроенергетика. – 2012. – №2. – С. 55–61.

7 **Kotsur, M., Yarymbash, D., Bezverkhnia, Y., Kotsur I.** Comparative analysis of a different geometric shapes of a busbar's trolley parameters in the higher harmonic current condition // Proceedings-16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (IEEE TCSET). – 2022. – P. 87-92.

8 **Kotsur, M. I., Yarymbash, D. S., Bezverkhnya, I. M., Kotsur, Yu. S.** Accuracy improvement for the determination of parameters and voltage drops in busbars, considering the networks power factor // Problems of the Regional Energetics. – 2021. – №3. – P. 37–52.

9 **Миронова, А. Н.** Анализ методов определения сопротивлений токоподводов дуговых сталеплавильных печей // Вестник Чувашского университета. Электротехника и энергетика. – 2017. – № 1. – С. 137–144.

10 **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А., Рахимбердинова, Д. М.** Моделирование токов в шинном пакете короткой сети // Вестник Машиностроения. – 2020. – №9. – С. 40-43.

11 **Бессонов, Л. А.** Теоретические основы электротехники. – Москва : Изд-во Высшая школа, 1967. – 775 с.

REFERENCES

1 **Dancis, YA.B., Kacevich, L.S., ZHilov, G.M.** Korotkie seti i elektricheskie parametry dugovyh elektropechej [Short networks and electrical parameters of electric arc furnaces]. – Moskva : Izd-vo Metallurgiya, 1987. – 320 p.

2 **Smelyanskij, M.YA., Bortnichuk, N.I.** Korotkie seti elektricheskih pechej [Short networks of electric ovens]. – Leninrgad : Izd-vo Gosenergoizdat, 1962. – 96 p.

3 **Dancis, YA.B.** Metody elektrotekhnicheskih raschetov rudnotermicheskih pechej [Methods for electrical calculations of ore-thermal furnaces]. – Leningrad : Izd-vo Energiya, 1973. – 188 p.

4 **Semchinov, A. M.** Tokoprovody promyshlennyh predpriyatij [Conductors of industrial enterprises] / A.M. Semchinov. – Energoizdat, 1982. – 208 p.

5 **Novozhilov, A. N., Kolesnikov, E. N., Novozhilov, T. A.** Coil Shorting Simulation in the Winding Transformer // Russian electrical Engineering. – 2020. – 91(12). – P. 737–741.

6 **YArymbash, D. S., YArymbash, S. T., Kilimnik, I. M.** Identifikaciya elektricheskih parametrov shihtovannyh shinnyh paketov moshchnyh korotkih setej [Identification of electrical parameters of laminated busbar packages of high-power short networks] // Elektrotekhnika ta elektroenergetika. – 2012. – №2. – P. 55–61.

7 **Kotsur, M., Yarymbash, D., Bezverkhnia, Y., Kotsur I.** Comparative analysis of a different geometric shapes of a busbar's trolley parameters in the higher harmonic current condition // Proceedings-16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (IEEE TCSET). – 2022. – P. 87–92.

8 **Kotsur, M. I., Yarymbash, D. S., Bezverkhnya, I. M., Kotsur, Yu. S.** Accuracy improvement for the determination of parameters and voltage drops in busbars, considering the networks power factor // Problems of the Regional Energetics. – 2021. – №3. – P. 37–52.

9 **Mironova, A. N.** Analiz metodov opredeleniya soprotivlenij tokopodvodov dugovyh staleplavil'nyh pechej [Analysis of methods for determining the resistance of current leads of arc steel-smelting furnaces] // Vestnik CHuvashskogo universiteta. Elektrotekhnika i energetika. – 2017. – № 1. – P. 137–144.

10 **Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A., Rahimberdinova, D. M.** Modelirovanie tokov v shinnom pakete korotkoj seti [Simulation of currents in a short network bus package] // Vestnik Mashinostroeniya. – 2020. – №9. – P. 40-43.

11 **Bessonov, L. A.** Teoreticheskie osnovy elektrotekhnik [Theoretical foundations of electrical engineering]. – Moskva : Izd-vo Vysshaya shkola, 1967. – 775 p.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**Д. М. Рахимбердинова[1], А. Н. Новожилов[2], Е. Н. Колесников[3], Т. А. Новожилов[4]*
[1,2,3]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;
[4]Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Ресей, Омбы қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ДОҒАЛЫҚ ТҰЙЫҚТАЛУ КЕЗІНДЕ ҚЫСҚА ЖЕЛІДЕГІ КЕДЕРГІЛЕР МЕН ТОКТАРДЫ АНЫҚТАУ ӘДІСІН ЖЕТІЛДІРУ

Электр энергиясын пеш трансформаторынан пештің электродтарына беруді жүзеге асыратын кен термиялық өндірістердегі қысқа желі маңызды элементтердің бірі болып табылады. Оның жиі кездесетін электрлік зақымдануларының бірі-өте қысқа уақыт ішінде өте қымбат Шина пакетін толығымен бүзуға қабілетті доғалық тұйықталу. Доғалық тұйықталу кезінде Шина пакетінің элементтеріндегі токтарды анықтау қысқа желінің күрделі конфигурациясына және ондағы үлкен токтарға байланысты айтарлықтай қиындықтарды тудырады. Осыған байланысты қысқа желінің Шина пакеті элементтерінің кедергісін анықтау үшін эксперименттік қондырғы ұсынылады, онда кері өлшеу өткізгіші Шина пакетінің геометриялық ортасына орналастырылады және тікелей сым ретінде оған ең жақын құбыр шинасы қолданылады. Бұл қысқа желі фазаларындағы токтардан магнит өрістерімен өлшеу тізбегінің тізбектерінде индукцияланған ЭҚК-дан айтарлықтай арылуға мүмкіндік береді. Алынған эксперименттік мәліметтер бойынша Шина пакетінің элементтеріндегі Токтар мен кедергілерді анықтауды жеңілдету үшін Turbo Basic ортасында «LINE 1» бағдарламасы жасалды. Шина пакетінің элементтеріндегі токтарды анықтау әдістемесі оның есептік деректерін пайдалануға негізделген жұптардың бірінің құбырлары арасында доғалық тұйықталу пайда болған жағдайда ұсынылады.

Кілтті сөздер: рудотермиялық өндіріс, пеш трансформаторы, қысқа желі, Шина пакетінің кедергісі, өлшеу қателіктері, доғалық тұйықталу, сыртқы магнит өрісі.

**D. M. Rakhimberdinova[1], A. N. Novozhilov[2], E. N. Kolesnikov[3], [2]T. A. Novozhilov[4]*
[1]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar
[2]Omsk State Technical University, Russia, Omsk
Material received on 13.03.23

IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR DETERMINING RESISTANCES AND CURRENTS IN A SHORT NETWORK DURING ARC CLOSURES

A short network in the ore-thermal industries, which transfers electrical energy from the furnace transformer to the furnace electrodes, is one of the most important elements. One of its most common electrical damages in it are arc circuits, which are capable of completely destroying a very expensive tire package in a very short time. Determining the currents in the elements of the bus package during arc closures is associated with significant difficulties due to the complex configuration of a short network and high currents in it. In this regard, an experimental setup has been proposed to determine the resistances of the elements of a short network bus package, in which the reverse measuring conductor is placed in the geometric center of the bus package, and the pipe closest to it is used as a direct wire. This makes it possible to largely get rid of the EMF induced in the circuits of the measuring circuit by magnetic fields from currents in the phases of a short network. To simplify the determination of currents and resistances in the elements of the bus package according to the experimental data obtained, the program «LINE 1» in the Turbo Basic environment has been developed. A method is proposed for determining currents in the elements of a bus package in the event of an arc closure between the pipes of one of the pairs, which is based on the use of its calculated data.

Keywords: ore-thermal production, furnace transformer, short network, bus package resistance, measurement errors, arc closure, external magnetic field.

МРНТИ 50.05.09

doi.org/10.48081/XOOK8941

***С. Н. Талипов**
Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар
email: talipovsn@gmail.com

ВЫБОР ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОЛНОЦЕННОЙ ПОДДЕРЖКОЙ ВСЕХ СИМВОЛОВ

Цель данной статьи исследовать и определить, какой из наиболее распространенных и востребованных современных языков программирования лучше всего подходит для решения научно-технических задач с использованием консольного интерфейса, национальных алфавитов и специальных символов. Материалом исследования будут входные и выходные символьные данные, а методом исследования будет разработка специального программного обеспечения и тестирование на нем входных материалов. Специальное программное обеспечение для исследования будет представлять собой разработанные четыре тестовые программы, т.е. одна программа для одного языка программирования. Каждая тестовая программа должна быть способна вводить и выводить строковые данные, содержащие символы национальных алфавитов (например, русского, английского, китайского) и специфические научно-инженерные символы. Проведенные тесты показали, что только языки программирования Python и C# умеют нормально работать с символами Unicode в консольных программах под ОС Windows. Языки программирования C/C++ и Java имеют проблемы с отображением национальных алфавитов и спецсимволов и не могут быть рекомендованы для разработки научно-практических программ в консольном исполнении под ОС Windows. Анализ данных показывает, что предпочтение стоит отдать языку программирования Python. Данный язык программирования очень прост для освоения, в нем очень много готовых библиотек для научно-технических расчетов, а также есть много бесплатных профессиональных сред для разработки программ. Если же для работы предполагается

использовать в основном ОС Windows и иметь оконный интерфейс у разрабатываемых программ, то стоит воспользоваться языком C#.

Ключевые слова: язык программирования, кодировка, символы, операционная система, консоль.

Введение

В настоящее время лидирующую позицию в операционных системах (ОС) занимает MS Windows [1]. Версии этой ОС используется более чем на 70 % устройств в мире, причем 66 % это Windows 10(11). Остальные проценты распределены так: macOS – 9 %, Linux – 4 %, Chrome OS – менее 1 %, Mobile – 16 %.

Наиболее распространенные и актуальные языки программирования для решения научно-практических задач, входящие в ТОП-5 в настоящее время: Python – 17%, C/C++ – 25 %, Java 13%, C# – 4 % [2].

Многие задачи удобней и проще решать в виде программ с консольным интерфейсом (без окон), запускаемые в окне терминала. Это связанно не столько из-за простоты реализации программ, сколько из-за кроссплатформенности решения, т.е. возможности запуска программы в разных операционных системах [3].

Цель данной статьи исследовать и определить, какой из наиболее распространенных и востребованных языков программирования лучше всего подходит для решения научно-технических задач с использованием консольного интерфейса, национальных алфавитов и специальных символов.

Материалы и методы

В качестве теста будем рассматривать несколько специальных символов, которые используются в области физики и электричества (таблица 1), а также символы русского, английского и китайского языка.

Таблица1 – Примеры научно-технических специальных символов

№	Наименование	Ед. изм.	Символ	Источник
	Сопротивление	ом	Ω	https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрическое_сопротивление
	10^{-6}	микро	ɵ	https://ru.wikipedia.org/wiki/Микро-
	Электродвижущая сила (ЭДС)	вольт	ε	https://ru.wikipedia.org/wiki/Электродвижущая_сила

Материалом исследования будут входные и выходные символьные данные, а методом исследования будет разработка специального программного обеспечения (ПО) и тестирования на нем входных материалов.

Специальное программное обеспечение для исследования будет представлять собой разработанные четыре тестовые программы, т.е. одна программа для одного языка программирования.

Каждая тестовая программа должна быть способна вводить и выводить строковые данные, содержащие символы национальных алфавитов (например, русского, английского, китайского) и специфические научно-инженерные символы. А это означает использование в тестовом ПО кодировки Unicode [4]. Данная кодировка наиболее востребована в настоящее время, так как в ней есть символы всех основных языков мира и специальные символы.

Рабочий пример тестовой строки примем такой: «Электричество, Electricity, 电, Ωμε».

Для изучения возможностей языка Python с использованием Unicode будем использовать следующий тестовый программный код:

```
#!/usr/bin/env python3
# coding=utf-8
s = input(«Введите строку: «)
print(«Вы ввели: « + s)
for i in s:
 print(i + « [« + str(ord(i)) + «]»)
```

Для изучения возможностей языка C/C++ с использованием Unicode будем использовать следующий тестовый программный код:

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
string fio;
cout << «Введите строку: »;
cin >> fio;
cout << «Вы ввели: « << fio << endl;
cout << «Размер строки: » << size(fio) << endl;
for (int i = 0; i < size(fio); i++) {
cout << «[» << i << «]: » << fio[i] << « (code: « << int (fio[i]) << »)» << endl;
}
}
```

Для изучения возможностей языка Java с использованием Unicode будем использовать следующий тестовый программный код:

```
import java.io.IOException;
import java.io.UnsupportedEncodingException;
```



```
import java.util.Scanner;
public class TestConsoleForUTF8 {
public static void main(String[] args) throws UnsupportedEncodingException,
IOException {
Scanner sc = new Scanner(System.in);
System.out.print("Введите строку (input string): «);
String s = sc.nextLine();
System.out.println("Вы ввели (roundTrip) = « + s);
for (int k = 0; k < s.length(); k++) {
System.out.println("char code [« + k + »] = « + (int)(s.charAt(k)));
} sc.close();
}
}
```

Для изучения возможностей языка C# с использованием Unicode будем использовать следующий тестовый программный код:

```
using System.Runtime.InteropServices;
using System.Text;
if (RuntimeInformation.IsOSPlatform(OSPlatform.Windows))
{
Console.InputEncoding = Encoding.Unicode;
Console.OutputEncoding = Encoding.Unicode;
}
Console.WriteLine(«Введите строку: »);
var line = Console.ReadLine();
Console.WriteLine(«Вы ввели: » + line);
for (int i = 0; i < line.Length; i++)
{ Console.WriteLine(«[»+ i + «]: » + line[i] + « (code: » + (((short)line[i]))
+ «)»);}
```

Результаты и обсуждение

Проведем тестирование возможностей языка Python с использованием Unicode в разработанной тестовой программе:

Введите строку: Электричество, Electricity, 电, Ωμε

Вы ввели: Электричество, Electricity, 电, Ωμε

Тест пройден успешно. Все символы отобразились правильно.

Проведем тестирование возможностей языка C/C++ с использованием Unicode в разработанной тестовой программе:

Введите строку: Электричество, Electricity, 电, Ωμε

Вы ввели: Электричество,

Тест провален. Не видно никаких символов, кроме русских символов (языка ОС).

Проведем тестирование возможностей языка Java с использованием Unicode в разработанной тестовой программе:

□□□□□□□□ □□□□□□□ (input string): Электричество, Electricity, 电, Ωμε

□□ □□□□□□ (roundTrip) = , Electricity, □,

Тест провален. Не видно никаких символов, кроме английских символов, пробелов и специального неверного символа.

Проведем тестирование возможностей языка C# с использованием Unicode в разработанной тестовой программе:

Введите строку: Электричество, Electricity, 电, Ωμε

Вы ввели: Электричество, Electricity, 电, , Ωμε

Тест пройден успешно. Все символы отобразились правильно.

Выводы

Проведенные тесты показали, что только языки программирования Python [5] и C# [6] умеют нормально работать с символами Unicode в консольных программах под ОС Windows. Языки программирования C/C++ и Java имеют проблемы с отображением национальных алфавитов и спецсимволов и не могут быть рекомендованы для разработки научно-практических программ в консольном исполнении под ОС Windows.

Что из двух, пройденных тест, языков программирования предпочесть? Для этого рассмотрим показатели каждого из этих языков в разрезе их поддержки в ОС и возможностей разработки под конкретную ОС (Таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение языков программирования

№	Язык программирования	Поддержка в ОС			Наличие сред разработки (IDE)		
		Windows	macOS	Linux	Windows	macOS	Linux
	Python	полноценная	предустановлен, полноценная	предустановлен, полноценная	Eric, PyCharm, Wing IDE, Spyder, Thonny	Eric, PyCharm, Wing IDE, Spyder, Thonny	Eric, PyCharm, Wing IDE, Spyder, Thonny
	C#	полноценная	только консольные программы	только консольные программы	Visual Studio, Visual Studio Code, Rider	Visual Studio Code, Rider	Visual Studio Code, Rider

Анализ данных таблицы 2 показывает, что предпочтение стоит отдать языку программирования Python. Данный язык программирования очень прост для освоения [7,8], в нем очень много готовых библиотек для научно-технических расчетов [9,10], а также есть много бесплатных профессиональных сред для разработки программ. Если же для работы предполагается использовать в основном Windows и иметь оконный интерфейс у разрабатываемых программ, то стоит воспользоваться языком C# [11,12].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 OS Platform Statistics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.w3schools.com/browsers/browsers_os.asp

2 TIOBE Index [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tiobe.com/tiobe-index

3 Консольные приложения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Console_application

4 Юникод [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Юникод

5 Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Python

6 **C Sharp** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/C_Sharp

7 **Бизли, Д.** Python. Книга рецептов / пер. с анг. Б. В. Уварова [Текст]. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 648 с: ил.

8 **Хеллман, Даг.** Стандартная библиотека Python 3: справочник с примерами, 2- е изд. [Текст]. – СПб.: ООО «Диалектика», 2019. – 1376 с.

9 **Маккини, У.** Python и анализ данных / пер. с анг. А. А. Слинкина [Текст]. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 540 с: ил.

10 **Нуньес-Иглесиас, Х.** Элегантный SciPy / пер. с анг. А. В. Логунова [Текст]. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 266 с: ил.

11 **Евдокимов, П. В.** C# на примерах. 4-е издание (переработанное и обновленное) [Текст]. – СПб.: Наука и Техника, 2019. –320 с, ил.

12 **Шарп, Джон.** Microsoft Visual C#. Подробное руководство. 8-е изд. [Текст]. – СПб.: Питер, 2017. – 848 с.: ил.

REFERENCES

1 OS Platform Statistics [Electronic resource]. - Access mode: https://www.w3schools.com/browsers/browsers_os.asp

2 TIOBE Index [Electronic resource]. – Access mode: https://www.tiobe.com/tiobe-index

3 Console applications [Electronic resource]. – Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Console_application

4 Unicode [Electronic resource]. – Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Unicode

5 Python [Electronic resource]. – Access mode: https://ru.wikipedia.org/wiki/Python

6 **C Sharp** [Electronic resource]. – Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/C_Sharp_(programming_language)

7 **Bizli, D.** Python. Kniga receptov / per. s ang. B. V. Uvarova [Text]. – Moscow: DMK Press, 2019. – 648 p.

8 **Hellman, Dag.** Standartnaja biblioteka Python 3: spravochnik s primerami, 2- e izd. [Text]. – St. Petersburg: OOO «Dialektika», 2019. – 1376 p.

9 **Makkini, U.** Python i analiz dannyh / per. s ang. A. A. Slinkina [Text]. – Moscow: DMK Press, 2020. – 540 p.

10 Nun'es-Iglesias, X. Jelegantnyj SciPy / per. s ang. A. V. Logunova [Text]. – Moscow: DMK Press, 2018. – 266 p.

11 **Evdokimov, P. V.** S# na primerah. 4-e izdanie (pererabotannoe i obnovlennoe) [Text]. – St. Petersburg: Nauka i Tehnika, 2019. – 320 p.

12 **Sharp, Dzhon.** Microsoft Visual C#. Podrobnoe rukovodstvo. 8-e izd. [Text]. – St. Petersburg: Piter, 2017. – 848 p.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**С. Н. Талипов*
Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

БАРЛЫҚ ТАҢБАЛАРДЫ ТОЛЫҚҚАНДЫ ҚОЛДАЙ ОТЫРЫП, ҒЫЛЫМИ-ПРАКТИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕРДІ ШЕШУ ҮШІН БАҒДАРЛАМАЛАУ ТІЛІН ТАҢДАУ

Бұл мақаланың мақсаты консоль интерфейсін, ұлттық алфавиттерді және арнайы таңбаларды қолдана отырып, ғылыми-техникалық мәселелерді шешуге ең көп таралған және сұранысқа ие Заманауи бағдарламалау тілдерінің қайсысы қолайлы екенін зерттеу және анықтау. Зерттеу материалы кіріс және шығыс символдық деректер болады, ал зерттеу әдісі арнайы бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу және оған кіріс материалдарын сынау болады. Арнайы зерттеу бағдарламалық құралы әзірленген төрт сынақ бағдарламасы болады, яғни бір бағдарламалау тіліне арналған бір бағдарлама. Әрбір тест бағдарламасы ұлттық алфавиттердің таңбалары (мысалы, орыс, ағылшын, қытай) және нақты ғылыми-инженерлік таңбалары бар жол деректерін енгізуге және шығаруға қабілетті болуы керек. Өткізілген сынақтар тек Python және C# бағдарламалау тілдері Windows ОЖ астындағы консольдық бағдарламаларда Юникод таңбаларымен қалыпты жұмыс істей алатынын көрсетті. C/C++ ПРОГРАММ және Java бағдарламалау тілдерінде ұлттық алфавиттер мен арнайы таңбаларды көрсетуде қиындықтар бар және оларды Windows ОЖ-де консольмен орындалатын ғылыми-практикалық бағдарламаларды әзірлеу үшін ұсыну мүмкін емес. Деректерді талдау Python бағдарламалау тіліне артықшылық беру керектігін көрсетеді. Бұл бағдарламалау тілін үйрену өте оңай, ғылыми-техникалық есептеулерге арналған көптеген дайын кітапханалар бар, сонымен қатар бағдарламаларды әзірлеуге арналған көптеген тегін кәсіби орталар бар. Егер жұмыс үшін негізінен Windows ОЖ-ны пайдалану және әзірленіп жатқан бағдарламаларда терезе интерфейсі болуы керек болса, онда C#тілін қолданған жөн.

Кілтті сөздер: бағдарламалау тілі, кодтау, таңбалар, Операциялық жүйе, консоль.

**S. N. Talipov*
Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar
Material received on 13.03.23

CHOOSING A PROGRAMMING LANGUAGE FOR SOLVING SCIENTIFIC AND PRACTICAL PROBLEMS WITH FULL SUPPORT OF ALL SYMBOLS

The purpose of this article is to investigate and determine which of the most common and popular modern programming languages is best suited for solving scientific and technical problems using a console interface, national alphabets and special characters. The research material will be input and output symbolic data, and the research method will be the development of special software and testing of input materials on it. The special software for the study will consist of four test programs developed, i.e. one program for one programming language. Each test program should be able to enter and output string data containing symbols of national alphabets (for example, Russian, English, Chinese) and specific scientific and engineering symbols. The tests have shown that only the

Python and C# programming languages are able to work normally with Unicode characters in console programs under Windows OS. The C/C++ and Java programming languages have problems with displaying national alphabets and special characters and cannot be recommended for developing scientific and practical programs in console execution under Windows OS. Data analysis shows that preference should be given to the Python programming language. This programming language is very easy to learn, it has a lot of ready-made libraries for scientific and technical calculations, and there are also many free professional software development environments. If it is supposed to use mainly Windows OS for work and have a window interface for the programs being developed, then it is worth using the C# language.

Keywords: programming language, encoding, symbols, operating system, console.

ҒТАМР 28.23.37

doi.org/10.48081/UAZS1517

***А. Б. Тоқтарова[1], Б. С. Омаров[2], Ж. Ж. Ажибекова[3]**
С. А. Мамиков[4]
[1]Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ – Түрік Университеті, , Қазақстан Республикасы, Түркістан қ.;
[2]Әл - Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;
[3]С. Ж. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;
[4]Академик Ә.Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университеті, , Қазақстан Республикасы, Шымкент қ.
e-mail: toktar.aigerim@list.ru

ОНЛАЙН КОНТЕНТТЕГІ ҒАДАУАТ СӨЗДЕРДІ АНЫҚТАУДА ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІҢ МАҢЫЗЫ

Бұл мақалада қазіргі таңда интернет желісінің күн санап дамуы адамзат тарихында жылдамдық пен сандық өмірге қол жеткізіп қана қоймай, оның екінші беті, яғни онлайн контентті қорлау немесе кесмсіту мақсатында қолданып жүрген желі қолданушыларының бар екендігі туралы, сонымен қатар, әлеуметтік желілердегі балағат тілде жазылатын пікірлерді жинау үшін оңай және автоматтандырылған қадамдарды машиналық оқыту арқылы жүзеге асыруға болатыны туралы айтылған. Бүгінде, онлайн контенттегі жағымсыз пікір қалдырушылар саны қаптап кетуі проблемалар қатарын көбейтуде. Онлайн контенттен келетін қауіптің бір түрі – кибербуллинг екені белгілі, бұл өз кезегінде желі қолданушыларды эмоциональды күйге түсіріп, қандай да бір психикалық зардап әкеледі.

Біз Қазақстанда пайдаланатын әлеуметтік желілер мен бұқаралық ақпарат құралдарына жариялаған бейәдеп пікірлерден тұратын деректер қорын жинап жатырмыз. Көптеген әлеуметтік желілерден түскен шағымдарды зерделей отырып байқағанымыз: онлайн контентте кемсітетін яғни, балағаттау пікірлерінің жариялануы күн сайын артып келе жатқанын көруге болады.

Біздің зерттеулер нәтижесі машиналық оқыту тәсілдерін қолдану арқылы әлеуметтік желілерде жарияланған дөрекі сөздердің түбірін зерттеп қана қоймай, сонымен қатар, гадауат пікірлердің түрлерін ажыратып және автоматтандырылған деректер жиынына қол жеткізуге көмектеседі.

Кілтті сөздер: онлайн контент, жасанды интеллект, бейәдеп сөздер, парсинг, табиғи тіл

Кіріспе

Интернеттің дамуы әртүрлі мәтін форматтағы ақпарат көлемінің бақыланбайтын экспоненциалды өсуіне әкеледі. Интернетті пайдалану уақытының шексіз, яғни 24 сағат қол жетімділігі, жасырын пайдаланушы ретінде және саны көп онлайн аудиториялармен жұмыс жасай алу мүмкіндігін беріп отыр. Қазіргі уақытта интернеттегі зорлық- зомбылық, жағымсыз пікірлер адамдардың психологиялық – эмоциональды денсаулығына қауіп төніп тұрғандықтан өзекті болып отыр.

Технологиялық процесстің дамуы оң мүмкіндіктерімен қатар оны теріс әсер ететін жақтары мен салдары бар екенін ескеруді талап етеді, бұл дегеніміз деструктивті іс әрекеттердің өсуіне алып келеді. Біздің жағдайымыздағы деструктивті деректер – бұл онлайн контент қолданушысына қандай да бір түрде залал келтіру, яғни бейәдеп пікірлерді қалдыру арқылы зиянын тигізу болып табылады.

Заманауи желідегі орасан зор ақпарат көлемі жеке тұлғалардың мүдделері мен құқықтарын қорғауды талап етеді. Тіпті, жаһандық деңгейде де өз салдарын тигізуге болатынын көрумізге болады, мысалы ретінде онлайн контенттегі халықаралық даулар мен қақтығыстардан көруге болады.

Мысалы, 2021 жылы жүргізілген әлем мемлекеттерінің интернетті қолдану деңгейі статистикасы бойынша Қазақстан мемлекеті жалпы халықтың 15,47 миллионы, яғни 81,9 % көрсетіп отыр. Желідегі ақпараттар аптасына 7 күн, 24 сағат бойы қолжетімді, интернеттегі «шабуылдан» қорғана алмайсың, себебі электрондық пошта, ұялы телефонға, түрлі жеке әлеуметтік желілер сайтына кез- келген уақытта келіп түсуі мүмкін. Бұл адамдарға, оның ішінде жасөспірімдерге психологиялық түрде әсер әтеді. Сонымен қатар, инетернетте жасырын қолданушы бола білу мүмкіндігі бар, яғни кімнен келген «шабуыл» екенін білмеуіңіз мүмкін. Физикалық зорлық – зомбылыққа қарағанда эмоционалдық «шабуылдың» соңы адамды психологиялық ауытқуларға әкеліп соғу қаупі жоғары екенін психологтар айтуда.

Зерттеудің нысаны: онлайн контенттегі бейәдеп сөздерді машиналық оқыту арқылы анықтау

Зерттеудің пәні: машиналық оқытуды онлайн контенттегі ғадауат сөздер топтамасын анықтауда қолдану

Мақсаты: онлайн контент қолданушыларынан келіп түскен ғадауат сөздер тізбегінен автоматтандырылған мәліметтер қорын жасақтау және машиналық оқыту арқылы анықтау

Зерттеу жұмысының міндеттері:

Ғадауат сөздерді парсерлеу арқылы, яғни көрсетілген желі ресурстарындағы жағымсыз пікірлерді жинап, сұрыптап, қажетті форматта ұсыну;

Есептелген алгоритмдердің орындалуын қамтамасыз ету;

Үлкен көлемді іздеу модельін құрып, массивті мәліметтер қорына сұрыптау жасау;

Материалдар мен әдістері

Жасанды инлеллект дегеніміз дайын дайын мәліметтер қорын пайдалана отырып, тілді оқуды қайталауға және іздеу процестерін автоматты түрде жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Дегенмен, жасанды интеллект машиналық работехникадан айырмашылығы өте жоғары. Жасанды интеллектің мақсаты – қолмен жасалатын жұмыстарды автоматтандыру ғана емес, сонымен қатар, программаланған ауқымды жүйелермен жұмыс істеу болып табылады. Жүйені инициализациялаумен қатар адамның қолымен жасалуды талап етеді [1].

Жасанды интеллекттің ерекшеліктеріне тоқталып өтер болсақ, автоматтандырудан бастап, коммуникациялық платформалар, боттар және смарт компьютерлер үлкен көлемдегі деректермен біріктіріліп, қауіпсіздік деректерін талдаудан инвестициялық талдау құралдарына дейін үйлер мен кеңселерде қолданылатын әртүрлі технологияларды жақсарта алады.

Жасанды интелект көптеген жасырын қабаттары бар нейрондық желілерді пайдалана отырып, деректердің үлкен көлемін тереңірек талдауды жүзеге асырады. Терең оқыту үлгілері деректердің үлкен көлемін қажет етеді, өйткені бұл жасанды интелектің негізі болып табылады. Сондықтан деректер неғұрлым көп болса, модель соғұрлым дәлірек болады [2].

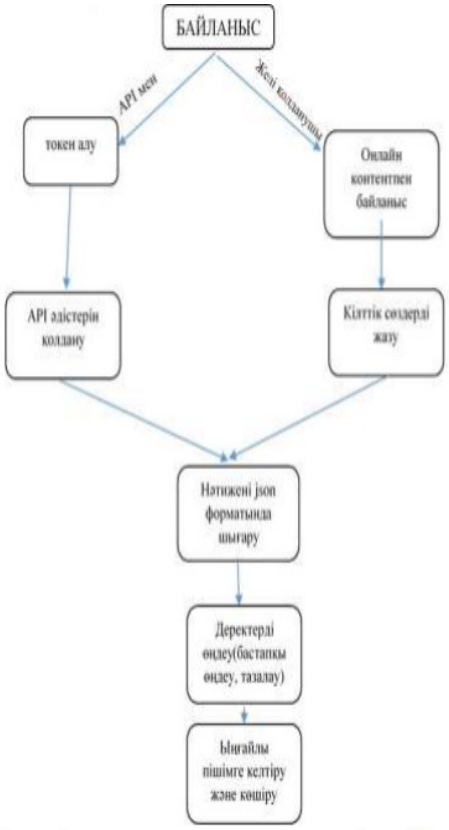
Зерттеу нәтижесі

Онлайн контенттегі қазақ тілді тұтынушысы бар әлеуметтік желілерден мәліметтерді жинау барысында 2 типті парсинг құру туралы шешім қабылданды: API негізінде парсинг жасау және кілттік сөздерді пайдалану арқылы өзіңнің «веб - шолғышыңды» жасау. Әр типтің өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар.

Қолданбалы бағдарламалау интерфейсі (API) – бір бағдарлама басқа бағдарламамен әрекеттесе алатын жаңа бағдарламалық қолданбаларды құруға арналған интерфейс түріндегі класстар, процедуралар мен функциялар жиынтығы [3]. Бұл бағдарлама жасаушыларға өз өнімдерінің

функционалдығын кеңейтуге және оны бағдарламалық жасақтамалармен байланыстыруға мүмкіндік береді.

1 - суретте мәліметтер қорын жинау процессіндегі 2 типті парсинг жасаудың сызбасы көрсетілген.

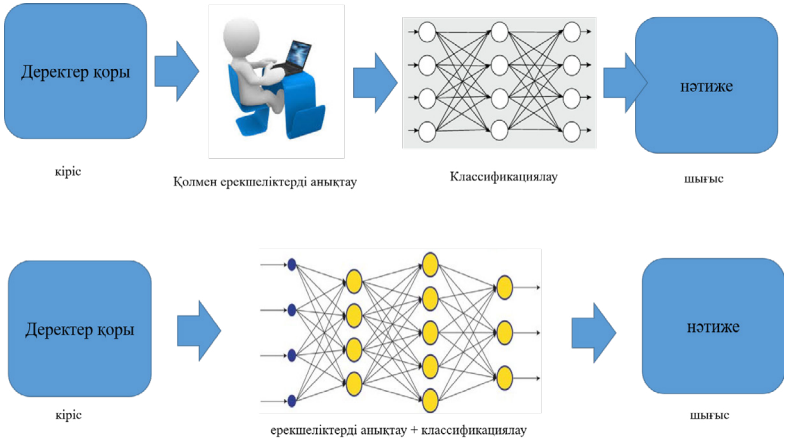


Сурет 1– Мәліметтер қорын жинау процессіндегі 2 типті парсинг жасаудың сызбасы

Біз формалды іске асыру моделінің нұсқасын ұсынамыз бұл процесс инженерлік тәсіл болып табылады, оған сәйкес компьютерлік объект (құбылыс) компьютердің көмегімен ойнатылады.

Белгілі бір тілдегі балағат сөздерге қатысты мәтіндерді табу қиын. Қазақ тіліне арналған жағымысыз сөздері бар өз корпусымызды құруды жөн көрдік.

Сызба екі схемадан тұрады: мәтіндік жазбаларды қамтитын әлеуметтік желілердегі балағат сөздер және вербалды емес мәлімдемелер. Біз деректерді жинау үшін аналитикалық технологияны қолдандық. Бірінші схема үшін API әзірлеушісі әзірлеген аналитикаға сәйкес, бұл әдіс жұмыс істеуі үшін алдымен қосылымды орнату керек, яғни, токенді алу арқылы қосылымға қол жеткізуге болады. Токенді қолданбаның әзірлеуші бөлімінен тікелей алуға болады, содан кейін дерекқорға қол жеткізу үшін пайдаланылады. Кез келген формат үшін деректерді түрлендіру қызметтерін ұсына алады. Содан кейін, деректер қоры «тазаланады», содан кейін бұл деректер сақталады және оны машиналық оқытуда пайдалануға болады. Сызбаның екінші тармағында басқаша конфигурацияланған, мұнда сіз веб-беттерге кіру үшін өзіңіздің пайдаланушы интерфейсін жасай аласыз және деректер қорына қол жеткізугемүмкіндік бар [4]. Яғни, біз онлайн контент сайттарынан, әлеуметтік желілерден «эмоционалды» деректерді жинаймыз. Бұл әдіс бастапқыда жалықтыратын болса да, деректерді жинауды аяқтаған кезде операция логикасы біріктірілгенін байқайсыз.



Сурет 2 – Мәліметтер қорын жинаудағы 2 типті парсингтің жұмыс істеу схемасы

Онлайн контенттегі мәліметтер қорын жинап болған соң, электрондық зорлық-зомбылықтың болуын анық көрсететін ауызша маркерлердің сегіз класы анықталды: [5]

1 Тыйым салу және әдепсіз сөздер (бір құрамды, екі компонентті, үш құрамды және көп компонентті) – ол жәбірленушінің беделін түсіру, оны

манипуляциялау және оның кемшілігін көрсету үшін ашық ауызша агрессия құралы ретінде қолданылады;

2 Адамның интимдік өміріне қатысты сөздер – көбінесе бұзақылар қолданушының сезімін жаралау үшін қолданылады. Көптеген тілдерде жыныс мүшелерінің атаулары мен жыныстық әрекет түрлері тыйым салынған сөздік болып табылады және адресаттың агрессиясын білдіру үшін жиі қолданылады;

3 Жыныстық қатынас ұғымдарына қатысты сөздер жыныстық бағдары және сексизм - жоғарыда көрсетілген мақсаттарға жету үшін құрбандар көбінесе гей, лесбиян, педофил/педофил, сексист, транс және т.б. және адресат сияқты дәстүрлі емес жыныстық бағдарын атайды және/немесе атап көрсетеді;

4 Зұлымдықты және өлімді қалауды білдіретін сөздер – мұндай лексикалық бірліктерді қолдану қылмыскерді қатты ұнатпаудан, тіпті жәбірленушіні жек көруден туындайды;

5 Адамды қорлауды білдіретін сөздер – көбінесе «бірнеше бұзақы – бір құрбан» схемасы бойынша электронды құдалау орын алған кезде қолданылады. Лексикалық сөздер (намыссыз, мылқау, лас, надан, ақымақ, т.б.) үнемі сынға алып, олардың қабілетін төмендетіп, жәбірленушінің өзін-өзі бағалауы мен өзін-өзі бағалауын түсіруге бағытталған;

6 Ұлтқа және нәсілшілдікке қатысты ұғымдарды атайтын сөздер, мысалы, қарабет, хакер, өзбек, нәсілшіл, социопат және т.б. – агрессорға жәбірленушіге моральдық ғана емес, сонымен бірге әлеуметтік зиян келтіруге мүмкіндік беруі мүмкін;

7 Жануарлар атымен аталатын сөздер, жануарлармен салыстыру арқылы қолдану яғни, сиыр, есек, шошқа, мал, қой, сұржылан, т.б. жәбірленушінің мінез-құлқын жануарлардың қасиеттерімен теңестіреді, бұл оның қоғамдағы мәртебесін төмендетеді және адамның өзін-өзі бағалауын төмендетеді;

8 Физикалық және ақыл-ой кемістігі арқылы адамдарды балағаттаушы сөздер;

Талқылаулар

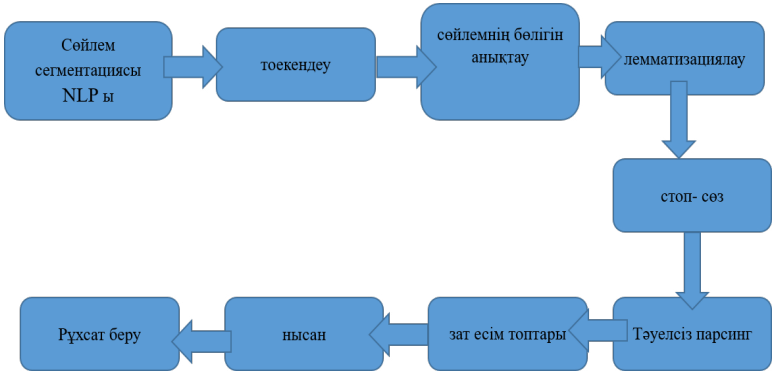
Мәтінді талдау үш негізгі форматта жүзеге асырылады: классификация, мазмұнды рефлексия және көңіл-күйді талдау.Барлық мәтінді жіктеу есептерін екі түрге бөлуге болады:

– екілік классификация пайдаланушыға ұсынылатын құжаттың өзектілігін анықтауға мүмкіндік береді;

– көп класты классификация құжаттың тақырыбын анықтауға және оны жүздеген пәндік сыныптардың біріне тағайындауға мүмкіндік береді [6].

бастады және NLP мәселелерін шешудің жалпы тәсілін қалыптастырды.

NLP конвейері



Сурет 3- NLP конвейері сызбасы

Бұл тәсілдің мәні мәселені бірнеше ретті ішкі тапсырмаларға бөліп, олардың әрқайсысын жеке шешу болып табылады. Мәселені шешу кезінде екі бөлікті шартты түрде ажыратуға болады: кіріс деректерді алдын ала өңдеу (әдетте бұл ең көп уақытты алады) және модельді құру [7].

Жеті негізгі кезеңі бар:

1) Кез келген NLP тапсырмаларын шешу үшін орындалатын конвейердің алғашқы екі қадамы сегменттеу (мәтінді сөйлемдерге бөлу) және лексемалау (сөйлемдерді лексемаларға бөлу, яғни бөлек сөздер) болып табылады.

2) Әрбір жетонның ерекшеліктерін есептеу. Токеннің контекстен тәуелсіз атрибуттары есептеледі.

Күрделі морфологиясы бар тілдер үшін (қазақ тілі) морфологиялық белгілер де маңызды: мысалы, қай жағдайда зат есім, сын есімнің қай түріне жататындығы. Морфология сөздерді бастапқы пішініне келтіру үшін де қажет, оның көмегімен біз ерекшелік кеңістігінің көлемін азайта аламыз. Мысалы ретінде: «Саған бүгін келу қажет», «Мен келдім». Екі сөйлемде де «кел» етістігі бар , бірақ әр түрлі жалғаулармен аяқталған. Егер мәтіндер компьютерде өңделетін болса, біз «кел» сөзін пайдаланып бірдей ұғым туралы айтып жатқанымызды түсіну үшін ол әрбір сөздің бастапқы түбірін білуі керек. Әйтпесе, «келу» және «келдім» таңбалауыштары (токен) мүлдем басқаша қабылданады. NLP-де бұл процесс лемматизация деп аталады. [8]

3) Тоқтау (стоп -слова) сөздердің маңыздылығын анықтау және сүзгілеу. Қазақ тілінде көптеген көмекші сөздер бар, мысалы, «және», «сонымен», «немесе». Мәтінді статистикалық талдау кезінде бұл таңбалауыштар басқаларға қарағанда жиі кездесетіндіктен, қиындық тудырады. Сондықтан олар тоқтау сөздері ретінде белгіленіп, сөйлем «арамшөптерден» тазартылады.

4 Сөзді алмастыру. Қазақ тілінде ол, оның, бұның, бұл жерде деген сияқты есімдіктер бар. Мысалы, «Қазір мен Алматы қаласындамын. Бұл жерде тұратын адамдар саны басқа қалалармен салыстырғанда көп.» Яғни көріп отырғанымыздай «Алматы» сөзін «бұл жер» деген сөзімен алмастырдық. Адам контекст негізінде бұл сөздердің сөйлемнен сөйлемге қатынасын бақылай алады. Бірақ NLP моделі есімдіктердің нені білдіретінін білмейді, өйткені ол бір уақытта тек бір сөйлемді қарастырады.

5 Тәуелділіктерді талдау. Бұл қадамның түпкі мақсаты – әрбір таңбалауыш жалғыз түбірі бар «ағаш» құру. Түбір негізгі етістік бола алады. Сондай-ақ екі сөздің арасындағы байланыс түрін орнату керек.

6 Өңделген мәтінді векторлық түрге аудару. Бұл қадам сөздердің векторлық көрінісін құруға мүмкіндік береді. Осылайша, бір контексте қолданылатын сөздердің ұқсас векторлары болады [9].

7 Мақсатқа байланысты модель құру. Мысалы, жаңа мәтіндерді жіктеуге немесе генерациялауға арналған модель.

Белгілі бір мәселені шешу үшін кейбір қадамдарды алып тастауға немесе жаңа қадам қосуға болады. Дегенмен, бұл конвейер NLP-тен практикалық мән алуға мүмкіндік беретін барлық типтік қадамдар мен тәсілдерді қамтиды [10].

Қорытынды

Жоғарыда айтылғандарды түйіндей келе, жағымсыз пікірлерді табу ақпараттық технологияның жұмысы ретінде қарастыруға болады. Қойылып отырған проблеманы шешуде екі шешімді көруге болады: адам өз қолымен жасайды немесе автоматтандырылған жүйеге жүгінеді. Машиналық оқыту ғылымда үнемі өсіп, жаңа қарқынға ие болып отыратын система ретінде қарастыруға болады қорқыту – үркітудің түрлері және оларды анықтаудың белгілері осы ғылыми зерттеу жұмысында келтірілді. Сонымен қатар, деструктивті мәліметтер қорын іздеуде автоматтандырылған жүйе қажет екендігі көрсетілген. Осы мақсатта қолданылған әдістер жиынтығын көрсетіп отырымз. Іздеу жолдарын және олардың бір – бірінен ерекшілігін байқауға болады.

Жинақталған мәліметтер қорын алдыңғы уақытта табиғи тілдерді өңдеу және машиналық оқыту әдістерін пайдалана отырып онлайн контентте анықтауға қолдануға болатындығын, ғадауат сөздер тізбегінің қай түріне жататындығын анықтауға болатындығын байқап отырымыз. Сонымен қатар, онлайн контенттегі ғадауат сөздерді анықтаудың моделін құруға болатындығын байқап, болашақтағы ғылыми зерттеуіміздің басты мәселесі ретінде алуға болатыны талқыланды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Salloum, S. A., Alshurideh, M., Elnagar, A., & Shaalan, K.** (2020, April). Machine learning and deep learning techniques for cybersecurity: a review. In The International Conference on Artificial Intelligence and Computer Vision (pp. 50-57). Springer, Cham.

2 **Yu, M., Huang, Q., Qin, H., Scheele, C., & Yang, C.** (2019). Deep learning for real-time social media text classification for situation awareness–using Hurricanes Sandy, Harvey, and Irma as case studies. International Journal of Digital Earth, 12(11), 1230–1247.

3 **Mohan, A., Singh, A. K., Kumar, B., & Dwivedi, R.** Review on remote sensing methods for landslide detection using machine and deep learning. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, (2021). 32(7), e3998.

4 **Mussiraliyeva, S., Omarov, B., Yoo, P., & Bolatbek, M.** . Applying machine learning techniques for religious extremism detection on online user contents. Computers, Materials and Continua, (2021) 70(1), 915–934.

5 **Singh, J. P., Kumar, A., Rana, N. P., & Dwivedi, Y. K.** Attention-based LSTM network for rumor veracity estimation of tweets. Information Systems Frontiers, 1–16. (2020).

6 **Canhoto, A. I., & Clear, F.** Artificial intelligence and machine learning as business tools: A framework for diagnosing value destruction potential.Business Horizons, (2020). 63(2), 183-193

7 **Yuan, S., & Wu, X.** Deep learning for insider threat detection: Review, challenges and opportunities. Computers & Security, (2021). 104, 102221..

8 **Mühlhoff, R.** Human-aided artificial intelligence: Or, how to run large computations in human brains? Toward a media sociology of machine learning. new media & society, (2020). 22(10), 1868–1884.

9 **Neupane, D., & Seok, J.** (2020). Bearing fault detection and diagnosis using case western reserve university dataset with deep learning approaches: A review. IEEE Access, 8, 93155-93178.

10 **Kumar, A., Singh, J. P., Dwivedi, Y. K., & Rana, N. P.** A deep multi-modal neural network for informative Twitter content classification during emergencies. Annals of Operations Research, (2020). 1–32.

REFERENCES

1 **Salloum, S. A., Alshurideh, M., Elnagar, A., & Shaalan, K.** (2020, April). Machine learning and deep learning techniques for cybersecurity: a review. In The International Conference on Artificial Intelligence and Computer Vision (pp. 50-57). Springer, Cham.

2 **Yu, M., Huang, Q., Qin, H., Scheele, C., & Yang, C.** (2019). Deep learning for real-time social media text classification for situation awareness–

using Hurricanes Sandy, Harvey, and Irma as case studies. International Journal of Digital Earth, 12(11), 1230-1247.

3 **Mohan, A., Singh, A. K., Kumar, B., & Dwivedi, R.** (2021). Review on remote sensing methods for landslide detection using machine and deep learning. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 32(7), e3998.

4 **Mussiraliyeva, S., Omarov, B., Yoo, P., & Bolatbek, M.** (2021). Applying machine learning techniques for religious extremism detection on online user contents. Computers, Materials and Continua, 70(1), 915-934.

5 **Singh, J. P., Kumar, A., Rana, N. P., & Dwivedi, Y. K.** (2020). Attention-based LSTM network for rumor veracity estimation of tweets. Information Systems Frontiers, 1-16.

6 **Canhoto, A. I., & Clear, F.** (2020). Artificial intelligence and machine learning as business tools: A framework for diagnosing value destruction potential. Business Horizons, 63(2), 183-193

7 **Yuan, S., & Wu, X.** (2021). Deep learning for insider threat detection: Review, challenges and opportunities. Computers & Security, 104, 102221..

8 **Mühlhoff, R.** (2020). Human-aided artificial intelligence: Or, how to run large computations in human brains? Toward a media sociology of machine learning. new media & society, 22(10), 1868–1884.

9 **Neupane, D., & Seok, J.** (2020). Bearing fault detection and diagnosis using case western reserve university dataset with deep learning approaches: A review. IEEE Access, 8, 93155–93178.

10 **Kumar, A., Singh, J. P., Dwivedi, Y. K., & Rana, N. P.** (2020). A deep multi-modal neural network for informative Twitter content classification during emergencies. Annals of Operations Research, 1–32.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

**А. Б. Токтарова[1], Б. С. Омаров[2], Ж. Ж. Ажибекова[3], С. А. Мамиков[4]*
[1]Международный Казахско–Турецкий Университет имени Ходжа Ахмет Ясауи, Республика Казахстан, г. Туркестан;
[2]Казахский Национальный университет им. аль- Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы;
[3]Казахский Национальный медицинский университет имени С. Д. Асфендиярова, Республика Казахстан, Алматы;
[4]Университет дружбы народов имени академика А. Куатбекова Республика Казахстан г. Шымкент.
Материал поступил в редакцию 13.03.23.

ВАЖНОСТЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОСКОРБИТЕЛЬНЫХ СЛОВ В ОНЛАЙН-КОНТЕНТЕ

В настоящее время известно, что простые и автоматизированные шаги по сбору ненормативной лексики в социальных сетях можно реализовать с помощью машинного обучения. Сегодня огромное количество негативных комментариев к онлайн-контенту усугубляет проблему.

Мы собираем базу нецензурных комментариев, размещенных в социальных сетях и СМИ, используемых в Казахстане. Что мы заметили, проанализировав жалобы, полученные из многих социальных сетей, так это то, что публикация уничижительных, то есть оскорбительных комментариев в онлайн-контенте увеличивается с каждым днем.

Результаты нашего исследования с использованием методов машинного обучения помогут нам не только исследовать корень грубых слов, размещенных в социальных сетях, но и различать типы грубых комментариев и получать доступ к автоматизированным наборам данных.

Ключевые слова: онлайн контент, искуственный интеллект, нецензурная лексика, парсинг, NLP.

**A. B. Toktarova[1], B. S. Omarov[2], Zh. Zh. Azhibekova[3], S. A. Mamikov[4]*
[1]Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh–Turkish University, Republic of Kazakhstan, Turkistan;
[2]AL-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty;
[3]Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Republic of Kazakhstan, Almaty;
[4]University of friendship of people'sacademician A. Kuatbekov, Republic of Kazakhstan, Shymkent.
Material received on 13.03.23

THE IMPORTANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN IDENTIFYING OFFENSIVE WORDS IN ONLINE CONTENT

It is now known that simple and automated steps to collect profanity on social networks can be implemented using machine learning. Today, the sheer volume of negative comments on online content exacerbates the problem.

We collect a database of obscene comments posted on social networks and media used in Kazakhstan. What we noticed after analyzing the complaints received from many social networks is that the posting of derogatory, i.e. offensive comments in online content is increasing every day.

The results of our research using machine learning methods will help us not only explore the root of rude words posted on social networks, but also distinguish between types of rude comments and access automated datasets.

Keywords: online content, artificial intelligence, obscene language, parsing, NLP

МРНТИ 44.01.99

doi.org/10.48081/GOGE8419

***А. Б. Хабдуллин[1], Г. А. Хабдуллина[2], Т. И. Глущенко[2], А. Б. Тәңірберген[1], А. К. Жумадирова[3]**

[1]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана;

[2]Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, Республика Казахстан, г. Костанай;

[3]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

e-mail:aset85@mail.ru

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНО-ДИНАМИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ

Приведенное исследование посвящено теме энергосбережения при использовании возобновляемой энергии. Основной проблемой использования возобновляемой энергии является нестабильность потоков энергии, малая мощность и потребностью накопления и сохранения полученной энергии. Для решения этих проблем проведен анализ способов накопления энергии на основе статистических данных. В связи с чем, рассмотрен способ усиления мощности с помощью вакуумно-динамического усилителя мощности. Для проектирования этого усилителя разработан алгоритм расчета вакуумно-динамического усилителя мощности. Предложена методика расчета вакуумно-динамического усилителя мощности, на основе которой определены параметры усилителя. В статье дана информация по разработке и исследованию вакуумно-динамического усилителя мощности. Поставлены и решены следующие задачи: определены параметры вакуумно-динамического усилителя мощности; произведен расчет вакуумно-динамического усилителя мощности. На основе проведенных расчетов была модифицирована конструкция и установлены необходимые параметры двух систем, участвующих в выработке энергии. Большая вариативность оборудования и регулирование нагрузки позволяет создать широкую вариативность исполнения вакуумно-динамического усилителя мощности, а также определяет большое пространство для дальнейших исследований.

Был произведен необходимый расчет материала и плотности для функционирования данной вакуумно-динамического усилителя мощности.

Ключевые слова: усилитель мощности, возобновляемые источники энергии, энергоэффективность, технология, электроэнергия.

Введение

За последнее десятилетие мировое производство электроэнергии быстро росло. Годовая валовая добыча электроэнергии достигла примерно 36 400 ТВт, из которых ископаемое топливо (включая уголь /торф, природный газ и нефть) составляет около 70 % мирового производства электроэнергии [1]. Для поддержания стабильности электросети баланс нагрузки в основном управлялся электростанциями на ископаемом топливе. Для достижения цели сокращения выбросов CO_2 будущая генерация электроэнергии будет развиваться с уменьшением зависимости от ископаемого топлива, растущего использования возобновляемых источников энергии и с большим уважением к окружающей среде [2]. Тем не менее, большинство возобновляемых источников энергии являются прерывистыми по своему характеру, что представляет собой серьезную проблему для поддержания энергии, поддержания баланса нагрузки для обеспечения устойчивости и надежности сети. Большие усилия были предприняты для поиска жизнеспособных решений, в том числе для хранения энергоресурсов, переноса нагрузки посредством управления спросом, взаимосвязи с внешними сетями и т. д. Среди всех возможных решений хранения энергоресурсов был признан одним из наиболее перспективных подходов [3]. Технология энергосбережения относится к процессу преобразования энергии из одной формы (в основном электрической энергии) в сохраняемую форму и резервирования ее в различных средах; тогда накопленная энергия может быть преобразована обратно в электрическую энергию, когда это необходимо [3]. Хранения энергоресурсов может иметь множество привлекательных предложений (функций) для работы сети электропитания и балансировки нагрузки, таких как:

–помощь в удовлетворении пиковых нагрузок на электроэнергию;

– обеспечение изменяющегося во времени управления энергией;

– смягчение прерывистости возобновляемого источника;

– повышение качества / надежности электроэнергии;

– удовлетворение потребностей в удаленных и транспортных нагрузках;

– поддержка реализации интеллектуальных сетей;

–оказание помощи в управлении распределенной / резервной энергетикой;

–сокращение импорт электрической энергии в периоды пиковой нагрузки.

Во многих сценариях спрос на энергосбережение (ЭСБ) и выбор соответствующих технологий считался важным и сложным в странах с относительно небольшим размером сети и инерцией. Исходя из изучения последних публикаций, на рисунке 1 показаны различные технологии энергосбережения с потенциалами для решения проблем, стоящих перед энергетическими системами [3]. Многим странам, необходимо решить аналогичные проблемы, которые могут быть решены или улучшены с помощью подходящих технологий хранения энергоресурсов.

Из-за большого потенциала и многочисленных функций хранения энергоресурсов в литературе многие авторы рассмотрели и обобщили исследования и разработки, демонстрации и промышленные приложения с разных точек зрения, особенно в последние годы. Статья, представленная H.Ibrahim, A.Ilinca, J.Perron подчеркнула необходимость сохранения энергии для улучшения энергетических сетей и поддержания уровней нагрузки [4]. Haisheng Chen и Thang NgocCong обеспечили хорошо организованный и всеобъемлющий критический обзор прогресса в системах ЭСБ, охватывающий различные типы технологий хранения энергоресурсов и их статус приложений / развертывания [4–8].

Материалы и методы

Было проведено краткое статистическое исследование для определения тенденций в исследованиях, связанных с хранением энергоресурсов. На рисунке 1 показаны результаты, подробно описывающие количество научных работ, опубликованных в шести областях, относящихся к хранению энергоресурсов. Названия субфигур на рисунке 1 являются ключевыми словами, используемыми в поисковой системе. Результаты показывают, что исследования в хранения энергоресурсов за последние десять лет, как правило, увеличивались.

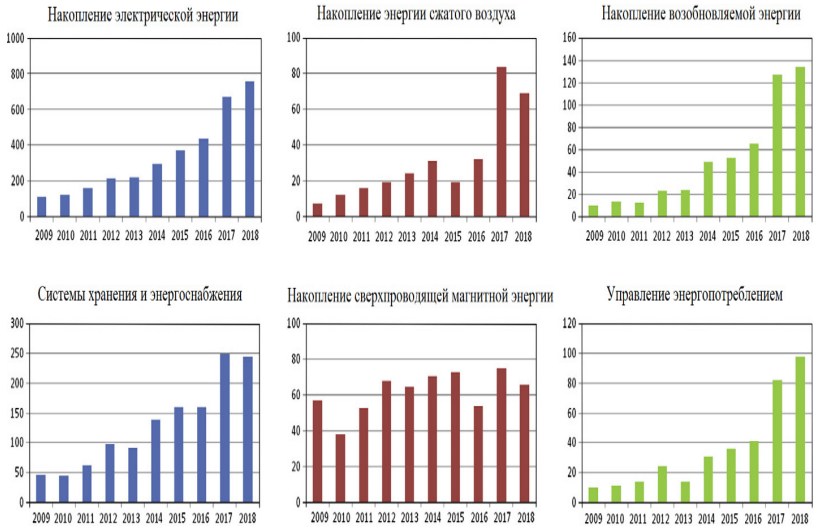


Рисунок 1 – Состояние развития секторов Энергосбережения

Хотя потенциальные преимущества установки хранения энергоресурсов для работы энергосистемы широко признаны, существуют некоторые серьезные проблемы при развертывании систем Энергосбережения, такие как:

– как выбрать подходящую технологию хранения энергоресурсов для соответствия требованиям приложений к энергосистеме;

– как точно оценить фактические значения развернутых объектов хранения энергоресурсов, включая технические и экономические выгоды;

– как снизить стоимость до реально приемлемого уровня для развертывания, особенно для новых технологий хранения энергоресурсов.

Как правило, для эффективного производства любого типа ресурсов требуются большие установки, как для производства возобновляемых ресурсов, так и невозобновляемых ресурсов. Нет пока еще ни одной конструкции, создающей энергию в домашних условиях, так как для создания мощностей, способных полноценно питать дом и при этом иметь малый масштаб. Данный способ производства электроэнергии можно отнести к возобновляемым лишь номинально, ведь он построен на способе еще ни разу не примененной в современной науке – изменении давления и работы в условиях разрежения. В настоящее время нами разработано устройство, пригодное для малых хозяйств, использующую мощность до 1кВ. [9–12].

Данная технология имеет название «Вакуумно-динамический усилитель мощности» (ВДУМ) – основанной на элементарных законах физики:

– Силы атмосферного давления;

– Энергии маховика.

Устройство работает совместно с электродвигателем или двигателем внутреннего сгорания. ВДУМ совместно с электродвигателем или двигателем внутреннего сгорания позволяет значительно экономить электроэнергию и топливо, а также может применяться в автономных системах электроснабжения, как экологически чистая генерирующая установка в производственных помещениях и сооружениях, а также в жилых домах. Данное устройство первое в своем роде и не имеет никаких аналогов.

Широкое внедрение вакуумно-динамического усилителя мощности различного назначения позволят значительно экономить электроэнергию и топливо. По расчетам обладает низкими затратами на получение 1кВт.

Изобретение относиться к области машиностроения, в частности к объемным поршневым машинам, таким как двигатели, компрессоры, насосы. Предлагаемое изобретение позволяет значительно экономить электроэнергию и топливо, упростить конструкцию, увеличить крутящий момент за счет использования взаимодействия атмосферного давления и вакуума.

Алгоритм расчета состоит из семи модулей (Рисунок 2):

Рисунок 2 – Методология разработки и исследования вакуумно-динамического усилителя мощности

Простейший электродвигатель раскручивает маховик, вращающий кривошип, жестко соединенный со штоком, с помощью шатуна (рисунок 1). Шток производит давление на вакуумный усилитель. В вакуумной камере образуется разряжение, возникающее под действием двухступенчатого пластинчато-роторного вакуумного насоса (в данной конструкции применяется вакуумный насос Value VRD-16, мощностью 550 Вт). Благодаря разряжению производится усиление давления до 7 раз на шток второй системы, жестко соединенный с кривошипом, раскручивающим систему №2, состоящий из маховика и кривошипа. Приводной ремень соединяет систему №2 и генератор, сообщая ему энергию вращающейся системы. Маховик,

раскручиваясь, сохраняет крутящий момент. Храповой механизм позволяет системе вращаться только в одном направлении, предупреждая различные сбои работы. Возвратная пружина на ВУ позволяет вернуть шток в начальное положение. Машина содержит маховик 2, кривошип 1 с шатуном 3 в виде двуплечего рычага 3 и штоком 4.

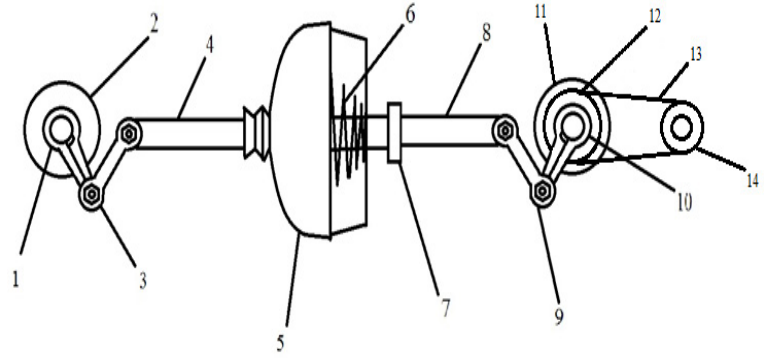


Рисунок 2 – Схема вакуумно-динамического усилителя мощности

По оценкам действия ВДУМ на практике, было выяснено, что он работает эффективно при давлении менее 500 бар, что в 2 раза менее атмосферного (1013 бар). Опытным путем доказано, что для начала цикла работы необходимо наличие давления равного 200 бар. При заданных параметрах, время создания разряжения будет равно 10,95 секунд (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры вакуумно-динамического усилителя мощности

Наименование параметра	Параметры до модернизации		Параметры после модернизации
	Система 1	Система 2	Система 2
Масса маховика, кг	28	141	222,5
Радиус маховика, м	0,17	0,17	0,17
Длина шатуна, м	0,08	0,08	0,08
Частота вращения маховика, об/мин	150	300	300
Средний коэффициент усиления	4,54		715
Время запуска установки, сек	10,95		10,8

Мощность вакуумного усилителя, Вт	550		
Мощность на валу системы, Вт	1545,9	7015,7	11059
Диаметр штока, м	0,1 м	0,2 м	0,2 м
Путь штока, м	0,1 м	0,1 м	0,1 м
КПД системы	49 %		65 %
Вид передачи	ременная	ременная	-

Недостатками указанной машины являются жесткие связи в механизмах, а также наличие второго кривошипного механизма, которые усложняют конструкцию поршневой машины. Жесткие связи в механизмах требуют наличия механизма уравновешивания сил инерции, благодаря увеличению массы маховика 11, а отсутствие регулирования усилий воздействия на выходе снижает эффективность работы машины.

По расчетам и результатам полученных на экспериментальных моделях (таблица 1), где проводились замеры динамических нагрузок на узлы и детали, поддерживающие колебания системы, коэффициент преобразования энергии составляет 49 %.

Модернизация конструкции позволяет упростить конструкцию, увеличить крутящий момент за счет усиливающего действия вакуумного усилителя мощности 5 и повысить коэффициент полезного действия устройства.

Результаты и обсуждение

На основе полученных расчетов был проведен анализ результатов и установлено, что демонтаж шатуна приведет к увеличению КПД и, соответственно, уменьшении потерь мощности. В данном случае итоговая схема представлена на рисунке 3.

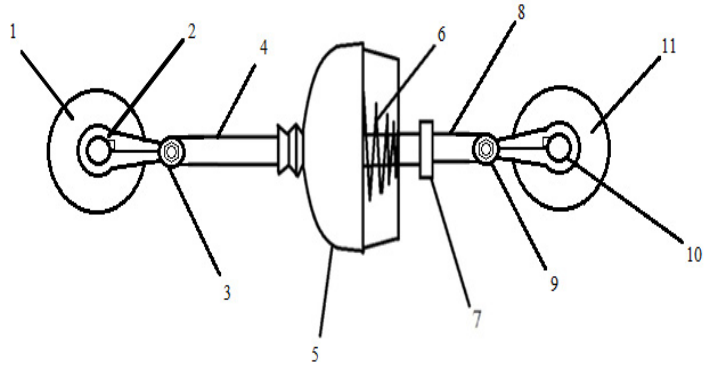


Рисунок 3 – Итоговая схема вакуумно-динамического усилителя мощности 1 – Маховик 1, 2 – Кривошип 1, 3 – Крепление MG-10, 4 – Шток-поршень 1, 5 – Вакуумный усилитель мощности, 6 – Возвратная пружина, 7 – Герметичный клапан, 8 – Крепление MG-10, 9 – Кривошип 2, 10 – Маховик 2

Технический результат проявляется в увеличении крутящего момента и достигается тем, что шток 4 воздействует на атмосферную камеру вакуумно-динамического усилителя мощности 5. Вакуумный насос создает разряжение в вакуумной камере вакуумно-динамического усилителя мощности 5, что позволяет создать усиление воздействия на шток 8. Клапан 7 позволяет сохранять герметичность при работе установки.

По сравнению с известными, предлагаемое устройство позволяет увеличить крутящий момент на приводном валу за счет использования дополнительной энергии, благодаря разницы давления между вакуумной камерой и атмосферной камерой вакуумно-динамического усилителя мощности 5. При этом увеличение крутящего момента происходит на всем времени работы установки, благодаря работе двух установок с каждой стороны вала.

Выводы

Подводя итоги исследования вакуумно-динамического усилителя мощности был сделан вывод о том, что, несмотря на большое количество технологий на рынке энергетики, данное устройство будет весьма актуально благодаря своей эффективности, большой выработке энергии и высокой экономической эффективности.

Данное устройство не имеет аналогов и направленно на совершенно неосвоенную нишу, что обеспечит актуальность устройства не только на местном, но и на внешнем рынке. На основе проведенных расчетов была

модифицирована конструкция и установлены необходимые параметры двух систем, участвующих в выработке энергии. Большая вариативность оборудования и регулирование нагрузки позволяет создать широкую вариативность исполнения вакуумно-динамического усилителя мощности, а также определяет большое пространство для дальнейших исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Chen, H., Cong, T. N., Yang, W., Tan, C., Li, Y., Ding Y.** Progress in electrical energy storage system: a critical review. – Progress in Natural Science. – 2009. – Vol. 19. – P. 291–312.

2 **Beaudin, M., Zareipour, H., Schellenberglabe, A., Rosehart, W.** Energy storage for mitigating the variability of renewable electricity sources : An updated review [Text] . – Energy for Sustainable Development. – 2010. – Vol. 14. – P. 302–314.

3 **Succar, S., Williams, R. H.** Compressed air energy storage : theory, resources, and applications for wind power [Text]. – Princeton Environmental Institute. – Energy Systems Analysis Group, 2008. – 81 p.

4 **Dace, E., Blumberga, D., Kuplais, G., Bozko, L., Khabdullina, Z., Khabdullin, A.** Optimization of landfill gas use in municipal solid waste landfills in Latvia // International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONECT). – 2014. – Vol. 72. – P. 293–299.

5 **Blumberga, D., Vigants, H., Cilinskis, E.,** et al. Energy efficiency and energy management nexus // International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONECT). – 2015. – Vol. 95. – P. 71–75.

6 **Francmanis, E., Khabdullin, A., Khabdullin, A.,** et al. Comparative environmental analysis of microbial electrochemical systems. International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONECT). – 2015. – Vol. 95. – P. 564–568.

7 **Khabdullin, A., Khabdullin, A., Khabdullina, Z.,** et al. Mathematical model of synchronous motors for static characteristics power loss International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONECT). – 2015. – Vol. 95. – P. 487–490.

8 **Khabdullin, A., Khabdullina, Z.** Climate Considerations of the Electricity Supply Systems in Industries. – Environmental and Climate Technologies. – 2014. – Vol. 13. – P. 27–31.

9 **Khabdullin, A., Khabdullin, A., Khabdullina, Z.,** et al. Mathematical model of synchronous motors for static characteristics power loss International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONECT). – 2015. – Vol. 95. – P. 487–490.

10 **Khabdullin, A., Khabdullina, Z., Khabdullina, G.,** et al. Development of a software package for optimizing the power supply system in order to minimize power and load losses International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONECT). – 2017. – Vol. 128. – P. 248–254.

11 **Khabdullin, A., Khabdullin, A., Khabdullina, Z.,** et al. Analysis of industrial electricity consumption flexibility of saving potentials in Latvia and Kazakhstan International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONECT). – 2016. – Vol. 113. – P. 417–422.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

А. Б. Хабдуллин[1], Г. А. Хабдуллина[2], Т. И. Глущенко[3], А. Б. Тәңірберген[4], А. К. Жумадирова[5]
[1,4]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана;
[2,3]А. Байтурсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қазақстан Республикасы, Қостанай;
[5]Торайгыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ВАКУУМДЫ ДИНАМИКАЛЫҚ КҮШЕЙТКІШТІ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Жоғарыда аталған зерттеу баламалы энергияны пайдалану кезінде энергияны үнемдеу тақырыбына арналған. Баламалы энергияны пайдаланудың негізгі мәселесі - энергия ағындарының, аз қуаттың тұрақсыздығы және алынған энергияны жинақтау және сақтау қажеттілігі. Осы мәселелерді шешу үшін статистикалық мәліметтер негізінде энергия жинақталуын талдау жүргізілді. Осыған байланысты вакуумды динамикалық күшейткішті қолдана отырып, қуатты жақсарту әдісі қарастырылған. Бұл күшейткішті жобалау үшін вакуумды динамикалық күшейткішті есептеу алгоритмі жасалды. Вакуумдық-динамикалық күшейткішті есептеу әдістемесі ұсынылады, оның негізінде күшейткіш параметрлері анықталады. Мақалада вакуумды динамикалық күшейткішті әзірлеу және зерттеу туралы ақпарат берілген. Соның арқасыеда келесі тапсырмалар орнатылды және шешілді: вакуумды динамикалық күшейткіштің параметрлері анықталды; вакуумдық-динамикалық күшейткішті есептеу жүргізілді. Есептеулер негізінде дизайн өзгертіліп, энергия

өндіруге қатысатын екі жүйенің қажетті параметрлері құрылды. Жабдықтың үлкен өзгергіштігі және жүктеме реттеуі вакуумды динамикалық күшейткіштің өнімділігіне мүмкіндік береді, сонымен қатар одан әрі зерттеудің үлкен кеңістігін анықтайды. Бұл вакуумды динамикалық күшейткіштің жұмыс істеуі үшін қажетті материалдар мен тығыздықты есептеу жасалды.

Кілтті сөздер: қуат күшейткіші, баламалы энергия көздері, энергия тиімділігі, технология, электр қуаты.

A. B. Khabdullin[1], G. A. Khabdullina[2], T. I. Gluchshenko[3], A. B. Tangirbergen[4], A. K. Zhumadirova[5]
[1,4]S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Republic of Kazakhstan, Astana;
[2,3]Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Republic of Kazakhstan, Kostanay;
[5]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.
Material received on 13.03.23

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A VACUUM DYNAMIC POWER AMPLIFIER

The above study is devoted to the topic of energy conservation when using renewable energy. The main problem of using renewable energy is the instability of energy flows, low power and the need to accumulate and preserve the resulting energy. To solve these problems, an analysis of energy accumulation based on statistical data was carried out. In this connection, a method of enhancing power using a vacuum-dynamic power amplifier is considered. To design this amplifier, an algorithm for calculating a vacuum-dynamic power amplifier has been developed. The methodology for calculating the vacuum-dynamic power amplifier is proposed, on the basis of which the amplifier parameters are determined. The article provides information on the development and study of a vacuum-dynamic power amplifier. The following tasks have been set and solved: the parameters of the vacuum-dynamic power amplifier are determined; a calculation of a vacuum-dynamic power amplifier was calculated. Based on the calculations, the design was modified and the necessary parameters of the two systems involved in the production of energy were established. The large variability of the equipment and the regulation of the load allows you to create a wide variability of the performance of a vacuum-dynamic power amplifier, and also determines a large space for further research. The necessary calculation of the material and density for the functioning of this vacuum-dynamic power amplifier was made.

Keywords: power amplifier, renewable energy sources, energy efficiency, technology, electric power.

МРНТИ 67.09.33

doi.org/10.48081/JPPT2386

***Т. Шайхслам[1], К. Т. Саканов[2]**
[1,2]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар
email:takibai@mail.ru

АНАЛИЗ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ЦЕНОСФЕРЫ ПЛАВАЮЩИХ ЗОЛ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА

В статье рассматриваются анализ зернового состава и размеры микрочастицы ценосферы плавающей золы тепловых электростанций для производства газобетона и решение вопроса загрязнения окружающей среды от золоотходов. Основными источниками загрязнения воздуха и почвы в Екибастузе также являются расположенные здесь тепловые электростанции и их летучая зола. Только первая Екибастузская тепловая электростанция вырабатывает 1,5 миллиона квт электроэнергии в год и выбрасывает в атмосферу тонны золы Алюминиевые микросферы летучей золы тепловых электростанций используются в производстве легкого бетона в качестве основного заполнителя легкого бетона с цементным вяжущим при определенных условиях. Легкий бетон на основе микросфер золы имеет технологические особенности. По сравнению с другими подобными видами бетона он в 1,2 раза легче, в 3 раза прочнее и выдерживает температуру до 1200 °С. В качестве сырья бетонной смеси использовались золо-кремнеземистые микросферы, алюминиевый (глиноземный) цемент и каолинг. Его можно использовать для футеровки промышленных печей [9,10].

Проведены исследования и выполнен анализ зернового состава ценосферы плавающей золы тепловых электростанций г. Екибастуза Республики Казахстан. В данных исследованиях большое внимание уделено сравнению анализа зернового состава ценосферы плавающей золы тепловых электростанции Екибастуза с другими видами золы некоторых тепловых электростанций Монголии. Так же сделаны выводы на соответствие их по зерновому составу международным стандартным нормам и требованиям для производства газобетона.

Ключевые слова: ценосфера, плавающая зола, загрязнение окружающей среды, зерновой состав, лазерная дифракция, стандартные нормы и требования, газобетон.

Введение

В последние годы анализ летучих и плавающих зольных микросфер и ценосфер тепловых электростанций вызвал большой интерес ученых всего мира, и масштабы исследований и их применение быстро растут. В составе зольных уносов содержатся ценные микросферические компоненты – ценосферы, которые благодаря своим уникальным свойствам потенциально пригодны для создания материалов различного назначения [5, 6]. Высокая текучесть, прочность сферических частиц, низкая плотность и нетоксичность, характеризующие концентраты ценосфер, определили их применение в качестве наполнителей облегченных композитных материалов: бетонов, полимеров и резин, металлических сплавов [9,10]. Также предлагается использовать концентраты ценосфер для получения керамических композитов с различными свойствами. В последние годы на основе детально охарактеризованных узких фракций ценосфер определенного состава и строения разработаны новые функциональные материалы [1,7,8].

Свойства зологазобетона во многом зависит от размера зернового состава золы. Основным объектом исследования было выбрано озеро золохранилище Екибастузских ГРЭС в Павлодарской области Казахстана (Рисунок.1а). Озеро золохранилище по периметру составляет около 70 км и глубиной 0,5–2 м. Образцы для исследования были взяты из плавающего и накапливающейся золы на берегах озера под влиянием ветра и волн воды. Озеро золохранилище расположено в 5 км от Екибастузских ГРЭС-1 и ГРЭС-2. ГРЭС-1 расположен от города Екибастуза в 7 км. ГРЭС-2 расположен от города Екибастуза в 27км и в 120 км к северу от г.Павлодара, т.е. центра Павлодарской области. Принцип работы Екибастузских ГРЭС, которые являются главным обьектом нашего исследования. В ГРЭС-1 и ГРЭС-2 г. Екибастуза используется спекающийся каменный уголь марки СС с содержанием углерода 80–83 %. Данные теплоэлектрические станции сжигают около 8 миллионов тонн угля, производять 2,4 миллиарда киловатт-часов электроэнергии и выделяют более 600 000 тонн золы-уноса в год. Приблизительно 80 % летучей золы из угля, сожженного при 1200–1700 °С в печи ТЭС передается на электрический фильтр, а оставшиеся 20 % собираются в нижнем бункере шлаковой печи. Затем золоотходы гидроудалением транспортируется в золохранилище. Из золы, хранящейся в озере выделяется большое количество плавающей ценосферы, которые самофильтруется законами природы.

Плавающая зола Екибастузских ГРЭС-1 и ГРЭС-2 Казахстана отличается от золы ТЭС других типов тем, что состоят из микрочастиц ценосферы. Плавающая зола Екибастузской ГРЭС-1 и ГРЭС-2 состоят исключительно из легких немагнитных ценосфер, которые плавают на поверхности воды и накапливаются на берегах озера золохранилища.

Материалы и методы

Зерновые составы плавающих зольных микросфер тепловых электростанции Екибастуза и золы других ТЭС определяли лазерным дифракционным методом (LSM24). Метод лазерной дифракции основан на теории Мие рассеяния света [2,3]. Когда лазерный луч проходит через жидкую среду он рассеивается под небольшим углом к крупным частицам образца и под большим углом к мелким частицам, и количество частиц, равномерно распределенных в циркулирующей жидкости, регистрируется в течение минимум 1 мин. Размер частиц от 1 мкм до 1000 мкм определяется из данных интенсивности углового распределения. Основное сырье, который мы изучаем –cv плавающая зола Экибастузских ТЭС как было установлено состоит из сферических микрочастиц светящихся немагнитных ценосфер [1].

Результаты и обсуждение

Цель исследования и основная часть. Целью работы является исследование и анализ зернового состава сырья ценосферы плавающих зол тепловых электростанций Екибастуза и сравнение зернового состава золы некоторых ТЭС Монголий для производства газобетона. Испытания проводились в лаборатории Технологического центра города Коряме, Япония, на лазерной дифракционной установке LMS-24 в соответствии с международным стандартом JIS A 6201.

Условия и ход испытания. Образец был спроектирован так, чтобы иметь отношение твердого вещества к жидкости 1: 0,0012, чтобы гарантировать, что испытуемый образец не вступает в химическую реакцию с жидкой средой. В тестовой жидкости используются вода и этанол, для исследования выбран этанол. Результаты испытания представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Сравнение состава частиц плавающей золы, определенных методом лазерной дифракции

Размер частицы, мкм	Распределение на сите		
	Плавучая зола от ТЭС Екибастуза	Летучая зола ТЭС №4 г.Улан-Батор	Летучая зола ТЭС Амгалан, г. Улан-Батор
<5	0	3,84	6,94
5-10	0	9,87	13,33

10-20	0,4	9,88	10,97
20-40	1,47	9,96	9,99
40-60	3,09	10,95	12,25
60-100	26,24	15,95	11,98
100-150	31,12	16,82	9,92
150-200	22,04	9,92	8,93
200-300	10,41	5,97	7,36
300-600	5,59	2,45	6,25
∑	100	100	100

В таблице 1 и на рисунке 1 представленные зерновые частицы размером 60-300 мкм Екибастузской ТЭС плавающей золы, в основном, распределены на 10 –26 % и доля этих фракций занимает 89 % от общей суммы. В том числе размеры фракций и содержания ценосферных концентратов в плавающей золе Екибастузских ТЭС: 60–100 мкм –26,24 %, 100–150 мкм–31,12 %, 150–200 мкм – 22,04 %, 200–300 мкм–10,41

а) б) в)

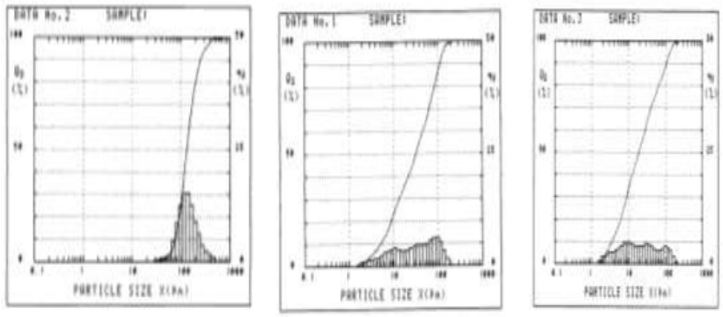


Рисунок 1 – График распределения частиц летучей золы:
а) плавучая зола ГРЭС Екибастуза; б) летучая зола ТЭС №4, г.Улан-Батор; в)летучая зола ТЭС в Амгалан, г. Улан-Батор

На графике а) кривая и дифференциальная диаграмма распределения зерновых частиц ценосферы плавующих зол Екибастузских ТЭС: размеры частицы в интервалах 50–600 мкм, занимает от общей суммы фракций 95 %, максимальные размеры – 31,12 %, в интервале 100–150 мкм. На графике б) кривая и дифференциальная диаграмма распределения зерновых частиц летучей золы ТЭС №4 г.Улан-Батора (Монголия): размеры частицы в интервалах 5–200 мкм – занимает от общей суммы фракций

95 %, максимальные размеры – 16,82 %, в интервале 100-150 мкм. На графике в) кривая и дифференциальная диаграмма распределения зерновых частиц летучей золы ТЭС Амгалан г. Улан-Батора (Монголия): размеры частицы в интервалах 5–150 мкм, занимает от общей суммы фракций 78 %, максимальные размеры – 13,33 %, в интервале 5–10 мкм.

По сравнению с составом частиц плавающей золы-уноса Екибастузских ТЭС Казахстана и составом частиц золы-уноса ТЭС Монголии (рисунок 1, таблица 1), зола использованная в исследовании, была крупнозернистой, 60-200 мкм. В зерновых составах золы Улан-Баторской ТЭС № 4 и ТЭС Амгалан преобладают частицы размером менее 100 микрон, с более мелким размером частиц.

В зерновом составе плавающей золы Екибастузской ТЭС Казахстана, определенной с помощью лазерной дифракции преобладают более крупные и средние частицы 60–600 мкм (с помощью лазерной дифракции). А размеры зернового состава летучей золы Монгольских ТЭС меньше 150 мкм. Согласно ГОСТ 25818 - 2017 и МГС 3927: 2015 по зерновому составу плавающая зола Екибастуза относится к золе типа III [4]. В соответствии с этим стандартом допускается их использовать в составе газобетона.

В результате исследований установлено влияние изменения зернового состава плавающей золы Екибастузских ТЭС на качество бетона, его можно непосредственно без переобороботки использовать в составе газобетона. В результате испытаний применение мелки части зерновой фракций ценосферы плавающей золы установили, что повышаются физико-механические характеристики бетона.

Выводы

Зерновые составы ценосферы плавающей золы Екибастузских ТЭС не превышают нормативных требовании. Анализ показывает, что по зерновому составу плавающая зола Екибастуских ТЭС относится в соответствии с стандартом ГОСТ 25818–2017 к золе типа III. Согласно результатам исследования зернового состава плавающая зола может быть рекомендованна в составе легких бетонов для производства ограждающих конструкций.При этом уменьшается загрязнение окружающий среды и улучшаеться экология.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Фоменко, Е. В., Аншиц, Н. Н., Васильева, Н. Г** и др. Состав и строение оболочки алюмосиликатных микросфер золы-уноса, образующихся от сжигания Экибастузского угля. Сибирский федеральный университет «Институт химии и химической технологии». – Красноярск, 2016.

2 **Пименова, Л. Н.** Термография. Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Физико – химические методы исследования». – Томск : ТГАСУ, 2005. –21 с.

3 **Намжилдорж Б.** Материалын судалгааны физик аргууд гарын авлага. – Улан-Батор, 2013. – 25 х.

4 Межгосударственный стандарт. ГОСТ 25818-2017. Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия (EN 450-1:2012, NEQ). – М. : Стандартинформ, 2017.

5 **James Hannan.** Chemical Makeup of Fly and Bottom Ash Varies Significantly; Must Be Analyzed Before Recycled (англ.).Thermo Fisher Scientific (6 February 2015). Проверено 29 мая 2018.

6 **T. Shaixlam, D.Sunjidmaa, G.Batdemberel A** study of Ferrospheres in the Coal Fly Ash Open Journal of Applied Sciences,2019,9,10-16 http://www.scirp.org/journal/ojapps ISSN Onlaine: 2165–3925 ISSN Print:2165–3917.

7 **Красный, Б. Л.** и др.Летучая зола как техногенное сырье для получения огнеупорных и изоляционных керамических материалов (обзор) [Электрон. ресурс] – 2016- Москва:- https://www.ntcbakor.ru/articles/publikatsii/letuchaya-zola-kak-tekhnogennoe-syre(дата обращения: 1.10.2021).

8 **Алисева, Э. М.** Микросферы из золошлаковых отходов ТЭЦ города Бишкек[Электрон.ресурс]–2014 – Бишкек: https://elbrary.ru(дата обращения: 1.10.2021).

9 **Шайхслам, Т. Такибай, К. Саканов, Сүнжидмаа, Д.** Исследование характеристик золы тепловых электрических станций для использования в составе ячейстого бетона / Сборник трудов международной научно-практической конференций – Екибастуз, 2018. С. 246–248.

10 **Шайхслам Т., Күдерин М. К., Сунжидмаа Д.** Применение зол тепловых электрических станций для производства строительных материалов // Сборник международная научно-практическая конференция «IX Торайғыровские читения». – Павлодар: ПМУ имени С.Торайгырова, 2017. –296–300 с.

REFERENCES

1 **Fomenko E. V., Anşis N. N., Vasileva N.** G i dr. Sostav i stroenie obolochki alümosilikatnyh mikrosfer zoly-unosa, obrazuiuşihsä ot sjigania Ekibastuzskogo uglä. [The composition and structure of the shell of aluminosilicate fly ash microspheres formed from the combustion of the Ekibastuz coal]. Sibirski federälnyi universitet «İnstitut himii i himicheskoi tehnologii». – Krasnoiarsk, 2016.

2 **Pimenova L.N.** Termografia. Metodicheskie ukazania k laboratornoi rabote po disipline «Fiziko – himicheskie metody issledovania» [Thermography.

Methodical instructions for laboratory work in the discipline «Physicochemical methods of research»]. – Tomsk : TGASU, 2005. –21 p.

3 **Namzhildorzh B.** Materialyn sudalgaany fizik arguud garyn avlaga. [Handbook of Physical Methods in Materials Research]. – Ulan Bator, 2013.–25 x

4 Mejgosudarstvennyi standart. GOST 25818-2017. Zoly-unosa teplovyh elektrostansi dlä betonov. Tehnicheskie uslovia (EN 450–1:2012, NEQ). [Interstate standard. GOST 25818-2017. Fly ash from thermal power plants for concrete. Specifications (EN 450-1: 2012, NEQ)]. – M. : Standartinform, 2017.

5 **James Hannan.** [Chemical Makeup of Fly and Bottom Ash Varies Significantly; Must Be Analyzed Before Recycled]. Thermo Fisher Scientific (6 February 2015). Provereno 29 maia 2018.

6 **T. Shaixlam, D. Sunjidmaa, G.** Batdemberel [A study of Ferrospheres in the Coal Fly Ash] // Open Journal of Applied Sciences. – 2019,9,10-16 – http://www.scirp.org/journal/ojapps. – ISSN Online: 2165–3925. – ISSN Print: 2165-3917.

7 **Krasnyi B. L.** i dr. Letuchaia zola kak tehnogennoe syre dlä poluchenia ogneupornyh i izoläsionnyh keramicheskih materialov (obzor) [Fly ash as a technogenic raw material for the production of refractory and insulating ceramic materials (review)] – Moscow : 2016 - [Electronic resource]– https://www.ntcbakor.ru/articles/publikatsii/letuchaya-zola-kak-tekhnogennoe-syre (data obraşenia: 1.10.2021).

8 **Alisova E. M.** Mikrosfery iz zoloşlakovyh othodov TES goroda Bişkek [Microspheres from ash and slag waste from the thermal power station of the city of Bishkek] Bishkek: –2014 – [Elektronic.resurs] https://elibrary.ru ›item (data obraşenia: 1.10.2021).

9 **Shaikhslam Takibay., K.T.Sakanov., D.Sunzhidmaa.** İssledovanie harakteristik zoly teplovyh elektricheskih stansi dlä ispölzovania v sostave iacheistogo betona [Investigation of the characteristics of ash from thermal power plants for use in the composition of cellular concrete // Sbornik trudov mejdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferensi. Ekibastuz, 2018. P. 246–248.

10 Shaikhslam T., Kyderin M.K., Sunzhidmaa D. Primenenie zol teplovyh elektricheskih stansi dlä proizvodstva stroitelnyh materialov. [The use of ashes from thermal power plants for the production of building materials]. // Sbornik mejdunarodnaia nauchno-prakticheskaia konferensia«IX Toraiğyrovskie chitenia»,Pavlodar. PMU imeni S.Toraigyrova, 2017. P.–296–300

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**Т. Шайхслам[1], Қ. Т. Саканов[2]*
[1,2]Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ГАЗДЫ БЕТОН ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН ЖЫЛУ ЭЛЕКР СТАНЦИЯ СЫНЫҢ ҚАЛҚЫМАЛЫ КҮЛІНІҢ ТҮЙІРШІКТІ ҚҰРАМЫНЫҢ ТАЛДАУЫ

Мақалада газдалған бетон өндіруге арналған жылу электр станцияларының қалқымы күлінің түйіршікті құрамы мен ценосфералық микробөлшегінің өлшемдерін талдау және күл қалдықтарынан қоршаған ортаны ластау мәселелерін шешу талқыланады. Екібастұз аумағының ауасы мен топырағының ластануының негізгі көзі де осында орналасқан жылу электр станцияларынан шығарылатын күл қалдықтары болып табылады. Тек бірінші Екібастұз ЖЭС жылына 1,5 млн кВт электр энергиясын өндіріп, топырақ пен атмосфераға тонналап күл шығарады.ЖЭС-тен шыққан күлдің алюминий микросфералары жеңіл бетон өндірісінде цемент байланыстырғышы бар жеңіл бетонның негізгі толтырғышы ретінде белгілі бір зерттелген шартты жағдайларда қолданылады. Күл микросфераларына негізделген жеңіл бетонның технологиялық ерекшеліктері бар. Ол басқа ұқсас бетон түрлерімен салыстырғанда 1,2 есе жеңіл, 3 есе берік және 1200 ° С температураға төтеп бере алады. Бетон қоспасы үшін шикізат ретінде күлді кремний микросфералары, алюминий (глинозем) цементі және каолин пайдаланылды. Оны өнеркәсіптік пештерді қаптау үшін қолдануға болады [9,10].Қазақстан Республикасының Екібастұз қалалық МАЖЭ 1-ші, 2-ші станцияларының ұшпа қалқыма күлі ценосферасының түйіршікті құрамына зерттеу және талдау жүргізілді. Бұл зерттеулер ме талдаулар нәтижелерін Моңғолияның кейбір жылу электр станцияларының ұшпа күлінің түрлерінің түйіршікті құрамымен салыстыра зерттеуге көбірек назар аударылған. Сондай -ақ жылу электр станцияларының қалқыма және ұшпа күлінің түрлерінің түйіршікті құрамының газдыбетон өндірісіне қолдануға отандық және халықаралық стандарт нормалары мен талаптарына сәйкестігі туралы қорытынды жасалды.

Кілт сөздер: ценосфера, қалқып шығатын күл, қоршаған ортаның ластануы, түйіршікті құрам, лазерлік дифракция, стандартты нормалар мен талаптар, газдыбетон.

**T. Shaikhslam[1], K.T. Sakanov[2]*
[1,2]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar
Material received on 13.03.23

ANALYSIS OF THE GRAIN COMPOSITION OF THE CENOSPHERE OF FLOATING ASH OF THERMAL POWER PLANTS FOR THE PRODUCTION OF GAS CONCRETE

The article discusses the analysis of the grain composition and the size of the cenosphere microparticle of floating ash from thermal power plants for the production of aerated concrete and the solution of the issues of environmental pollution from ash waste. The main sources of air and soil pollution in Ekibastuz are also thermal power plants located here and their fly ash. Only the first Ekibastuz thermal power plant generates 1.5 million kW of electricity per year and emits tons of ash into the atmosphere. Aluminum microspheres of fly ash from thermal power plants are used in the production of lightweight concrete as the main aggregate for lightweight concrete with cement binder under certain conditions. Lightweight concrete based on ash microspheres has technological features. Compared to other similar types of concrete, it is 1.2 times lighter, 3 times stronger and can withstand temperatures up to 1200 °C. Ash-silica microspheres, aluminum (alumina) cement and kaoling were used as raw materials for the concrete mixture. It can be used for lining industrial furnaces [9,10]. Research and analysis of the grain composition of the cenosphere of floating ash of thermal power plants in the city of Ekibastuz of the Republic of Kazakhstan has been carried out. In these studies, more attention is paid to the comparison of the analysis of the grain composition of the cenosphere of floating ash from thermal power plants in Ekibastuz with other types of ash from some thermal power plants in Mongolia. Also, conclusions were made on the compliance with the grain composition with international standard norms and requirements for the production of aerated concrete.

Key words: cenosphere, floating ash, environmental pollution,grain size composition, laser diffraction, standard norms and requirements, aerated concrete

ORCID 44.29.01

doi.org/10.48081/OMPZ8745

***Ә. О. Юсупова[1], А. О. Потапенко[2]**

[1,2,3]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

e-mail: aselasp@mai.ru

ӨЛШЕУ ТІЗБЕГІ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ТАЛДАУ

Өндірісте диагностика үшін өлшеу түрлендіргіштері кеңінен қолданылады, олардың арасында сыйымдылықты өлшеу түрлендіргіштері маңызды орын алады. Түрлендіргіштердің кез-келген түрін пайдалану қуат схемасына қосылуды қамтамасыз етеді. Мақалада егжей-тегжейлі талдау және өлшеу түрлендіргіштерінің сыйымдылығын өлшеудің ең қолайлы схемасын одан әрі таңдау үшін қолданыстағы түрлендіру және өлшеу өлшеу тізбегінің конструкциялары қарастырылады. Диагностика жүйесінің арнайы талаптарына жауап беретін диагностикалық құрылғының қолданыстағы блок-схемаларына сәйкес жоғары жиілікті генератор, өлшеу көпірінен алынған өлшеу тізбегі және генератордың резонанстық жиілігіне реттелген жолақты өткізгіш сүзгі, сондай-ақ тұрақтандырылған тұрақты кернеудің дербес көзі диагностикалық жүйенің элементтері болып табылады. Өлшеу схемасындағы ауа саңылауының қозғалысын түрлендіру ең қарапайым және қолайлы түрлендіру болып табылады, мұнда міндет тек өлшеу органының инсульт шамасын қашықтықтан өлшеуге дейін азаяды, соңғысын талдау арқылы өлшеулер жүргізуге болады. Сыйымдылық сенсорын жоғары жиілік көзінен қуат алатын әртүрлі өлшеу тізбектеріне қосу осы талдау бағытталған сыйымдылықтың өзгеруін тіркеуге мүмкіндік береді. Микропроцессор үшін схема мен бағдарламалық қамтамасыз ету әзірленді, ол Павлодар мемлекеттік университетінде пысықталды. С. Торайғырова «Электр энергетикасы» кафедрасында т.ғ. к. а. в. Мануковский және PhD докторы А. О. Юсупова.

Кілтті сөздер: сыйымдылықты өлшеу түрлендіргіштері, ауа саңылауы, ротордың эксцентриситеті, өлшеу схемасы, көпір тізбектері, өлшеу схемаларын талдау.

Кіріспе

Қазіргі уақытта зақымдануды диагностикалау үшін өлшеу түрлендіргіштері кеңінен қолданылады, олардың арасында сыйымдылықты өлшеу түрлендіргіштері маңызды орын алады.

Қарастырылған заманауи диагностикалық әдістер [1] көрсетті, ротордың орын ауыстыруын өлшеу үшін сыйымдылықты өлшеу түрлендіргіштері (EIP) қолданылатын ең перспективалы бағыттардың бірі болып саналады, олардың жұмыс принципі электродтар арасындағы қашықтықтың өзгеруіне негізделген [2, 5].

Электроникада бұл элементтердің көптеген техникалық шешімдері белгілі. Алайда, диагностикалық жүйені жүзеге асыруда қолданылатын элементтер бұл элементтер белгілі бір критерийлерге сәйкес келуі керек. Осындай критерийлердің бірі-диагностикалық жүйенің жұмыс жиілігі, ал екіншісі-қоршаған орта температурасы. Бұл IP сыйымдылығы, мысалы, машинаның түріне және оның өлшемдеріне байланысты ойық сынадағы фольга түрінде, шамамен 10-100pf сыйымдылығына байланысты. Сондықтан аз мөлшерде ол жоғары сыйымдылық кедергісіне және өлшеу көпірінің тізбектеріндегі токтың аз мөлшеріне ие болады. Бұл жағдайда ЭМ соңғы аймағындағы электр және магнит өрістерінің кеңестері жоғары жиілікті генератордың токтарына сәйкес келуі мүмкін. Олардан қалпына келтіру керек болғандықтан, диагностикалық жүйенің сезімталдығы жеткіліксіз болуы мүмкін. Екінші жағынан, жиіліктің едәуір артуы қоршаған Электронды жабдықтың жоғалуы мен электромагниттік кедергілердің жоғарылауына әкеледі. Осыған байланысты диагностикалық жүйеде пайдалану болжанады жұмыс жиілігі 110-120 кГц-ке тең.

Материалдар мен әдістер

2.17-суретте келтірілген диагностикалық құрылғының блок-схемасының элементтерінің бір бөлігі ЭМ ішінде, ал басқалары оның бетінде орналасқандықтан, бұл элементтер -30-дан +80 градусқа дейінгі температура диапазонында тұрақты жұмыс істеуі керек.

2.17-суретке сәйкес өлшеу тізбегінің қуаты жиілігі мен кернеуі бар айнымалы ток генераторымен жүзеге асырылады . Жұмыс режимінде ротордың эксцентриситетін диагностикалаудың сенімді жүйесін құру үшін генератор тұрақты жиілік пен амплитудаға, сондай-ақ -30-дан +80 градусқа дейінгі температура диапазонында жұмыс істеген кезде гармониканың төмен деңгейіне ие болуы керек.

[3, 4] белгілі болғандай, гармоникалық тербеліс генераторлары әртүрлі өлшемдер үшін, байланыс, телекоммуникация және автоматика құралдарында қолданылатын құрылғылардағы ең маңызды және кең таралған элементтердің бірі болып табылады. Бұл құрылғылардың барлығы әртүрлі

жылу режимдерінде жұмыс істейді. Сондықтан жиілік пен амплитуданы тұрақтандыру, сондай-ақ гармониканың төмен деңгейі осыған байланысты әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылады.

Орнатушы генераторлардың тербелмелі жүйелері температуралық әсерге ұшырағандықтан, олардың элементтері өз параметрлерін өзгертуге бейім, бұл өз кезегінде Шығыс кернеуінің жиілігі мен амплитудасы түріндегі параметрлердің өзгеруіне әкеледі. Тербелістер тұрақсыз болады. Диагностикалық жүйенің генератор жиілігінің тұрақсыздығы деп жиіліктің номиналды мәнінен уақыт бірлігіне (секундқа) кету қатынасы түсініледі

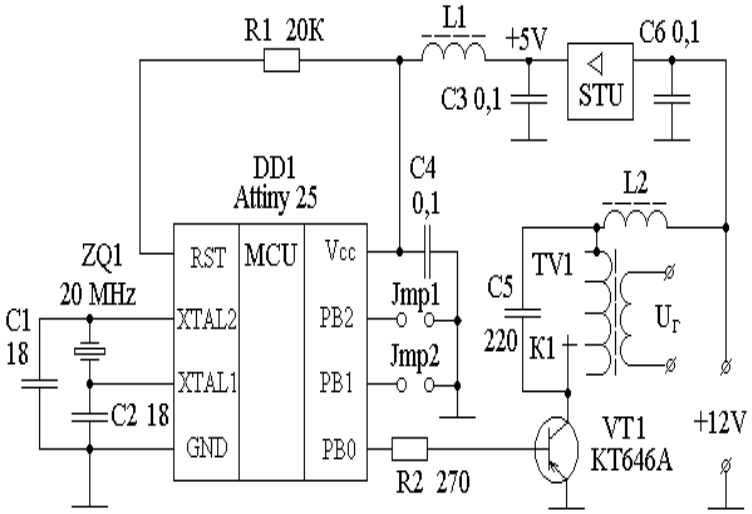
$$\vartheta = \Delta f / f_{нг} . \quad (1)$$

Қазіргі генераторлардың тұрақсыздығы 10-4-10-10 аралығында. Генераторлардың тұрақтылығын арттыру үшін кварц жиілігін тұрақтандыру кеңінен қолданылады.

Кварцты тұрақтандыру кезінде кварцтың геометриялық өлшемдерін жұмыс температурасында тұрақты сақтау қасиеті қолданылады. Кварц кристалдарынан арнайы кесілген пластиналар тербелмелі тізбектің индуктивтілік элементтері ретінде қолданылады. Кварц генераторларының тұрақсыздығы шамамен 10-6-10-8 құрайды.

Қоршаған ортаның әсерінен температураның ауытқуына байланысты төмен жиілікті резонаторлар жиілігінің тұрақсыздығы орташа жиілікті резонаторларға қарағанда көбірек [5]. Сондықтан, жиіліктің тұрақтылығына жоғары талаптар қойылғанда, 110–130 кГц жиілігін кварц генераторының орташа жиілік диапазонының жиілігін бөлу арқылы алған жөн.

Мұндай техникалық шешімнің нұсқаларының бірі-жоғары жиілікті генератор, оның схемасы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1 – жоғары тұрақтылық кварц генераторының схемасы

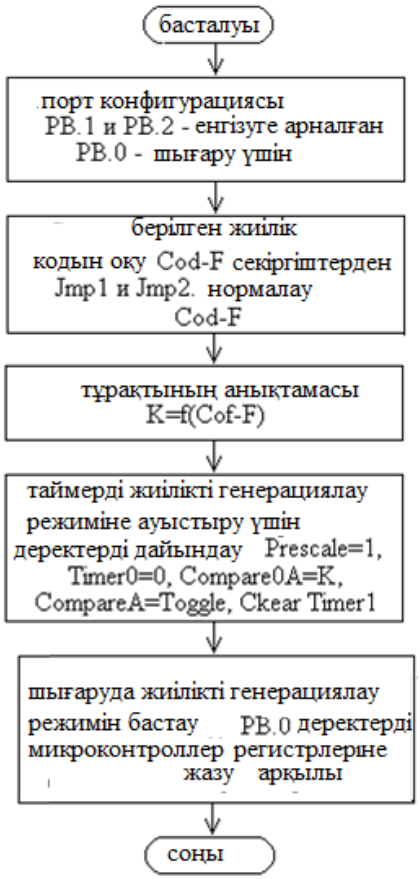
Микропроцессорға арналған бұл схема мен бағдарламалық қамтамасыз ету Павлодар мемлекеттік университетінде пысықталды. С. Торайғырова «Электр энергетикасы» кафедрасында т.ғ. к. А. В. Мануковский және PhD докторы А. О. Юсупова.

Генератор Atmel компаниясының Attiny25 арзан сегіз биттік микроконтроллері (МК) негізінде жүзеге асырылады. DD1 микроконтролері (МК) типтік схема бойынша қосылады және L1 РЖ дросселы арқылы типтік тұрақтандырылған қуат көзінен қуат алады. DD1 сағат жиілігі кварц резонаторымен беріледі . Жұмыс жиілігі PB портының шығысында қалыптасады.0 микроконтроллердің құрамына кіретін таймердің көмегімен бағдарламалық жолмен. Жиілігі мен амплитудасы бойынша тұрақты тікбұрышты пішінді сигналды күшейту үшін PB портының шығуына жол берілмейді.0 DD1 Vt1 транзисторында қуат күшейткіші қолданылады. Генераторды диагностикалық жүйемен үйлестіру және тікбұрышты пішінді сигналды синусоидалы пішінге түрлендіру үшін С7 конденсаторымен бірге трансформатор қолданылады. Олар бірге негізгі гармоникаға бейімделген тербелмелі контурды құрайды . Нәтижесінде трансформатордың шығысында жиілігі бар жеткілікті күшті кернеу сигналы пайда болады . Айта кету керек , тізбектің сапасы туралы, С7 және олардың параметрлері қоршаған орта температурасы өзгерген кезде пайда болатын Сигнал амплитудасының өзгеруін азайту критерийі негізінде таңдалуы керек.

Генераторда МК қолдану оның аппараттық құралын іске асыруды жеңілдетіп қана қоймай, қажет болған жағдайда жиілікті өзгертуге мүмкіндік берді . Генератордағы жиілікті орнату алынбалы jmp1 және Jmp2 секіргіштерін, сондай-ақ коммутатордың орналасуын біріктіру арқылы жүзеге асырылады . Бұл жұмыс орнындағы кедергілерден қалпына келтіру тұрғысынан пайдалы болуы мүмкін.

Мұндай кварц генераторы –30-дан +80 градусқа дейінгі температура өзгерген кезде барлық диапазондарда жиіліктің тұрақсыздығын қамтамасыз ете алады. Осы температура диапазонындағы амплитудадағы салыстырмалы тұрақсыздық ±5 % - дан аспайды.

МК үшін басқару бағдарламасы «BasCom-AVR»интеграцияланған даму ортасында жоғары деңгейлі тілде жазылған. Бағдарлама алгоритмі 2-суретте көрсетілген. Осы алгоритмге сәйкес, бағдарламаны іске қосқан кезде, қуат қосылғаннан кейін бірден МК порттарын конфигурациялау жүзеге асырылады, нәтижесінде PB порттары пайда болады.1 және PB.2 ақпаратты қабылдау үшін пайдаланылуы мүмкін, ал PB порты.0 – оны шығару үшін. Осыдан кейін МК PB сызықтарынан оқиды.1 және PB.2 PB порты генерация жиілігін кодтайтын секіргіштердің cod_f байт айнымалысына күйі және оны шамалы разрядтарды нөлдеу арқылы қалыпқа келтіреді. Келесі блоктарда бағдарлама Attiny25 [attiny25-attiny45-attiny85_datasheet] микроконтроллерінің құрамына кіретін таймердің ces (Clear timer on Compare) режимін жүзеге асырады. Бұл «сәйкестік Регистрінің мәндері сәйкес келген кезде Таймерді тазарту»дегенді білдіреді. Бұл режимді пайдалану PB портының шығысында берілген жиілікті генерациялауға мүмкіндік береді.0 мүмкіндігінше қарапайым түрде. Бұл бағдарламаның ұзындығын қысқартады және тек 2 Килобайт Flash жады бар арзан МК пайдалануға мүмкіндік береді. Келесі блоктарда жиілікті генерациялау режиміне МК аудару үшін мәліметтер дайындалады. Ол үшін жиілікті алдын ала бөлгіштің «Prescale» регистріне МК ішкі сағат генераторынан «1» мәні жазылады, ал сәйкестіктің «Compare A» регистріне – пайда болған жиілік кезеңінің уақытын анықтайтын тұрақтының мәні жазылады.



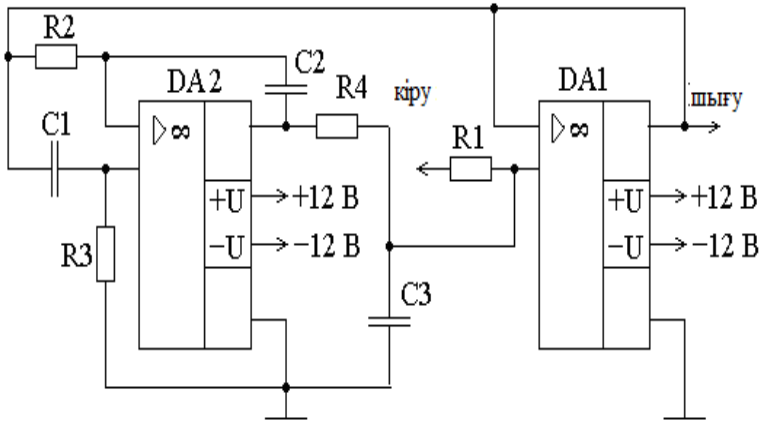
Сурет 2–МК үшін басқару бағдарламасының алгоритмі

Мысалы, 100 кГц жиілікті генерациялау үшін және prescale=1 таймерді тазарту және Pb Шығыс күйін өзгерту.0 әр 5 мкс сайын шығарылуы керек. 20 МГц жиілікте DT=1/20 = 0,05 МКС таймер уақытының дискреті. «Салыстыру А» регистріне 5 МКС/0,05 МКС= 100 мәнін енгізу керек.

Таймердің матчқа реакциясын анықтағаннан кейін Timer0 регистрін нөлге келтіріп, PB Шығыс күйін ауыстыру керек.0 қарама-қарсы (toggle). Бұл жағдайда XXX блогында берілген жиілікті генерациялау басталады. Генерация процесі қуат қосылғаннан кейін бірнеше ондаған миллисекундтан кейін басталады және қуат өшірілгенге дейін жалғасады.

Өздеріңіз білетіндей, жұмыс кезінде ЭМ ішіндегі температура -30-дан +80 градусқа дейін өзгеруі мүмкін. Сонымен қатар, 2.5-бөлімге сәйкес, бағыттағыштардың әсерін азайту үшін жолақты сүзгілер өлшеу түрлендіргішіне жақын болуы керек. Мысалы, ойық сынаға орналастырыңыз. Осылайша, осы сүзгілердің элементтерінің жұмыс температурасының төмендеуі, сондықтан параметрлердің өзгеруі өте жоғары. Бұл ретте сүзгілер орталық жиілік тұрақтылығы және сүзгінің сапалылығы кезінде қажетті өткізу қабілеттілігін сенімді қамтамасыз етуі тиіс.

Схемасы 3-суретте көрсетілген [6] гираторлардағы жолақты сүзгі осы талаптарға жеткілікті түрде жауап береді. Оның құрамында индуктор жоқ. Ондағы қажетті селективтілікті DA1 және DA2 чиптеріндегі операциялық күшейткіштерге негізделген RC сүзгісі қамтамасыз етеді.



Сурет –3 гираторлардағы белсенді жолақты өткізгіш сүзгінің схемасы

Оны орнату жиілігі мен өткізу қабілеттілігі өрнектерден анықталады

$$f_0 = 1/2\pi\sqrt{R2 \cdot R4 \cdot C1 \cdot C2} \text{ и } \Delta f = 1/2\pi \cdot R1 \cdot C3. \quad (2)$$

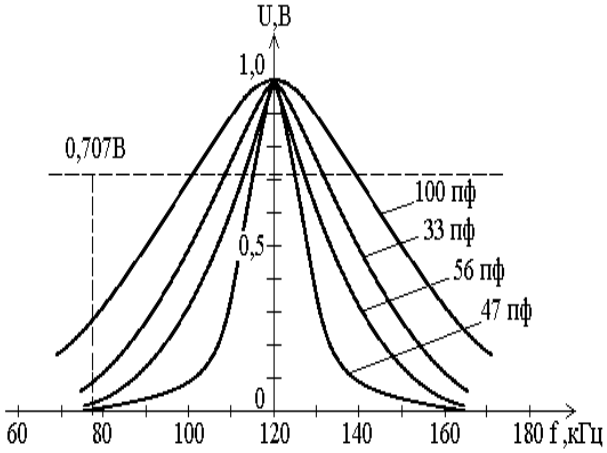
Гираторлық RC сүзгісінің қалыпты жұмыс істеуі үшін берілген орнату жиілігінде шарт орындалуы керек

$$R3 \cdot C1/R2 \cdot C2 = (0...R4/R1) \cdot 10^{-2}. \quad (3)$$

Эксперименттік зерттеулер [6-8] ұсынылған жолақ сүзгісі R1<500k және R4=1-40k резисторларының кедергісінде қанағаттанарлық жұмыс істейтінін көрсетті. Осы кедергілерді өзгерту арқылы сүзгінің сапасын шағын шектерде реттеуге және селективтілік пен басқа да сипаттамаларды сақтай отырып, оның баптау жиілігін өзгертуге болады.

Нәтижелер және талқылау

3-суреттегі схеманы талдаудан және [8] гираторлық сүзгінің селективтілігіне С3 сыйымдылығының шамасы айтарлықтай әсер етуі керек екені белгілі болады. Гираторлардағы жолақты өткізгіш сүзгінің амплитудалық-жиілік сипаттамалары С3 шамасына байланысты 4-суретте келтірілген. Осылайша, сүзгіні тасымалдаушы жиілікке дұрыс конфигурациялау арқылы берілген жолақты сүзгі Мемлекеттік стандарттардың талаптарын қанағаттандыратын селективтілікке қол жеткізуге мүмкіндік береді [8–10].

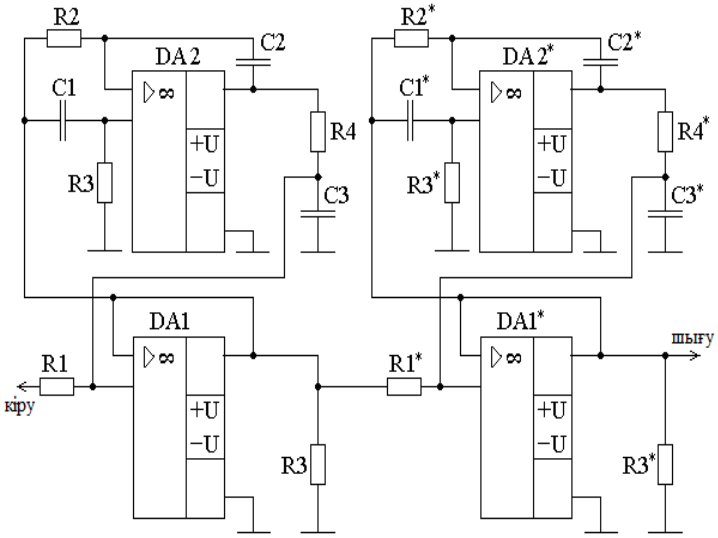


Сурет 4–гираторлардағы сүзгінің u=f(f) графигі

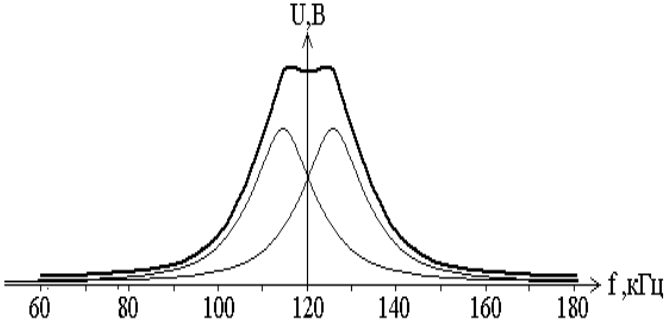
Алайда, көптеген есептеулер мен эксперименттер көрсеткендей [10–12] гираторлардағы сүзгілер белгілі бір тұрақсыздыққа ие жиілік температураның әсерінен R2 және R4 кедергісі, сондай-ақ С1 және С2 сыйымдылығы. Таңдалған элементтермен -30-дан +80 градусқа дейінгі температураның ауытқуы 114-127 кГц аралығындағымещысуға әкеледі деп есептесек, онда бұл сүзгі шығысындағы кернеу амплитудасының 35–40 % өзгеруіне әкеледі.

Мұны өткізу жиілігі бар тізбектей қосылған екі сүзгіні пайдалану арқылы жоюға болады және мұндай жолақты сүзгінің схемасы 5-суретте көрсетілген.

Бұл жолақты өткізгіш сүзгінің амплитудалық-жиілік реакциясы С және 6-суретте көрсетілген. Бұл сипаттамадан 114-127 кгц жиілік диапазонында -30-дан +80 градусқа дейінгі температураның әсерінен тербеліс тек 2-2, 5 % амплитудасының өзгеруіне әкелетінін көруге болады. Бұл диагностикалық жүйенің талаптарын толығымен қанағаттандырады.



Сурет 5 – гираторлардағы белсенді екі сатылы жолақты өткізгіш сүзгінің схемасы



Сурет 6 – гираторлардағы екі сатылы
сүзгідегі u=f(f) тәуелділік графигі

Қорытындылар

1 Диагностикалық жүйенің барлық элементтері ЭМ ішінде немесе оның бетінде орналасқандықтан, олар -30-дан +80 градусқа дейінгі температура диапазонында сенімді жұмыс істеуі керек.

2 Павлодар мемлекеттік университетінде пысықталған. С.Торайғырова «Электр энергетикасы» кафедрасында т. ғ. к. а. в. Мануковский және PhD докторанты А. О. Юсупова кварц генераторы және оның бағдарламалық қамтамасыз етуі жиілік пен амплитудасының жеткілікті тұрақтылығын, сондай-ақ қажетті температура диапазонында пайда болатын Сигнал гармоникасының рұқсат етілген деңгейін қамтамасыз ете алады.

3 Гираторлардағы екі сатылы сүзгі жұмыс температурасының диапазонында 5кгц өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ете алады -30-дан +80 градусқа дейін қабілетті, бұл диагностикалық жүйені жүзеге асыру үшін жеткілікті.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Иванов-Смоленский, А. В.** Электрические машины. – М. : Энергия, 1980. – 909 с.

2 **Новожилов, А. Н., Юсупова, А. О., Потапенко, А. О.** Метод моделирование электрической емкости измерительного преобразователя. – М. : Журнал «Вестник Машиностроения». №9 – 2021, г.

3 **Novozhilov, A., Potapenko, A., Novozhilov, T.** Simulation of voltage on the stator winding terminals of induction motor with impaired short-circuit winding of rotor, «Applied Mechanics and Materials» Vol. 792. – 2015. – 5 p.

4 **Novozhilov, A., Potapenko, A., Novozhilov, T.** Process Simulation in Induction Motor where Short-Circuit Rotor Bar is Failed during Run-down Regime Przegląd elektrotechniczny. ISSN 0033-2097. – R. 94 NR 6/2018.

5 **Новожилов, А. Н., Юсупова, А. О., Новожилов, Т. А.** Выбор метода выявления эксцентриситета ротора электрической машины / Вестник ПГУ. Серия Энергетическая. № 4. – Павлодар, 2016, с. 117–126.

6 **Новожилов, А. Н., Юсупова, А. О., Новожилов, Т. А.** Выбор типа емкостного измерительного преобразователя для диагностики эксцентриситета ротора электрической машины // Материалы международной конверенции «17 Сатпаевские чтения» Том 19. С. 133–138.

7 **Novozhilov, A., Yussupova A., Assainov, G., Novozhilov, T., Manukovsky, A.** Sources of independent power supply for protection relay/ Przeglad Elektrotechniczny. № 5, 2018, P. 23–26.

8 **Novozhilov, A., Yussupova A., Novozhilov, T, A.** A Device for Determining the Rotor Eccentricity of Rotating Electric Machines. Russian Electrical Engineering, № 2, P. 32–35

9 **Novozhilov, A., Yussupova A., Novozhilov, T, A.** Determining the Displacement of the Rotor Shaft in an Electrical Machine. Russian Engineering Research, 2019, No. 10, P. 827–830. Allerton Press, Inc., 2019.

10 **HuT, H. L., XuS, M., Hui, E. A** high-accuracy, high-speed interface circuit for differential-capacitance transducer. / Sensors and Actuators A: Physical. Volume 125, Issue 2, 10 January 2006, Pages 329–334.

REFERENCES

1 **Ivanov-Smolensky, A. V.** Electricheskie mashini. [Electric machines.] [Text]/ Ivanov-Smolensky A.V. – Moscow: Energiya, 1980 – 909 p.

2 **Novozhilov, A. N., Yussupova, A. O., Potapenko, A. O.** Metod modelirovaniya electricheskoi emkosti izmeritelnogo preobrazovatelya. [Method of modeling the electrical capacitance of a measuring converter] [Text]/ The journal «Bulletin of Mechanical Engineering», Novozhilov A.N., Yusupova A.O., Potapenko A. O. No. 9, 2021, Moscow.

3 **Novozhilov, A., Potapenko A., Novozhilov. T.** [Simulation of voltage on the stator winding terminals of induction motor with imposed short-circuit winding of rotor] [Text]/ «Applied Mechanics and Materials». Novozhilov, A., Potapenko A., Novozhilov. Vol. 792 – 2015 – 5 p.

4 **Novozhilov, A., Potapenko A., Novozhilov. T.** [Process Simulation in Induction Motor where Short-Circuit Rotor Bar is Failed during Run-down Regime] [Text]/ Przegląd elektrotechniczny. Novozhilov, A., Potapenko A., Novozhilov. – ISSN 0033-2097. – R. 94 NR 6/2018

5 **Novozhilov, A. N., Yussupova, A. O., Novozhilov, T. A.** Vibor metoda viyavleniya exentrisiteta rotora electricheskoi mashini. [The choice of a method for detecting the eccentricity of the rotor of an electric machine] [Text]// Bulletin of PSU. A.N. Energy Series No. 4. – Pavlodar, 2016. – P. 117 – 126.

6 **A Novozhilov, A. N., Yussupova, A. O., Novozhilov, T. A.** Vibor tipa emkostnogo izmeritelnogo preobrazovateltya dlya diagnostiki exentrisiteta rotora electricheskoi mashini [Selection of the type of capacitive measuring transducer for the diagnosis of the eccentricity of the rotor of an electric machine] [Text]/ Materials of the international conference 17 Satpayev readings». – Vol 19. – P. 133–138.

7 **Novozhilov, A., Yussupova A., Assainov, G., Novozhilov, T.,** Manukovsky, A. [Sources of independent power supply for protection relay] [Text]// Przeglad Elektrotechniczny. – № 5. – 2018. – P. 23–26.

8 **Novozhilov, A., Yussupova A., Novozhilov, T, A.** [A Device for Determining the Rotor Eccentricity of Rotating Electric Machines] [Text]// Russian Electrical Engineering. – № 2. – P. 32–35

9 **Novozhilov, A., Yussupova A., Novozhilov, T, A.** [Determining the Displacement of the Rotor Shaft in an Electrical Machine]. [Text]// Russian Engineering Research. – 2019. – No. 10. – P. 827–830. – Allerton Press, Inc., 2019.

10 **HuT, H. L., XuS, M., Hui, E.** [A high-accuracy, high-speed interface circuit for differential-capacitance transducer]. [Text]/ Sensors and Actuators A: Physical H.L.HuT, M.XuS, E.Hui.– Vol. 125– Issue 2 – 10 January 2006. – P. 329–334.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

**А. О. Юсупова[1], А.О. Потапенко[2]*
[1,2,3]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар
Материал поступил в редакцию 13.03.23.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ

На производстве для диагностики широко используются измерительные преобразователи, среди которых значительное место занимают емкостные измерительные преобразователи. Использование любых видов преобразователей предусматривает подключение к схеме питания. В статье рассматриваются существующие конструкции измерительных цепей преобразования и измерения для детального анализа и дальнейшего выбора наиболее подходящей схемы измерения емкости измерительных

преобразователей. В соответствии с существующими блок-схемами устройства диагностики, отвечающими специальным требованиям элементами системы диагностики является генератор высокой частоты, измерительная цепь из измерительного моста и полосно-пропускающего фильтра, настроенного на резонансную частоту генератора, а также автономный источник стабилизированного постоянного напряжения. Преобразование перемещения воздушного зазора в измерительной схеме является наиболее простым и приемлемым преобразованием, где задача сводится лишь к дистанционному измерению величины хода измерительного орган, за счет анализа последнего можно и производить измерения. Включение емкостного датчика в различные измерительные схемы, питаемые от источника повышенной частоты, позволяет зафиксировать изменения емкости, на что и направлен данный анализ. Разработана схема и программное обеспечение для микропроцессора доработаны в Павлодарском государственном университете им. С. Торайгырова на кафедре «Электроэнергетика» к.т.н. А. В. Мануковским и докторантом PhD А. О. Юсуповой.

Ключевые слова: Емкостные измерительные преобразователи, воздушный зазор, эксцентриситет ротора, схема измерения, мостовые схемы, анализ схем измерения.

**A. O. Yussupova[1], A. O. Potapenko[2]*
[1,2,3]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar
Material received on 13.03.23

ANALYSIS OF THE STRUCTURES OF THE ELEMENTS OF THE MEASURING CIRCUIT

In production, measuring transducers are widely used for diagnostics, among which capacitive measuring transducers occupy an important place. The use of any type of converters provides connection to the power circuit. The article discusses the existing conversion and measurement circuit designs for a detailed analysis and further selection of the most suitable scheme for measuring the capacity of measuring transducers. According to the existing block diagrams of the diagnostic device that meet the special requirements of the diagnostic system, the elements of the diagnostic system are a high-frequency generator, a measuring circuit from a measuring Bridge and a band-pass filter tuned to the resonant frequency

of the generator, as well as an independent source of stabilized constant voltage. The conversion of the movement of the air gap in the measurement scheme is the simplest and most acceptable conversion, where the task is reduced only to remote measurements of the stroke value of the measuring body, measurements can be made by analyzing the latter. Connecting a capacitance sensor to various measurement circuits powered by a high frequency source allows you to record the change in capacitance to which this analysis is directed. The scheme and software for the microprocessor were developed and finalized at S. Toraighyrov Pavlodar State University at the Department of «Electric Power Engineering» by Candidate of Technical Sciences A. V. Mankovsky and PhD student A. O. Yusupova.

Keywords: capacitive measuring transducers, air gap, rotor eccentricity, measurement scheme, bridge circuits, analysis of measurement schemes.

МРНТИ 73.43.71

doi.org/10.48081/JMUC8955

М. В. Ярославцев[1], О. М. Талипов[2], А. П. Кислов[3], О. А. Андреева[4], А. Е. Анарбаев[5]

[1,2,3,4,5]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОТЯЖЕННОСТИ СЕКЦИЙ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Для обеспечения активного развития линий городского электрического транспорта необходимо сокращение затрат на их строительство, что в ряде случаев может быть достигнуто путем отказа от сооружения новых тяговых подстанций на продлеваемых линиях при наличии резерва мощности системы тягового электроснабжения на действующих участках.

В этом случае возникает проблема передачи энергии по секциям тяговой сети повышенной протяженности, имеющим одностороннее питание. Чтобы обеспечить передачу электрической энергии по контактной сети на большое расстояние, возможно применение усиливающих проводов, а также установка накопителей энергии.

В работе рассматривается установка аккумуляторных накопителей, получающих энергию из контактной сети в периоды низкой нагрузки и отдающих её в периоды наибольшего потребления при пуске вагонов. По сравнению с применением вагонов с автономным ходом, предложенный подход требует меньших затрат и обеспечивается возможность эксплуатации всего имеющегося парка подвижного состава на вновь строящемся участке.

Методом вероятностного эксперимента определено допустимое количество подвижного состава на продлеваемых секциях и требуемая мощность накопителя энергии. Выполнен анализ режимов работы накопителя энергии, определено оптимальное напряжение перехода между режимами заряда и разряда.

Ключевые слова: городской электрический транспорт, трамвай, электроснабжение, контактная сеть, литий-ионный аккумулятор

Введение

Увеличение протяженности линий городского электрического транспорта в городах позволяет сократить объем вредных выбросов в атмосферу, повысить скорость сообщения и провозную способность маршрутов, а также сократить эксплуатационные затраты. Основной причиной, замедляющей развитие электрических видов общественного транспорта, является высокая стоимость начальных вложений, состоящих из системы электроснабжения для всех видов электрического транспорта, а также пути для рельсовых его видов.

Инвестиции в систему электроснабжения линий электрического транспорта складываются из двух примерно равных частей: стоимости строительства контактной сети и тяговых подстанций. Как правило, ранее построенные тяговые подстанции имеют запас по мощности, что позволяет использовать их для питания вновь строящихся участков, сокращая тем самым стоимость развития сети транспорта.

Однако дальность передачи энергии по контактной сети ограничивается потерями энергии на её сопротивлении. В большинстве случаев протяженность секций контактной сети городского транспорта не превышает 1,5–2 км [1]. Как показано в [2], применение усиливающих проводов, повышающих суммарное сечение сети с 85 мм2 до 200 мм2 позволяет увеличить дальность передачи энергии, не требуя ограничения интенсивности движения, не более чем в 1,5–2 раза.

Повысить эффективность использования установленной мощности тяговых подстанций становится возможным в случае применения накопителей энергии [3, 4]. Установка накопителей возможна как на подвижном составе, так и в системе электроснабжения. Применение бортовых накопителей является наиболее целесообразным для безрельсового транспорта, поскольку значительно увеличивает его маневренность. Однако это решение увеличивает стоимость подвижного состава, а также приводит к дополнительным эксплуатационным затратам на перемещение накопителей. Поэтому на рельсовом городском транспорте наибольший экономический и эксплуатационный эффект дает стационарное размещение накопителей энергии. Важно отметить, что такое решение обеспечивает эксплуатацию всего парка существующего подвижного состава без его доработки.

Чтобы получить возможность продления секции контактной сети, питаемой тяговой подстанцией, предложено разместить аккумуляторный накопитель с зарядно-разрядным преобразователем с противоположной относительно подстанции стороны [2]. Как известно, тяговый ток обладает большой неравномерностью по времени [1, 5, 6]. На интервалах с низкой потребляемой мощностью такой накопитель находится в режиме заряда, потребляя сравнительно небольшой постоянный по величине ток. В моменты

наибольшего потребления энергии (при пуске подвижных единиц) накопитель переключается в режим отдачи энергии. В результате секция тяговой сети начинает работать в режиме двустороннего питания, что дополнительно сокращает потери энергии в контактном проводе.

Условием переключения накопителя из режима заряда в режим разряда является падение напряжения в тяговой сети ниже определенного уровня. Его выбор определяет количество энергии, которую способен получить накопитель за интервалы с малым током, потребляемым находящимся на секции подвижным составом. Кроме того, уровень напряжения ограничивает предельный ток заряда накопителя, а, значит, его мощность и энергоемкость.

Поскольку доля времени, в течение которого возможен заряд накопителя, количество потребляемой подвижным составом энергии и его мощность зависят от интенсивности движения, возникает вопрос о связи оптимального уровня напряжения, при котором происходит переход накопителя энергии из режима заряда в режим разряда, с интенсивностью движения транспортных средств. Его решение позволит наиболее эффективно использовать накопители энергии для увеличения протяженности секций контактной сети.

Кроме специфичного для условий эксплуатации вопроса о напряжении переключения, необходимо определение основных параметров накопителя энергии – его энергоемкости и мощности.

Материалы и методы

Для исследования условий работы накопителя энергии применен метод вероятностного эксперимента. Предложена и реализована расчетная программа, в которой автоматически выполняется генерация координат и токов подвижных единиц на секции заданной длины. По этим данным производится расчет распределения токов между подстанцией и накопителем в предположении, что тяговый ток не зависит от напряжения на токоприемнике [5, 7].

Для каждого сочетания начальных условий решение задачи выполняется многократно, что позволяет рассмотреть различные возможные сочетания. Условия считаются допустимыми, если во всех рассмотренных ситуациях падение напряжения не превышает установленные нормами [8, 9] требования. При повторении для каждого сочетания начальных условий 10 серий по 1000 опытов среднеквадратичное отклонение результатов составило менее 1 %.

Распределение подвижных единиц по длине исследуемой секции условно принято равномерным, что допустимо при высокой плотности остановочных пунктов и пересечений линии в одном уровне [1]. Распределение тягового тока по времени получено методом тягового расчета для наиболее распространенного типа четырёхосных трамвайных вагонов 71-605 (рисунок 1).

Так как расчет выполнен для вагона, оборудованного реостатно-контакторной системой управления, полученные результаты гарантируют эксплуатацию на секции вагонов с более экономичными импульсными системами управления. При расчете принято, что постоянно потребляемая каждым вагоном мощность собственных нужд составляет 20 кВт, что характерно для зимнего периода. Подробное описание использованной модели приведено в [2].

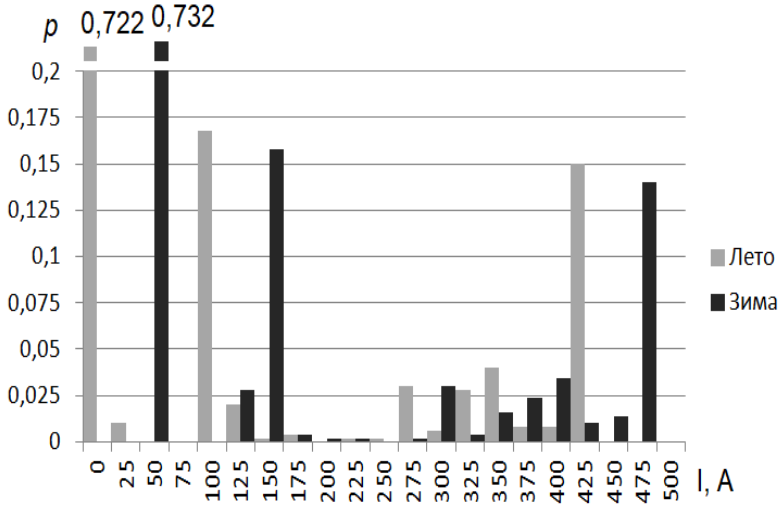


Рисунок 1 – гистограмма расчетного распределения тягового тока на токоприемнике трамвайного вагона

При расчете приняты следующие исходные данные. Сопротивление тяговой сети рассчитано для двухпутной линии с контактным проводом МФ-85, рельсами Р–65 и межпутевыми параллельными соединителями. Удельные сопротивления элементов схемы замещения приняты согласно [10]. Коэффициент повторного использования энергии принят равным 0,7 [3, 4, 11].

Рассмотрены секции протяженностью от 1 до 6 км с плотностью вагонов от 0,5 до 5 единиц на 1 км протяженности линии суммарно в обоих направлениях. Для каждого случая определен минимально достаточный ток накопителя, а по току – его требуемая мощность. Также найдено оптимальное значение напряжения перехода между режимами заряда и разряда.

Так как особенности примененного метода вероятностного эксперимента позволяют получить только мгновенные независимые сочетания тяговых

токов, но не позволяют определить длительность нахождения в них системы электроснабжения, прямое определение требуемой энергоемкости накопителя на используемой модели оказывается невозможным. Косвенная оценка требуемой энергоемкости может быть выполнена следующим образом. По отношению тока накопителя к пусковому току вагона может быть найдено количество одновременно питаемых накопителем вагонов. Необходимая энергоемкость может быть определена по среднему расходу энергии на пуск вагона до перехода на движение в режиме выбега, которое, согласно результатам выполненного тягового расчета, составляет около 2 МДж (0,6 кВт-ч).

Поскольку в условиях эксплуатации аккумуляторов на городском транспорте вес накопителя лимитируется его мощностью, а не энергоемкостью [4, 11], приоритетным для разработки проекта накопителя вопросом является определение требований именно по мощности, а не энергоемкости аккумулятора. При необходимости задача исследования процесса его заряда и разряда может быть решена методами имитационного моделирования.

Результаты и обсуждение

Результаты выполненного расчета представлены в таблицах 1 и 2. В них приведен номинальный ток накопителя энергии, устанавливаемого на секциях контактной сети с усиливающим проводом и без него. Нулевая мощность означает возможность работы секции без установки накопителя с соблюдением нормативных требований по падению напряжения. В таблицах символом «х» отмечены случаи, при которых потери энергии в сети не позволяют эксплуатацию желаемого количества вагонов.

В процессе пуска одиночный вагон потребляет ток около 450 А, что соответствует мощности до 300 кВт. По этой причине в ходе расчета возможные значения номинального тока накопителя были заданы с шагом 500 А.

Как показывают результаты расчетного эксперимента, применение накопителя номинальной мощностью 600–900 кВт позволит дополнительно эксплуатировать 3–4 единицы подвижного состава на секции тяговой сети. При этом наибольший эффект применение накопителей дает на секциях наибольшей протяженности (3–6 км), эксплуатация которых без установки накопителя энергии затруднена даже в случае прокладки усиливающих проводов.

Предлагаемый накопитель и его зарядно-разрядный преобразователь может быть изготовлен на основе серийно выпускаемых комплектов тягового оборудования для подвижного состава электротранспорта с автономным ходом.

Помимо повышения протяженности секций тяговой сети, применение накопителей выравнивает токовую нагрузку на подстанцию, что облегчает режимы работы выпрямительных агрегатов и позволяет повысить их среднюю мощность. Кроме того, повышается надежности работы системы

электроснабжения. Имеющийся в накопителе запас энергии позволит вывести подвижной состав с секции увеличенной длины при отказе тяговой подстанции.

Таблица 1 – Номинальный ток накопителя энергии при различном количестве вагонов на секции без усиливающего провода

кол-во вагонов	длина секции, м						
	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000
1	0	0	0	0	0	x	x
2	0	0	0	0	500	x	x
3	0	0	0	500	500	x	x
4	0	0	500	500	1000	x	x
5	0	500	500	1000	4000	x	x
6	0	500	1000	2000	x	x	x
7	0	1000	2000	x	x	x	x
8	500	1500	x	x	x	x	x
9	1000	4000	x	x	x	x	x
10	2000	x	x	x	x	x	x
11	4000	x	x	x	x	x	x
12	x	x	x	x	x	x	x

Таблица 2 – Номинальный ток накопителя энергии при различном количестве вагонов на секции с усиливающим проводом

кол-во вагонов	длина секции, м						
	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	500
5	0	0	0	0	0	500	500
6	0	0	0	0	0	500	1000
7	0	0	0	0	500	1000	1000
8	0	0	0	0	1000	2000	x

9	0	0	0	0	2000	x	x
10	0	0	0	500	4000	x	x
11	0	0	0	1000	x	x	x
12	0	0	1000	2000	x	x	x
13	0	0	1000	4000	x	x	x
14	0	0	2000	x	x	x	x
15	0	0	4000	x	x	x	x

На рисунке 2 показана зависимость отношения максимально возможного количества принимаемой и отдаваемой накопителем энергии Ез/Ер от падения напряжения на сопротивлении сети между тяговой подстанцией и накопителем. Номинальный ток накопителя составляет 1000 А, протяженность секции 4000 м.

Поскольку процесс заряда и разряда накопителя сопряжен с потерями энергии в нем, эффективная работа возможно при отношении максимально возможного количества принимаемой и отдаваемой накопителем энергии Ез/Ер выше минимального уровня, составляющего 1,4 при коэффициенте повторного использования энергии накопителя равном 0,7.

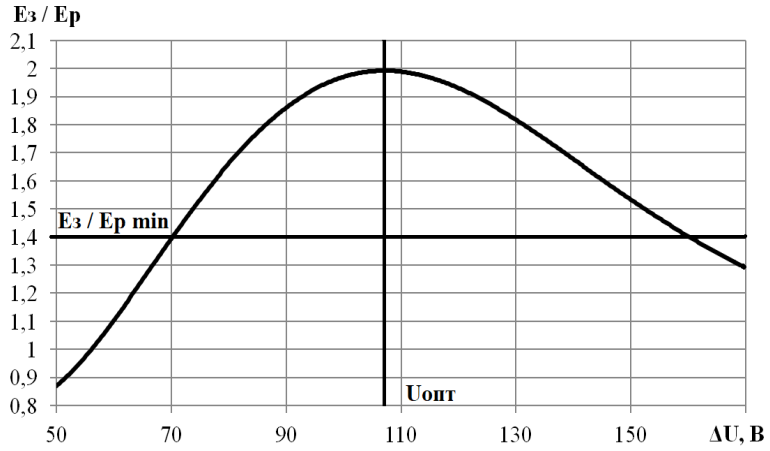


Рисунок 2 – зависимость отношения максимального возможного количества принятой и отданной накопителем энергии от падения напряжения, при котором происходит переход накопителя из режима заряда в режим разряда

Как показали результаты расчета, оптимальное отношение достигается при падении напряжения Uопт = 100 – 110 В. Изменение нагрузки на накопитель и его номинальной мощности влияют на абсолютную величину отношения отдаваемой и принимаемой энергии, но не оказывают значительного влияния на величину оптимального падения напряжения. Широкий допустимый диапазон напряжений может быть объяснен скачкообразным характером изменения потребляемого тока и, соответственно, напряжения контактной сети при переходе вагона между режимами тяги и выбега.

Выводы

Авторами показано, что существует возможность сократить стоимость и повысить сроки сооружения новых линий городского электрического транспорта, примыкающих к эксплуатируемой сети, при замене новой тяговой подстанции накопителем энергии, получающим питание по контактному проводу от подстанции на действующем участке. Отмечено положительное влияние накопителя энергии на надежность системы электроснабжения. Методом вероятностного эксперимента определены требования к предложенному накопителю. Показано, что при продлении линий трамвая на 3–5 км целесообразно применение стационарных накопителей на основе литий-ионных аккумуляторов мощностью до 600– 900 кВт, что позволит дополнительно эксплуатировать 3–4 единицы подвижного состава на секции тяговой сети. Установлено, что наиболее эффективный режим работы накопителя достигается при переключении между режимами заряда и разряда при напряжении, на 100–110 В меньшем напряжения холостого хода тяговой подстанции. Для уточнения полученных результатов необходимо использование имитационной модели, учитывающей режимы движения вагонов и влияние напряжения на токоприемнике на их тяговые характеристики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Сопов В. И., Щуров Н. И.** Системы электроснабжения электрического транспорта на постоянном токе [Текст]. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2013. – 727 с.

2 **Ярославцев М. В.** Сравнительный анализ способов электроснабжения городского электрического транспорта при продлении существующих линий [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2022. – №3. – С. 149–159.

3 **Штанг А. А., Спиридонов Е. А., Ярославцев М. В.** Применение накопителей энергии в системах электроснабжения городского электрического транспорта [Текст] // Транспорт Российской Федерации. – 2012. – № 3–4 (40-41). – С. 68–70.

4 **Yaroslavtsev, M. V.** Increasing the length of trolleybus contact line sections by installation of stationary energy storage posts [Text] // Proceedings of International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM. – 2018. – P. 473–476.

5 **Шевченко, В. В., Арзамасцев, Н. В., Бодрухин, Н. С.** Электроснабжение наземного городского транспорта [Текст]. – М.: Транспорт, 1987. – 271 с.

6 **Марквардт К. Г.** Электроснабжение электрифицированных железных дорог [Текст]. – М. : Транспорт, 1982. – 524 с.

7 **Diab, I., Saffirio, A., Mouli, G.R.C., Tomar, A.S., Bauer P. A** Complete DC Trolleybus Grid Model With Bilateral Connections, Feeder Cables, and Bus Auxiliaries [Text]. // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2022. – Vol. 23 (10) – P. 19030–19041. – DOI: 10.1109/TITS.2022.3157080

8 ГОСТ 23366-78 Ряды номинальных напряжений постоянного и переменного тока [Текст]. – М. : Комитет стандартизации и метрологии, 1978. – 7 с.

9 СНиП 2.05.09-90 Трамвайные и троллейбусные линии [Текст]. – М.: Государственный строительный комитет, 1990. – 40 с.

10. **Кузнецов, С. М.** Защита тяговой сети от токов короткого замыкания [Текст]. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2018. – 312 с.

11 **Yuanli D., Zachary P., Aiping, Yu., Jun, Lu.,** Zhongwei Chen Automotive LiIon Batteries: Current Status and Future Perspectives [Text] // Electrochemical Energy Reviews. – 2019. – Vol. 2. – P. 1-28. – DOI: https://doi.org/10.1007/s41918-018-0022-z

REFERENCES

1 **Sopov, V. I., Shhurov, N. I.** Sistemy` e`lektrosnabzheniya e`lektricheskogo transporta na postoyannom toke [Energy supply systems of DC electric transport] [Text]. – Novosibirsk : NSTU publ., 2013. – 727 p.

2 **Yaroslavtsev M. V.** Sravnitel`ny`j analiz sposobov e`lektrosnabzheniya gorodskogo e`lektricheskogo transporta pri prodlenii sushhestvuyushhix linij [The comparison of energy supply methods for city electric transit while extending existing routes] [Text] // Nauka i texnika Kazaxstana. – 2022. – Vol. 3. – P. 149–159.

3 **Shtang, A. A., Spiridonov, E. A., Yaroslavtsev, M. V.** Primenenie nakopitelej e`nergii v sistemax e`lektrosnabzheniya gorodskogo e`lektricheskogo transporta [Application of energy storage devices in the energy supply system of electric transport] [Text] // Transport Rossijskoj Federacii. – 2012. – № 3–4 (40-41). – P. 68–70.

4 **Yaroslavtsev, M. V.** Increasing the length of trolleybus contact line sections by installation of stationary energy storage posts [Text] // Proceedings

of International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM. – 2018. P. 473–476.

5 **Shevchenko,V. V., Arzamascev, N. V., Bodruxina, N. S.** E`lektrosnabzhenie nazemnogo gorodskogo transporta [Energy supply of city electric transit] [Text]. – Moscow: Transport, 1987. – 271 p.

6 **Markvardt, K. G.** E`lektrosnabzhenie e`lektrificirovanny`x zhelezny`x dorog [Energy supply of electrified railways] [Text]. – Moscow: Transport, 1982. – 524 p.

7 **Diab, I., Saffirio, A., Mouli, G.R.C., Tomar, A.S., Bauer, P. A** Complete DC Trolleybus Grid Model With Bilateral Connections, Feeder Cables, and Bus Auxiliaries [Text] // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2022. – Vol. 23 (10) P 19030–19041. – DOI: 10.1109/TITS.2022.3157080

8 GOST 23366-78 Ryady` nominalny`x napryazhenij postoyannogo i peremennogo toka [Series of nominal DC and AC voltages] [Text]. – Moscow : standardization and metrology committee, 1978. – 7 p.

9 SNiP 2.05.09-90 Tramvajny`e i trollejbusny`e linii [Tramway and trolleybus lines] [Text]. – Moscow : State construction committee, 1990. – 40 p.

10 **Kuznetsov S. M.** Zashhita tyagovoj seti ot tokov korotkogo zamy`kaniya [Protection of traction networks form short circuit currents] [Text]. – Novosibirsk : NSTU publ., 2018. – 312 p.

11 **Yuanli D., Zachary P., Aiping Yu., Jun Lu., Zhongwei Chen** Automotive LiIon Batteries: Current Status and Future Perspectives [Text] // Electrochemical Energy Reviews. – 2019. – Vol. 2. – P. 1–28. – DOI: https://doi.org/10.1007/P.41918-018-0022-z

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**М. В. Ярославцев[1], О. М. Талипов[2], А. П. Кислов[3], О. А. Андреева[4], А. Е. Анарбаев[5]*
[1,2,3,4,5]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ҚАЛАЛЫҚ ЭЛЕКТР КӨЛІГІНІҢ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІЛІГІНІҢ БӨЛІМДЕРІНІҢ ҰЗЫНДЫҒЫН АРТУ ҮШІН ЭНЕРГИЯ ЖҮЙЕСІ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ

Қалалық электр көлігі желілерінің белсенді дамуын қамтамасыз ету үшін олардың құрылысының құнын төмендету қажет, бұл кейбір жағдайларда тартқыш электрмен жабдықтаудың қуат қоры болған жағдайда ұзартылған желілерде жаңа тартқыш қосалқы станцияларды салудан бас тарту арқылы қол жеткізуге болады. қолданыстағы бөлімдердегі жүйе.

Бұл жағдайда бір жақты қоректендіруі бар ұзартылған тартқыш желінің учаскелері арқылы энергияны беру мәселесі туындайды. Электр энергиясын алыс қашықтыққа контактілі желі арқылы беруді қамтамасыз ету үшін арматуралық сымдарды қолдануға, сондай-ақ энергия сақтау құрылғыларын орнатуға болады.

Бұл мақалада төмен жүктеме кезінде байланыс желісінен энергия алатын және автомобильдерді іске қосу кезінде ең көп тұтыну кезеңдерінде беретін батареяларды сақтау құрылғыларын орнату қарастырылады. Өздігінен басқарылатын вагондарды пайдаланумен салыстырғанда, ұсынылған тәсіл төмен шығындарды талап етеді және жаңадан салынған учаскеде бар жылжымалы құрамның барлық паркін пайдалану мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Жұмыста ұзартылған учаскелердегі жылжымалы құрамның рұқсат етілген мөлшері және энергия сақтау құрылғысының қажетті қуаты ықтималдық эксперимент әдісімен анықталады. Энергияны сақтау құрылғысының жұмыс режимдерінің талдауы жүргізіледі, зарядтау және разряд режимдері арасындағы оптималды ауысу кернеуі анықталады.

Кілтті сөздер: қалалық электр көлігі, трамвай, электрмен жабдықтау, байланыс желісі, литий-иондық аккумулятор

M. V. Yaroslavtsev[1], O. M. Talipov[2], A. P. Kislov[3], O. A. Andreyeva[4] A. Ye. Anarbayev[5]
[1,2,3,4,5]Toraighyrov University,Republic of Kazakhstan, Pavlodar
Material received on 13.03.23

CALCULATION OF PARAMETERS OF ENERGY STORAGE FOR INCREASING TRACTION NETWORK SECTION LENGTH AT CITY ELECTRIC TRANSIT

Active development of city electric transit lines requires their initial cost reduction. This can be achieved by refusing from construction of new traction substations at extended tracks when existing substations have sufficient power reserves.

In this case the problem of energy transmission over traction network sections of increased length with single-side feeding raises. To transmit the energy over contact wires it is possible to increase the contact network cross- section by additional wires and to install the energy storage devices.

The proposed battery storages should charge with the energy received from contact network during the periods of low power load and discharge in the periods of high power demand. Comparing to introduction of autonomous battery-powered wagons the proposed approach is cheaper and enables operation of all existing rolling stock on the constructed tracks.

In the article the possible number of wagons at the traction network section is found by probabilistic experiment method. The required power of energy storage device is also obtained. The operational modes of the energy storage are analyzed and the optimal voltage of transition between charge and discharge modes is received.

Keywords: city electric transit, tramway, energy supply, contact network, lithium-ion battery.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ

Абжекеева Айжан Зейнелгабиденовна, оқытушы, Торайғыров университет, Павлодар қ., 140000, Казахстан, e-mail: a_abzhekeeva@mail.ru

Авдеев Леонид Анатольевич, ӨПА кафедрасы, доцент, Энергетика, автоматика және телекоммуникация факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027 Қазақстан Республикасы, e-mail: avdeev@kstu.kz

Андреева Оксана Александровна, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, «Электро-техника және автоматтандыру» кафедрасы Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000 Қазақстан Республикасы, e-mail: andreyeva.oa @mail.ru

Анарбаев Алибек Ерсаинович, аға оқытушы, энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Республика, Қазақстан, e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

Ануарбеков Максат Арганатович, «Жылу энергетика» мамандығы бойынша докторант, Энергетика факультеті, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық университеті», Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: ma-0795@mail.ru

Акаев Айбек Мұратбекович, PhD қауымд. профессоры, . Д. Серікбаева атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ., 070004, Қазақстан Республикасы, e-mail: aybek.akaev.vko_81@mail.ru

Асаинов Гибрат Жоламанович, PhD, аға оқытушы, Энергетика факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ. 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: 007giba@mail.ru

Алимбекова Назым Ахатовна, «8D06104 – Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету» мамандығы бойынша докторант, Ақпараттық технологиялар факультеті,Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010001, Қазақстан Республикасы, e-mail: nazakhatovna@mail.ru

Ажибекова Жанар, педагогика ғылымдарының кандидаты,
С. Ж. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, 050054, e-mail: azhibekovazhanar70@gmail.com

Алимбекова Назым Ахатовна, «8D06104 Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету» мамандығы бойынша докторант, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010001, Қазақстан Республикасы, e-mail: nazakhatovna@mail.ru

Алтыбаев Алшын Нарикович, техника ғылымдарының докторы, профессор, энергиямен қамтамасыз ету, ақпараттық технологиялар және

машиналарды сынау зертханасы, Агро-инженерия ғылыми-өндірістік орталығының меңгерушісі, 050000, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: narikovich@yandex.ru

Ақишев Қаршыга Мақсұтович, техника ғылымдарының кандидаты, ассоц.профессор, ҚазУТБ, 010000, Астана қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: akmail04cx@mail.ru

Айдымбаева Жанар Абдешевна, PhD, доцент, Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: diararu@mail.ru

Ақанова Ақерке Сапаровна, PhD, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, akerkegansaj@mail.ru

Алтынбекова Алия Досжанкызы, PhD, докторант, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәулет-құрылыс факультеті, Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kleo-14@mail.ru

Баймаханова Айгерим Саттаровна, докторант, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы, aygerim.baymakhanova@ayu.edu.kz

Барукин Александр Сергеевич, phD, қауымд. профессор, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: alexbarukin@mail.ru

Беркимбаев Камалбек Мейірбекұлы, Педагогика ғылымдарының докторы, профессор, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы, e-mail: kamalbek.berkimbaev@yandex.kz

Булатбаева Юлия Феликсовна, PhD, доцент, «Өндірістік процестерді автоматтандыру» кафедрасы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы, 100027, e-mail: julia_my_angel@mail.ru

Бондарцев Давид Юрьевич, PhD, доцент, АЭжБУ, Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы Энергетика және Байланыс Университеті, Жылу энергетикасы және басқару жүйелері институты, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: d.bondartsev@aues.kz

Бобров Владимир Яковлевич, «Қазэнергокабель» АҚ бас директоры, Павлодар қ,, 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: 953557@mail.ru

Бельдеубаева Жанар Толеубаевна, PhD, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: zh.beldeubayeva@mail.ru

Войткевич Софья Валентиновна, аға оқытушысы, Энергетика, автоматика және телекоммуникация факультеті, ӨПА кафедрасы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: sofiya_v@kstu.kz

Верницкас Павел Александрович, докторант, «Жылу электр станциялары» кафедрасы, Жылу энергетикасы және басқару жүйелері институты, Г.Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, p.vernitskas@aues.kz

Герасименко Татьяна Сергеевна, техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: melary-5@mail.ru

Генбач Александр Алексеевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, ВАК, Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы Энергетика және Байланыс Университеті, Жылу энергетикасы және басқару жүйелері институты, Алматы, 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: a.genbach@aues.kz

Генбач Наталья Алексеевна, доцент, Электр тізбектері және электр энергетикалық жүйелер институты, АЭжБУ, Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы Энергетика және Байланыс Университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: n.genbach@aues.kz

Глущенко Татьяна Ивановна, экономика ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор (доцент), Инженерлік-техникалық институт, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай аймақтық университеті, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail: tatyana194@inbox.ru

Достияров Абай Мұхамедияруұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, Жылу энергетикасы және басқару жүйелері институтының «Жылу электр станциялары» кафедрасы, Г. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: dost51@mail.ru

Джантимиров Айдарбек Меделбекович, бас энергетиктің орынбасары «Қазақстан алюминий» АҚ, Қазақстан Республикасы, e-mail: aidardzhan89@gmail.com

Есекеева Мняура Жұмағалиқызы, математика ғылымдарының. кандидаты, доцент. «Esil University» мекемесі, Астана қ., Z01C1E7, Қазақстан Республикасы, e-mail: yesekeeva49@mail.ru

Ерденов Ардак Жасланович, магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, ardak_7e@mail.ru

Ержигитов Еркин, техника ғылымдарының кандидаты, энергиямен қамтамасыз ету, ақпараттық технологиялар және машиналарды сынау

зертханасы, Агро-инженерия ғылыми-өндірістік орталығы, 050000, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: erzhan@yandex.ru

Жумадиллаева Айнур Канадиловна, техника ғылымдарының кандидаты, қаумд. профессор, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010001, Қазақстан Республикасы, e-mail: ay8222@mail.ru

Жетписбаева Айнур Турсынкановна, PhD, қауымд.профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, aigulji@mail.ru

Жумадирова Алия Кайрулловна, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор (доцент), Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: aliazk@mail.ru

Искаков Руслан Маратбекұлы, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор (доцент),Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., Z05M6G3, Казақстан Республикасы, e-mail: rus.iskakov79@mail.ru

Исенов Сұлтанбек Сансызбайұлы, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, (доцент) «Энергетика» факультеті, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., Z05M6G3, Казақстан Республикасы, e-mail:isenov_sultan@mail.ru

Исабеков Жанат Бейсембайұлы, PhD, қауымд. профессор (доцент), Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asbizh@mail.ru

Исабекова Бибігүл Бейсембайқызы, PhD, қауымд. профессор (доцент), Computer science факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asbizh@mail.ru

Исабеков Даурен Джамбулович, PhD, постдокторант, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: Dauren_pvl2012@mail.ru

Исаева Жазира Рахатдиновна, PhD, аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Казақ агротехникалық университеті, Энергетика факультеті, Астана қ., 010000, Республика Казахстан, e-mail: zhozi_maggi@mail.ru

Исмухамбетов Азамат Маратович, бас энергетик «Қазақстан алюминий» АҚ, Қазақстан Республикасы, e-mail: aza.nomad@mail.ru

Искендірова Гүлзипа Сарыбайқызы, Оқытушы, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы, e-mail: gulzipa.iskendirova@ayu.edu.kz

Иманжанова Күлбарчин Тілеуқанқызы, магистрнт, аға оқытушы, С. Аманжолов атыдағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ., F01T9H5, Қазақстан Республикасы, e-mail: kuba_6164@mail.ru

Кошкин Игорь Владимирович, техника ғылымдарының кандидаты, Электр энергетикасы кафедрасы, доцент, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университеті, Костанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail: elektroenergetika@mail.ru

Косымбаев Рауан Болатович, магистрант, Электр энергетикасы факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы, 100027, e-mail: kosymbaev.r@gmail.com

Қонысбаев Еркегали, инженер, энергиямен қамтамасыз ету, ақпараттық техноло-гиялар және машиналарды сынау зертханасы, Агро-инженерия ғылыми-өндірістік орталығы, 050000, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: ermek@yandex.ru

Колесников Евгений Николаевич, PhD, «Электротехника және автоматтандыру» кафедрасы, постдокторант, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: jeka89_pvl@mail.ru

Карманов Амангельды Ерболович, Phd, ассоц. профессор, Торайғыров университет, Павлодар қ., 140000, Казахстан, e-mail: aman270685@mail.ru

Касенова Лейла Ғалымбекқызы, педагогика ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, «Esil University» мекемесі, Астана қ,, Z01C1E7, Қазақстан Республикасы, e-mail: kassenova_lg@mail.ru

Калтаев Абдулла Габдылманапулы, PhD, қауымд. профессор (доцент), Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail:abdulla911@mail.ru

Қорабаев Ескендір Қазбекұлы, аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Энергетикалық факультеті, Астана, 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: dernaksi@gmail.com,

Клецель Марк Яковлевич, техника ғылымдарының докторанты, профессор, Торайғыров университеті, Энергетика факультеті,Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Кашлев Александр Романович, 6М070200-Автоматтандыру және басқару мамандығы бойынша ӨПА кафедрасының магистранты, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Энергетика, автоматика және телекоммуникация факультеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: sanya.kashlev.2012@mail.ru

Кислов Александр Петрович, техника ғылымдарының кандидаты, «Энергетика факультеті, декан, Торайғыров атындағы университеті, Павлодар қ. 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kislov@mail.ru

Казтаев Гафу Шахизатович, 6М070200-Автоматтандыру және басқару мамандығы бойынша ӨПА кафедрасының магистранты, Энергетика, автоматика және телекоммуникация факультеті Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: gafu.kaztayev@gmail.com

Қасым Руслан Тоқтасынұлы, магистрант, сениор лектор, Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kasym.ruslan@gmail.com

Кияткина Виктория Николаевна, магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008,Казахстан Республикасы, e-mail: vika-vasilevich@mail.ru

Лукпанов Рауан Ермагамбетович, PhD, профессор, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәулет-құрылыс факультеті, Астана қ., 010008,Қазақстан Республикасы, rauan_82@mail.ru,

Мамиков Сатмурза аға оқытушы, Академик Ә. Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университеті, Шымкент қ., Республикасы, 160001, e-mail: Satmyrza85@mail.ru

Мехтиев Али Джаванширович, ассоц. профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің доценті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail:barton.kz@mail.ru

Мақзұмова Айнұра Қажыақпарқызы, «Жылу энергетика» мамандығының докторанты, Л. Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, көлік-энергетика факультеті, Астана қ, 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: 96_ainura@bk.ru

Мусетова Балауса Қуанышқызы, «8М06104 – Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету» мамандығы бойынша магистрант, Л. Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010001, Қазақстан Республикасы, e-mail: balaussa_22@mail.ru

Марковский Вадим Павлович, техника .ғылымдарының.кандидаты., қауымд. профессоры (доцент), Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: wadim54@mail.ru

Машрапов Бауыржан Ерболович, PhD, постдокторант, Торайғыров университеті, Энергетика факультеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, bokamashrapov@mail.ru

Мергалимова Алмагүл Қайырбергенқызы, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті «Жылу энергетикасы» кафедрасының меңгерушісі, PhD, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Астана, Қазақстан Республикасы, Z05M6G3, e-mail: almagul_mergalimova@mail.ru

Мамырбаева Индира Кабдракымовна, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті аға оқытушысы, физика-математикалық ғылымдарының кандидаты, «Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті», Астана қ., Z05M6G3, Казақстан Республикасы, torikbaur@mail.ru

Нұрмағанбетова Жанар Сахитовна, аға оқытушы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Энергетика, автоматика және телекоммуникация факультеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhanara1030@mail.ru

Нұрмағанбетова Гүлім Сахитовна, PhD, аға оқытушы, Энергетика факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ. 010000 Қазақстан Республикасы, e-mail: g_sahitovna@mail.ru

Новожилов Александр Николаевич,«Электр энергетикасы» кафедрасының профессоры, техника ғылымдарының докторы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: novozhilova_on@mail.ru

Новожилов Тимофей Александрович, «Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау» кафедрасының доценті, техника ғылымдарының кандидаты, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ. 644000, Ресей Федерациясы, e-mail: timokvey@mail.ru.

Нахан Сауле Нұрманқызы, «Электр энергетика» мамандығы бойынша магистрант, «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті», «Электрмен жабдықтау және жаңартылатын энергия көздері кафедрасы, Алматы,050013, Қазақстан Республикасы, nakhansaule99@mail.ru

Огаркова Анастасия Игоревна, Магистр, докторант, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университеті, Костанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail:ogarkova.anastasia@mail.ru

Оразова Динара Казбековна, PhD, қауымд. профессор, «Торайғыров университеті, Инженерия факультеті, Павлодар қ.,140008,Қазақстан Республикасы, e-mail: dinarzhan_84@mail.ru

Омаров Батырхан, Phd, Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы, 050040, e-mail: batyahan@gmail.com

Олжабаева Қарлығаш Серікқызы, PhD, «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті», Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: k.olzhabayeva@aues.kz,

Потапенко Александра Олеговна, PhD, Торайғыров Университет, 140007 Қазақстан Республикасы, Павлодар қ. e-mai: alxopt@gmail.com ORCID 0000-0002-9523-5333

Рахимбердинова Дилара Муратовна, PhD, «Электротехника және автоматтандыру» кафедрасының постдокторанты, , Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: Di_lara83@mail.ru

Расмухаметова Айнур Серікқызы, аға оқытушы, «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті», Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: a.rasmukhametova@aues.kz,

Саканов Куандык Тимирович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Торайгыров университет, инженерлік факультет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kuan_altei@mail.ru

Сапа Владимир Юрьевич, техника ғылымдарының кандидаты, Электр энергетикасы кафедрасының доценті, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университеті, Костанай қ., 110000,Қазақстан Республикасы, e-mail: engineering_01@mail.ru

Сәрсікеев Ермек Жасланұлы, PhD, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail:sarsikeyev.ermek@yandex.ru

Сатаев Бағдат Орынғалиұлы, Техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, Энергоинформ АҚ Ақмола филиалы. Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: sbo_iko@mail.ru

Саракешова Нурбуби Нуркеновна, докторант, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті», Астана, 010000, e-mail: nurbubi92@mail.ru

Сериков Тансауле Габдыманапович, PhD, қауымд. профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: tansaule_s@mail.ru,

Таткеева Галина Галимзяновна, техника ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА-ның корр. мүшесі, Энергетикалық факультеті, «Электрмен жабдықтау» кафедрасының меңгерушісі, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті» Астана, 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: tatkeeva@mail.ru

Тоқтарова Айгерім, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ – Түрік Университеті докторанты, Түркістан қ., Қазақстан Республикасы, 161205, e-mail: toktar.aigerim@list.ru

Талипов Олжас Манарбекұлы, PhD, профессор, «Электротех-ника және автоматтандыру» кафедрасының меңгерушісі, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павло-дар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e–mail: talipov1980@mail.ru

Талипов Сергей Николаевич, аға оқытушы, Computer Sciences факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140014, Қазақстан Республикасы

Тәңірберген Ақнұр Бағдатқызы, «Электроэнергетика» мамандығының докторанты, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail:aknur.bahty@mail.ru

Титко Елена, докторы, профессоры, Экономика және мәдениет университетінің ғылым жөніндегі проректоры, Рига, LV-1009, Латвия, e-mail: jelena.titko@eka.edu.lv

Тұрдыбек Балғынбек, Сениор – лектор, магистр, Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: balgyn.bek.2018@gmail.com

Тлеуленова Гульшат Толеувна, PhD, доцент м.а. «Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университет, Сәулет-құрылыс факультеті, Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: gulshattleulenova23@mail.ru

Өтеғұлов Арман Болатбекұлы, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессоры, «Электрмен жабдықтау» кафедрасы, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010011, Қазақстан Республикасы, e-mail: utegulov76@mail.ru

Хабдуллин Асет Бакирович, PhD. электроэнергетика ғылымдарының докторы, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: aset85@mail.ru

Хабдуллина Гульдана Абдухалыковна, «Электроэнергетика» мамандығының докторанты, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай аймақтық университеті, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail: guldana.sadyrbek@mail.ru

Шарипов Рустем Байзуллович, Магистрант, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asbizh@mail.ru

Шайхслам Такібайұлы, магистр,аға оқытушы,Торайғыров университеті, Инженерлік факультеті, Павлодар қ.,140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: takibai@mail.ru

Ыбырай Сұлтан, техника ғылымдарының магистрі, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің ассистенті, «Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті» Астана қ., Қазақстан Республикасы, Z05M6G3, e-mail: almagul_mergalimova@mail.ru

Юсупова Әсел Оразқызы, phD, Торайғыров Университет, 140007 Қазақстан Республикасы, Павлодар қ. e-mail:aselasp@mai.ru ORCID 0000-0001-5516-3024.

Ярославцев Михаил Викторович, техника ғылымдарының кандидаты, энергетика факультеті, қауымд. профессор, Торайғыров атындағы университеті Павлодар қ. 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: myaroslav54@gmail.com,

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абжекеева Айжан Зейнелгабиденовна, преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Казахстан, e-mail: a_abzhekeeva@mail.ru,

Авдеев Леонид Анатольевич, доцент кафедры АПП, «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникаций, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: avdeev@kstu.kz

Андреева Оксана Александровна, кандидат технических наук, ассоц. профессор, кафед-ра Электротехника и автома-тизация, Торайгыров универ-ситет, г. Павлодар, 140000 Республика Казахстан, e-mail: andreyeva.oa @mail.ru

Анарбаев Алибек Ерсаинович, старший преподаватель, Торайгыров Университет, Факультет энергетики, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

Ануарбеков Максат Арганатович, докторант по специальности «Теплоэнергетика» «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина», Энергетический факультет, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: ma-0795@mail.ru,

Акаев Айбек Мұратбекович, PhD, ассоц. профессор, доктор, ВКТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, 070004, Республика Казахстан, e-mail: aybek.akaev.vko_81@mail.ru

Асаинов Гибрат Жоламанович, PhD, старший преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Факультет Энергетики, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: 007giba@mail.ru

Алимбекова Назым Ахатовна, докторант по специальности «8D06104 – Вычислительная техника и программное обеспечение» Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет им. Л. Н.Гумилева, г. Астана, 010001, Республика Казахстан,nazakhatovna@mail.ru

Ажибекова Жанар, кандидат педагогических наук., Казахский Национальный медицинский университет имени С. Д. Асфендиярова, г. Алматы, Республика Казахстан, 050054, e-mail: azhibekovazhanar70@gmail.com

Алимбекова Назым Ахатовна, докторант по специальности «8D06104 - Вычислительная техника и программное обеспечение» Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет им. Л. Н.Гумилева, г. Астана, 010001, Республика Казахстан, nazakhatovna@mail.ru

Алтыбаев Алшын Нарикович, доктор технических наук, профессор, Заведующий лабораторией энергообеспечения, информационных технологий и испытания машин, научно-производственного центра Агро-Инженерии, 050000, г. Алматы, Республика Кзахстан, e-mail: narikovich@yandex.ru

Акишев Каршыга Максутович, кандидат технических наук, ассоц. проф. КазУТБ, 010000, г. Астана, Республика Казахстан,akmail04cx@mail.ru

Аканова Акерке Сапаровна, PhD, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: akerkegansaj@mail.ru

Айдымбаева Жанар Абдешевна, PhD, доцент, «Алматинский университет энергетики и связи имени гумарбека Даукеева», Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: diararu@mail.ru

Алтынбекова Алия Досжанкызы, PhD докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәулет-құрылыс факультеті, г. Астана, 010008,Қазақстан Республикасы, e-mail: kleo-14@mail.ru

Баймаханова Айгерим Саттаровна, Докторант по ОП «Информационные системы» Международный казахско-турецкий университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан, e-mail: aygerim.baymakhanova@ayu.edu.kz

Барукин Александр Сергеевич, PhD, ассоц. профессор, Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: alexbarukin@mail.ru

Беркимбаев Камалбек Мейрбекович, доктор педагогических наук, профессор, Международный казахско-турецкий университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан, kamalbek.berkimbaev@yandex.kz

Булатбаева Юлия Феликсовна, PhD, и.о. доцент, кафедра «Автоматизации производственных процессов» Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», г. Караганда, Республика Казахстан, 100027, e-mail: julia_my_angel@mail.ru

Бондарцев Давид Юрьевич, PhD, доцент АУЭС, Алматинский Университет Энергетики и Связи им. Г. Даукеева, Институт теплоэнергетики и систем управления, Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: d.bondartsev@aues.kz

Бобров Владимир Яковлевич, генеральный директор АО «Казэнергокабель», г. Павлодар, 140000, промышленная зона Северная, строение № 6/2, Республика Казахстан, e-mail:953557@mail.ru

Бельдеубаева Жанар Толеубаевна, PhD, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, zh.beldeubayeva@mail.ru

Войткевич Софья Валентиновна, старший преподаватель кафедра АПП, «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,

Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникаций, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: sofiya_v@kstu.kz

Верницкас Павел Александрович, докторант института теплоэнергетики и систем управления, кафедра «Тепловые энергетические установки», специальности «Теплоэнергетика», Алматинский университет энергетики и связи им.Г.Даукеева, Алматы, 050000, Республика Казахстан, p.vernitskas@aues.kz

Герасименко Татьяна Сергеевна, кандидат технических наук, старший преподаватель Казахского агротехнического университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: melary-5@mail.ru

Генбач Александр Алексеевич, доктор технических наук, профессор ВАК, Алматинский Университет Энергетики и Связи им. Г. Даукеева, Институт теплоэнергетики и систем управления, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: a.genbach@aues.kz

Генбач Наталья Алексеевна, доцент АУЭС, Алматинский Университет Энергетики и Связи им. Г. Даукеева, Институт электрических станций и электроэнергетических систем, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, n.genbach@aues.kz

Глущенко Татьяна Ивановна, кандидант экономических наук., ассоц. профессор (доцент), Инженерно-технический институт, Костанайский региональный университет имени А.Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан, e-mail: tatyana194@inbox.ru

Достияров Абай Мухамедиярович, доктор технических наук, профессор института теплоэнергетики и систем управления, кафедра «Тепловые энергетические установки», Алматинский университет энергетики и связи им.Г. Даукеева, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, dost51@mail.ru

Джантимиров Айдарбек Меделбекович, заместитель главного энергетика АО «Алюминий Казахстана», Восточная промышленная зона, строение № 65, Республика Казахстан, e-mail: aidardzhan89@gmail.com

Есекеева Мняура Жумагалиевна, к.ф.м.н., доцент. Учреждение Esil University г. Астана, Z01C1E7, Республика Казахстан, yesekeeva49@mail.ru

Ерденов Ардак Жасланович, магистрант, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: ardak_7e@mail.ru

Ержигитов Еркин, кандидат технических наук, лаборатория энергообеспечения, информационных технологий и испытания машин, научно-производственного центра Агро-Инженерии, 050000, г. Алматы, Республика Кзахстан, e-mail: erzhan@yandex.ru

Жумадиллаева Айнур Канадиловна, кандидат технических наук, ассоциированный профессор Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет им. Л. Н.Гумилева, г. Астана, 010001, Республика Казахстан, e-mail: ay8222@mail.ru

Жетписбаева Айнур Турсынкановна, PhD, ассоц. профессор, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: aigulji@mail.ru

Жумадирова Алия Кайрулловна, кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент), Торайгыров университет, Факультет энергетики, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: aliazk@mail.ru

Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук, и.о. профессора, ассоц. профессор (доцент), Казахского агротехнического университета имени Сакена Сейфуллина, «Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан, Z05M6G3, e-mail: rus.iskakov79@mail.ru

Исенов Султанбек Сансызбаевич, кандидат технических наук, ассоц. профессор (доцент), декан энергетического факультета Казахского агротехнического университета имени Сакена Сейфуллина, «Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан, Z05M6G3, e-mail: isenov_sultan@mail.ru

Исабеков Жанат Бейсембайевич, PhD, ассоц. профессор (доцент), Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: asbizh@mail.ru

Исабекова Бибигуль Бейсембаевна, PhD, ассоц. профессор (доцент), Факультет Computer science, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: asbizh@mail.ru

Исабеков Даурен Джамбулович, PhD, постдокторант, Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: Dauren_pvl2012@mail.ru

Исмухамбетов Азамат Маратович, главный энергетик, АО «Алюминий Казахстана», Восточная промышленная зона, строение № 65, Республика Казахстан, e-mail: aza.nomad@mail.ru

Искендирова Гулзипа Сарыбайкызы, Преподаватель, Международный казахско-турецкий университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, 161200, Республика Казахстан, e-mail: gulzipa.iskendirova@ayu.edu.kz

Иманжанова Кульбарчин Тлеукановна, магистр, старший преподаватель.ВКУ им. С.Аманжолова г.Усть-Каменогорск, F01T9H5, Республика Казахстан, kuba_6164@mail.ru

Исаева Жазира Рахатдиновна, PhD, старший преподаватель, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Энергетикалық факультеті, Астана қ.010000, Қазақстан Республикасы, zhozi_maggi@mail.ru

Кошкин Игорь Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедра «Электроэнергетика», Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан, e-mail: elektroenergetika@mail.ru

Косымбаев Рауан Болатович, магистрант по специальности «Электроэнергетика», «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», г. Караганда, Республика Казахстан, 100027, e-mail:kosymbaev.r@gmail.com,

Конысбаев Еркегали, инженер, лаборатория энергообеспечения, информацион-ных технологий и испытания машин, научно-производственного центра Агро-Инженерии, 050000, г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail: ermek@yandex.ru

Колесников Евгений Николаевич, PhD, Постдокторант кафедры «Электротехника и автоматизация, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: jeka89_pvl@mail.ru

Карманов Амангельды Ерболович, Phd, асс. профессор, Торайгыров университет, Павлодар, 140000, Казахстан, e-mail: aman270685@mail.ru

Касенова Лейла Галимбековна, кандидат педагогических наук, ассоц. профессор, Учреждение Esil University, г. Астана, Z01C1E7, Республика Казахстан, e-mail: kassenova_lg@mail.ru

Калтаев Абдулла Габдылманапулы, PhD, ассоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail:abdulla911@mail.ru

Курабаев Искандер Казбекович, старший преподаватель, «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина», Энергетический факультет, Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: dernaksi@gmail.com,

Клецель Марк Яковлевич, доктор технических наук, профессор, Торайгыров университет, Факультет энергетики, Павлодар қ, 140008, Республика Казахстан.

Кашлев Александр Романович, магистрант кафедры АПП по специальности «6М070200 – Автоматизация и управление», «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникаций, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, sanya.kashlev.2012@mail.ru

Кислов Александр Петрович, кандидат технических наук, декан, Торайгыров Университет, Факультет энергетики, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kis-lov@mail.ru

Казтаев Гафу Шахизатович, магистрант кафедры АПП по специальности «6М070200 – Автоматизация и управление», «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникаций, г. Караганда,100027, Республика Казахстан, e-mail: gafu.kaztayev@gmail.com

Қасым Руслан Тоқтасынұлы, сениор – лектор, магистр, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, kasym.ruslan@gmail.com

Кияткина Виктория Николаевна, магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: vika-vasilevich@mail.ru

Лукпанов Рауан Ермагамбетович, PhD, профессор, «Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева» Архитектурно-строительный факультет, Астана,010008,Республика Казахстан, e-mail: rauan_82@mail.ru,

Мамиков Сатмурза, старший преодаватель, Университет дружбы народов имени академика А. Куатбекова, Шымкент, Республика Казахстан, 160001, e-mail: Satmyrza85@mail.ru

Мехтиев Али Джаванширович, ассоц. профессор, доцент Казахского агротехнического университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail:barton.kz@mail.ru

Макзумова Айнура Кажиакпаровна, докторант по специальности «Теплоэнергетика», Евразийский Национальный Университет им.Л.Н.Гумилева, Транспортно-энергетический факультет, Астана, 010000, Республика Казахстан, 96_ainura@bk.ru

Мусетова Балауса Қуанышқызы, магистрант по специальности «8М06104 – Вычислительная техника и программное обеспечение», Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет им. Л. Н.Гумилева, г. Астана, 010001, Республика Казахстан, balaussa_22@mail.ru

Марковский Вадим Павлович, кандидант технических наук, ассоц. профессор (доцент), Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: wadim54@mail.ru

Машрапов Бауыржан Ерболович, PhD, постдокторант, Торайгыров университет, Факультет энергетики, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: bokamashrapov@mail.ru

Мергалимова Алмагуль Каирбергеновна, PhD, заведующая кафедры «Теплоэнергетика» Казахского агротехнического университета имени Сакена Сейфуллина, доктор, «Казахский агротехнический университет имени

Сакена Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан, Z05M6G3, e-mail: almagul_mergalimova@mail.ru

Мамырбаева Индира Кабдракымовна, старший преподаватель Казахского агротехнического университета имени Сакена Сейфуллина, кандидат физико-математических наук, «Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан, Z05M6G3, e-mail: torikbaur@mail.ru

Нурмаганбетова Жанара Сахитовна, старший преподаватель, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникации, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: zhanara1030@mail.ru

Нурмаганбетова Гулим Сахитовна, PhD, старший преподаватель, Факультет энергетики, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана 010000 Республика Казахстан, e-mail: g_sahitovna@mail.ru

Новожилов Александр Николаевич, профессор кафедры «Электроэнергетика», доктор технических наук, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, novozhilova_on@mail.ru

Новожилов Тимофей Александрович, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» кандидат технических наук, Омский государственный технический университет, Омск, 644000, Российская Федерация, e-mail: timokvey@mail.ru.

Нахан Сауле Нурмановна, магистрант по специальности «Электроэнергетика», Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева" Кафедра «Электроснабжение и возобновляемые источники энергии», Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: nakhansaule99@mail.ru

Огаркова Анастасия Игоревна, Магистр, докторант, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университеті, Костанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail:ogarkova.anastasia@mail.ru

Оразова Динара Казбековна, PhD, ассоц. профессор, Торайгыров университет, Факультет Инженерии, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: dinarzhan_84@mail.ru

Омаров Батырхан, Phd Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан, 050040 , e-mail: batyahan@gmail.com

Олжабаева Карлыгаш Сериковна, PhD, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: k.olzhabayeva@aues.kz,

Потапенко Александра Олеговна, доктор phD Торайгыров Университет, 140007 Республика Казахстан, г. Павлодар. e-mai: alxopt@gmail.com ORCID 0000-0002-9523-5333

Рахимбердинова Дилара Муратовна, PhD Постдокторант кафедры «Электротехника и автоматизация, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: Di_lara83@mail.ru

Расмухаметова Айнур Сериковна, старший преподаватель, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, Кафедра Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: a.rasmukhametova@aues.kz

Саканов Қуандық Тимирович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Торайғыров университеті, Инженерлік факультеті, Павлодар,140008, Қазақстан Республикасы, kuan_altei@mail.ru

Сапа Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика», Костанайский региональный университет имени А.Байтурсынова, г. Костанай, 110000,Республика Казахстан, e-mail: engineering_01@mail.ru

Сарсикеев Ермек Жасланович, PhD, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail:sarsikeyev.ermek@yandex.ru

Сатаев Багдат Орынгалиевич, Кандидат технических наук, старший преподаватель, Акмолинский филиал АО «Энергоинформ», г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: sbo_iko@mail.ru

Саракешова Нурбуби Нуркеновна, докторант, «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина», Астана, 010000, e-mail: nurbubi92@mail.ru

Сериков Тансауле Габдыманапович, PhD, ассоц. профессор, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: tansaule_s@mail.ru,

Таткеева Галина Галимзяновна, доктор технических наук, член-корр. НАН РК, заведующая кафедрой «Электроснабжение», «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина», Энергетический факультет, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: tatkeeva@mail.ru

Титко Елена, PhD, профессор, Экономика және мәдениет университетінің ғылым жөніндегі проректоры, Рига, LV-1009, Латвия, e-mail: jelena.titko@eka.edu.lv

Токтарова Айгерим, докторант, Международный Казахско – Турецкий Университет им. Ходжа Ахмет Ясауи, Туркестан, Республика Казахстан, почтовый индекс: 161205, e-mail: toktar.aigerim@list.ru

Тулегулов Амандос, к.ф.м.н., асс. проф. КазУТБ, 010000, г. Астана, Республика Казахстан, e-mail: Tud62@yandex.ru

Талипов Олжас Манарбекович, PhD, профессор, заведующий кафедрой Электротехника и автоматизация, Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e–mail: talipov1980@mail.ru

Талипов Сергей Николаевич, старший преподаватель, Факультет Computer Sciences, Торайгыров университет, Павлодар, 140014, Республика Казахстан, e–mail: talipovsn@gmail.com

Тәңірберген Ақнұр Бағдатқызы, докторант по специальности «Электроэнергетика» Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина, Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: aknur.bahty@mail.ru

Тұрдыбек Балғынбек, Сениор - лектор, магистр, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e–mail: balgyn.bek.2018@gmail.com

Тлеуленова Гульшат Толеувна, PhD, и.о.доцента, «Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева»,Архитектурно-строительный факультет, г. Астана,010008,Республика Казахстан, e–mail: gulshattleulenova23@mail.ru

Утегулов Арман Болатбекович, кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Электроснабжение», Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, г. Астана, 010011, Республика Казахстан, e-mail: utegulov76@mail.ru

Хабдуллин Асет Бакирович, Phd доктор электроэнергетики , Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: aset85@mail.ru

Хабдуллина Гульдана Абдухалыковна, докторант по специальности «Электроэнергетика», Костанайский региональный университет имени А.Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан, e-mail: guldana.sadyrbek@mail.ru

Шарипов Рустем Байзуллович, Магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: asbizh@mail.ru

Шайхслам Такибайулы, магистр,старший преподаватель, Факультет инженерий, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, takibai@mail.ru,

Ыбрай Султан, магистр технических наук, ассистент кафедры «Теплоэнергетика» Казахского агротехнического университета имени Сакена Сейфуллина, «Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан, Z05M6G3, e-mail: sultan_energy@mail.ru

Эшреф Адали, PhD, профессор, Стамбул техникалық университеті, Стамбул, Түркия Республикасы, adali@itu.edu.tr

Юсупова Асель Оразовна, PhD Торайгыров Университет, 140007 Республика Казахстан, г. Павлодар, e-mai: aselasp@mai.ru ORCID 0000-0001-5516-3024.

Ярославцев Михаил Викторович, кандидат технических наук, ассоц. профессор, Факультет энергетики Торайгыров Университет, , г. Павлодар,140008, Республика Казахстан, e-mail: myaroslav54@6 gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Abzhekeeva Aizhan Zeynelgabidenovna, teacher, Toraigyrov University, Pavlodar, 140000, Kazakhstan, e-mail: a_abzhekeeva@mail.ru

Avdeev Leonid Anatolyevich, Associate Professor Department of APP, Faculty of Energy, Automation and Telecommunications, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: avdeev@kstu.kz

Andreyeva Oksana Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electrical Engineering and Au-tomation, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: andreyeva.oa @mail.ru

Anarbayev Alibek Yersainovich, Senior Lecturer, Faculty of Energy, Toraighyrov Uni-, Pavlodar, 140008, Republic Kazakhstan, e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

Anuarbekov Maksat Arganatovich, doctoral student in «Thermal power engineering» «Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin», Faculty of Energy, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, ma-0795@mail.ru

Akaev Aibek Muratbekovich, PhD, Associate Professor, D. Serikbayev EKTU, Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan, e-mail: aybek.akaev.vko_81@mail.ru

Assainov Gibrat Zholamanovich, Ph.D, senior lecturer, Faculty of Energy, Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, 010000, The Republic of Kazakhstan, e-mail: 007giba@mail.ru

Alimbekova Nazym Akhatovna, doctoral student in «8D06104 – Computer Engineering and Software», Faculty of Information Technologies, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: nazakhatovna@mail.ru

Azhibekova Zhanar, Candidate of pedagogical sciences Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, 050054 Republic of Kazakhstan, e-mail: azhibekovazhanar70@gmail.com

Alimbekova Nazym Akhatovna, doctoral student in «8D06104 – Computer Engineering and Software», Faculty of Information Technologies, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: nazakhatovna@mail.ru

Alshyn Altybayev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Energy Supply, Information Technology and Machine Testing, Scientific and Production Center of AgroEngineering, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: narikovich@yandex.ru

Akishev Karshyga, Candidate of Technical Sciences, associofe professor, Kazutb, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: akmail04cx@mail.ru

Aidymbayeva Zhanar Abdeshevna, PhD, docent, Gumarbek Daukeyev «Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: diararu@mail.ru

Akanova Akerke Saparovna, PhD, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, 010000, Astana, Republic of Kazakhstan, e-mail: akerkegansaj@mail.ru

Altynbekova Aliya Doszhankyzy, PhD student, Faculty of Architecture and Civil Engineering, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010008, e-mail: Kazakhstan, kleo-14@mail.ru

Baimakhanova Aigerim Sattarovna, Doctoral student in «Information system» EP, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, 161200, Republic of Kazakhstan, e-mail: aygerim.baymakhanova@ayu.edu.kz

Berkimbayev Kamalbek Meirbekovich, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University Turkistan 161200 Republic of Kazakhstan kamalbek.berkimbaev@yandex.kz

Bulatbaeva Yulia Felixovna, PhD, acting docent Department of «Automation of manufacturing processes», Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: julia_my_angel@mail.ru

Bondartsev David Yu, PhD, associate professor, G. Daukeev, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Institute of Thermal Power Engineering and Control Systems, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: d.bondartsev@aues.kz

Bobrov Vladimir Yakovlevich, General Director of Kazenergokabel JSC, Pavlodar, 140000, North Industrial Zone, Building № 6/2, Republic of Kazakhstan, e-mail: 953557@mail.ru

Beldeubayeva Zhanar Toleubayeva, PhD, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: zh.beldeubayeva@mail.ru

Barukin Alexsandr Sergeevich, PhD, assoc. professor, Toraighyrov University, Faculty of Energy, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, alexbarukin@mail.ru

Voitkevich Sofya Valentinovna, Senior Lecturer Department of APP, Faculty of Energy, Automation and Telecommunications, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: sofiya_v@kstu.kz

Vernitskas Pavel Aleksandrovich, doctoral student in «Heat Power Engineering» of the Institute of Thermal Power Engineering and Control Systems, Department of Thermal Power Plants, specialty, G. Daukeev Almaty University of Energy and Communications, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: p.vernitskas@aues.kz

Gerassimenko Tatyana Sergeevna, Candidate of Technical, Sciences, Senior Lecturer, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: melary-5@mail.ru

Genbach Alexander A. D.t.s professor, G. Daukeev, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Institute of Thermal Power Engineering and Control Systems, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: a.genbach@aues.kz

Genbach Natalia A., associate professor, G. Daukeev Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Institute of Electrical Stations and Electric Power Systems, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, n.genbach@aues.kz

Gluchshenko Tatiana Ivanovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Engineering and Technical Institute, Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: tatyana194@inbox.ru

Dostiyarov Abay Mukhamediyarovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Institute of Thermal Power Engineering and Control Systems, Department of Thermal Power Plants, G. Daukeev Almaty University of Energy and Communications, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: dost51@mail

Jantimirov Aidarbek Medelbekovich, deputy chief power engineer, «Aluminiy Kazakhstana» JSC, Eastern Industrial Zone, Building № 65, Republic of Kazakhstan, e-mail: aidardzhan89@gmail.com

Yessekeeva Mnaura Zhumagalievna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, docent, Esil University, Astana, Z01C1E7, Republic of Kazakhstan, yesekeeva49@mail.ru

Erdenov Ardak Zhaslanovich, master student, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ardak_7e@mail.ru

Erzhigitov Erkin, Candidate of Technical Sciences, Laboratory of Energy Supply, In-formation Technology and Testing of Machines, Scientific and Production Center of Agro-Engineering, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: erzhan@yandex.ru

Zhumadillayeva Ainur Kanadilovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Faculty of Information Technologies, L. N. Gumilyov

Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ay8222@mail.ru

Zhetpisbayeva Ainur Tursynkanovna, PhD, associate professor, S.Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, aigulji@mail.ru

Zhumadirova Aliya Kairullovna, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: aliazk@mail.ru

Iskakov Ruslan Maratbekovich, PhD, associate Professor (docent), Saken Seifullin Kazakh Agro Technical University, Acting Professor Candidate of Technical Sciences, Astana, Z05M6G3, Republic of Kazakhstan, e-mail: rus.iskakov79@mail.ru tel.

Issenov Sultanbek Sansyzbayevich, Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor (docent), Dean of the Energy Faculty Saken Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Z05M6G3, Republic of Kazakhstan, e-mail: isenov_sultan@mail.ru tel.

Issabekov Zhanat Beisembayevich, PhD, Associate Professor, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asbizh@mail.ru

Issabekova Bibigul Beisembayevna, PhD, Associate Professor, Faculty of Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asbizh@mail.ru

Issabekov Dauren Dzhambulovich, PhD, postdoctoral fellow, Faculty of Energetics, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: Dauren_pvl2012@mail.ru

Ismukhambetov Azamat Maratovich, chief power engineer «Aluminiy Kazakhstana» JSC, Eastern Industrial Zone, Building № 65, Republic of Kazakhstan, e-mail: aza.nomad@mail.ru

Iskendirova Gulzipa Sarybaykyzy, teacher, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, 161200, Republic of Kazakhstan, gulzipa.iskendirova@ayu.edu.kz

Imanzhanova Kulbarchin Tleukanovna, Master's degree, senior lecturer. S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, F01T9H5, Republic of Kazakhstan, e-mail: kuba_6164@mail.ru

Issayeva Zhazira Rakhatdinovna, PhD, senior lecturer, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, 010000, The Republic of Kazakhstan, e-mail: zhozi_maggi@mail.ru

Koshkin Igor Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, associate Professor, Department of Electrical Power Engineering, Kostanay Regional

University named after A. Baitursynov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: elektroenergetika@mail.ru

Kosymbaev Rauan Bolatovich, student in «Electric Power Engineering», Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: kosymbaev.r@gmail.com

Konysbayev Yerkegali, Engineer, Laboratory of Energy Supply, Information Technology and Testing of Machines, Agro-Engineering Research and Production Center, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ermek@yandex.ru

Kolesnikov Evgeny Nikolaevich, PhD, Postdoctoral student, Department of Electrical Engineering and Automation, «Electric Power Engineering», Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, jeka89_pvl@mail.ru

Karmanov Amangeldy Erbolovich, PhD, associate professor, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Kazakhstan, e-mail: aman270685@mail.ru

Kassenova Leila Galimbekovna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Esil University, Astana, Z01C1E7, Republic of Kazakhstan, e-mail: kassenova_lg@mail.ru

Kaltayev Abdulla Gabdylmanapuly, Associate Professor, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: abdulla911@mail.ru

Kurabayev Iskander Kazbekovich, senior lecturer, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, 10000, Republic of Kazakhstan, e-mail: dernaksi@gmail.com

Kletsel Mark Yakovlevich, Doctor of Technical Sciences, professor, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

Kashlev Alexander Romanovich, Masters student Department of APP, specialty 6M070200 – Automation and Control, Faculty of Energy, Automation and Telecommunications, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: sanya.kashlev.2012@mail.ru

Kislov Alexandr Petrovich, Candidate of Technical Sciences, dean of Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kislov@mail.ru

Kaztayev Gafu Shakhizatovich, Masters student Department of APP, specialty 6M070200 – Automation and Control, Faculty of Energy, Automation and Telecommunications, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: gafu.kaztayev@gmail.com

Kassym Ruslan Toktasynuly, Master, senior lecturer, Academy of Logistics and Transport, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kasym.ruslan@gmail.com

Kiyatkina Viktoriya Nikolaevna, Master's student, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan e-mail: vika-vasilevich@mail.ru

Lukpanov Rauan Ermagambetovich, PhD, Professor, L.N.Gumilyov Eurasian National University - Faculty Of Architecture and Construction, Astana, 010008, Republic of Kazakhstan, rauan_82@mail.ru

Mamikov Satmurza, senior lector, sacademician A. Kuatbekov,University of friendship of people' Shymkent, 16000, Republic of Kazakhstan, e-mail: Satmyrza85@mail.ru

Mehdiyev Ali Dzhavanshirovich, associate professor, S. Seifullin, Kazakh AgroTechnical University Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: barton.kz@mail.ru

Makzumova Ainura Kazhiakparovna, PhD student in the specialty of Thermal Power Engineering, transport and Energy Faculty,L. N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, 96_ainura@bk.ru

Musetova Balausa Kuanyshkyzy, master student in «8D06104 - Computer Engineering and Software», Faculty of Information Technologies, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, balaussa_22@mail.ru

Markovskiy Vadim Pavlovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Faculty of Energetics, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: wadim54@mail.ru

Mashrapov Bauyrzhan Erbolovich, PhD, postdoctoral student, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: bokamashrapov@mail.ru

Mergalimova Almagul Kairbergenovna, PhD, Head of the Department of Thermal Power Engineering, Seifullin, Kazakh Agrotechnical University named after Saken, Astana, Republic of Kazakhstan, e-mail: almagul_mergalimova@mail.ru

Mamyrbayeva Indira Kabdrakymovna, Senior Lecturer of the Kazakh Agrotechnical University named after Saken Seifullin, Candidate of Physical and Mathematical Sciences (PhD), Saken Seifullin Kazakh Agro Technical University Non-Commercial Joint-Stock Company, Astana, Z05M6G3, Republic of Kazakhstan, e-mail: torikbaur@mail.ru

Nurmaganbetova Zhanara, Sakhitovna, senior lecturer, Faculty of Energy, Automation and Telecommunications, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhanara1030@mail.ru

Nurmaganbetova Gulim Sakhitovna, Ph.D, senior lecturer, Faculty of Energy, Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, 010000, The Republic of Kazakhstan, e-mail: g_sahitovna@mail.ru

Novozhilov Alexander Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Electric Power Engineering», Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: novozhilova_on@mail.ru

Novozhilov Timofey Alexandrovich, Associate Professor of the Department «Power Supply of Industrial Enterprises», Candidate of Technical Sciences, Omsk State Technical University, Omsk, 644000, Russian Federation, e-mail: timokvey@mail.ru

Nakhan Saule Nurmanovna, master's student in «Electrical Engineering» «Almaty University of Power Engineering and telecommunications named after Gumarbek Daukeev», «Power supply and renewable energy department», Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: nakhansaule99@mail.ru,

Ogarkova Anastasia, Master's degree, doctoral student, Kostanay regional University named after A. Baitursynov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ogarkova.anastasia@mail.ru

Orazova Dinara Kazbekovna, PhD, associate professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar,140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: dinarzhan_84@mail.ru,

Omarov Batyrhan, Phd, AL-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050040, e-mail: batyahan@gmail.com

Olzhabayeva Karlygash Serikovna, PhD, «Electrical Engineering», «Almaty University of Power Engineering and telecommunications named after Gumarbek Daukeev», Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: k.olzhabayeva@aues.kz,

Potapenko Alexandra Olegovna, PhD Toraigyrov University, address: 140007 Republic of Kazakhstan, Pavlodar. e-mail: alxopt@gmail.com ORCID 0000-0002-9523-5333

Рахимбердинова Дилара Муратовна, PhD Postdoctoral student of the Department of Electrical Engineering and Auto mation, «Electric Power Engineering», Toraigyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: Di_lara83@mail.ru

Rasmukhametova Ainur, Senior lecturer, «Almaty University of Power Engineering and telecommunications named after Gumarbek Daukeev», Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: a.rasmukhametova@aues.kz

Sakanov Kuandyk Timirovich, candidate of technical sciences , Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar,140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kuan_altei@mail.ru

Sapa Vladimir Yuryevich, candidate of technical sciences, associate Professor of the Department of Electrical Power Engineering, Kostanay regional University named after A. Baitursynov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: engineering_01@mail.ru

Sarsikeev Yermek Zhaslanovich, PhD, Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail:sarsikeyev.ermek@yandex.ru

Sataev Bagdat Oryngalievich, Candidate of Technical Sciences, senior lecturer, Akmola branch of JSC «Energoinform», Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: sbo_iko@mail.ru

Sarakeshova Nurbubi Nurkenovna, doctoral student, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: nurbubi92@mail.ru

Serikov Tansaule Gabdymanapovich, PhD, associate professor, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: tansaule_s@mail.ru

Tatkeyeva Galina Galimzyanovna, Doctor of Technical Sciences, corresponding member of the NAS RK, head of the Department of Electric power supply, Faculty of Energy, S,Seifullin Kazakh Agro Technical University, Faculty of Energy, Faculty of Energy, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: tatkeeva@mail.ru

Titko Jelena, Doctor, Professor, Vice-Rector for Science, University of Economics and Culture, Riga, LV-1009, Latvia, e-mail: jelena.titko@eka.edu.lv

Toktarova Aigerim, doctoral student, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh – Turkish 161205 University, Turkistan, Republic of Kazakhstan, e-mail: toktar.aigerim@list.ru

Tulegulov Amandos, c.t.s., ass. prof. Kazutb, 010000, Astana, Republic of Kazakh-stan, e-mail: Tud62@yandex.ru

Talipov Olzhas Manarbekovich, PhD, professor, head of the Department of Electrical Engi-neering and Automation, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: talipov1980@mail.ru

Tangirbergen Aknur Bagdatkyzy, doctoral student in the specialty Electric power industry, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: aknur.bahty@mail.ru

Turdybek Balgynbek, master, senior lecture, Academy of Logistics and Transport, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, balgyn.bek.2018@gmail.com

Talipov Sergey Nikolaevich, senior lecturer, Faculty of Computer Sciences, Toraigyrov University, Pavlodar, 140014, Republic of Kazakhstan, e-mail: talipovsn@gmail.com ,

Tleulenova Gulshat Toleuvna, PhD, Acting Associate Professor, Faculty of Architecture and Civil Engineering L.N. Gumilyov Eurasian National University, , Astana, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: gulshattleulenova23@mail.ru

Utegulov Arman Bolatbekovich, Candidate of Technical sciences, associate professor of the Department of Power Supply, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: utegulov76@mail.ru

Khabdullin Asset Bakirovich, Phd Doctor of Electrical Engineering,S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: aset85@mail.ru

Khabdullina Guldana Abdukhalykovna, doctoral student in the specialty Electric power industry, Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: guldana.sadyrbek@mail.ru

Lukpanov, R. E. PhD, Professor, Faculty of Architecture and Construction, L. N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010008, Republic of Kazakhstan,e-mail: rauan_82@mail.ru,

Sharipov Rustem Baizullovich, master's student, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asbizh@mail.ru

Takibayuly Shaikhslam, Master, senior lecturer, Toraighyrov University, Faculty of Engineering, Pavlodar,140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: takibai@mail.ru

Ybrai Sultan, Master of Technical Sciences, assistant, S. Seifullin, Kazakh AgroTechnical University, Astana, Z05M6G3 Republic of Kazakhstan, e-mail: almagul_mergalimova@mail.ru

Эшреф Адали, Eşref Adalı, PhD, professor, Istanbul Technical University, Istanbul, Republic of Turkey, e-mail: adali@itu.edu.tr

Yussupova Assel Orazovna, PhD, Toraighyrov University, 140007, Pavlodar, Republic of Kazakhstan, e-mail: : aselasp@mai.ru, ORCID 0000-0001-5516-3024

Yaroslavtsev Mikhail Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Faculty of Energy, Torayghyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: myaroslav54@ gmail.com

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ («ВЕСТНИК ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА», «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 либо того же автора в составе коллектива соавторов.**

***Количество соавторов одной статьи не более 5.**

***Степень оригинальности статьи должна составлять не менее 60 %.**

***Направляемые статьи не должны быть ранее опубликованы, не допускается последующее опубликование в других журналах, в том числе переводы на другие языки.**

***Решение о принятии рукописи к опубликованию принимается после проведения процедуры рецензирования.**

***Рецензирование проводится конфиденциально («двустороннее слепое рецензирование»), автору не сообщается имя рецензента, а рецензенту – имя автора статьи.**

***Статьи отправлять вместе с квитанцией об оплате. Стоимость публикации в журнале за страницу 1000 (одна тысяча) тенге, включая статьи магистрантов и докторантов в соавторстве с лицами с ученой степенью.**

*** Оплата за статью не возвращается в случае, если статья отклонена антиплагиатом или рецензентом. Автор может повторно отправить статью на антиплагиат или рецензензирование 1 раз.**

Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям, 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).*

Структура научной статьи включает название, аннотации, ключевые слова, основные положения, введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение, выводы, информацию о финансировании (при наличии), список литературы (используемых источников) к каждой статье, включая романизированный (транслитерированный латинским алфавитом) вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках) *см. ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.*

Статья должна содержать:

1 **МРНТИ** (Межгосударственный рубрикатор научной технической информации);

2 **DOI** – после МРНТИ в верхнем правом углу (присваивается и заполняется редакцией журнала);

3 **Фамилия, имя, отчество (полностью)** автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках *(жирным шрифтом, по центру),* **главного автора пометить символом (*);**

4 **Ученая степень, ученое звание;**

5 **Аффилиация** (факультет или иное структурное подразделение, организация (место работы (учебы)), город, почтовый индекс, страна) – на казахском, русском и английском языках;

6 **E-mail;**

7 **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, прописными буквами, жирным шрифтом, по центру, на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий);*

8 **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 либо немецком языках *(рекомендуемый объем аннотации – не менее 150, не более 300 слов, курсив, нежирным шрифтом, кегль – 12 пунктов, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец);*

9 **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования *(оформляются на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий; кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 1 см.).* Рекомендуемое количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3. Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (см. образец);

10 **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

- **Введение / Кіріспе / Introduction** *(абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).* Обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы. Актуальность темы определяется общим интересом к изученности данного объекта, но отсутствием исчерпывающих ответов на имеющиеся вопросы, она доказывается теоретической или практической значимостью темы.

- **Материалы и методы** *(абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).* Должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

- **Результаты и обсуждение** *(абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).* Приводится анализ и обсуждение полученных вами результатов исследования. Приводятся выводы по полученным в ходе исследования результатам, раскрывается основная суть. И это один из самых важных разделов статьи. В нем необходимо провести анализ результатов своей работы и обсуждение соответствующих результатов в сравнении с предыдущими работами, анализами и выводами.

- **Информацию о финансировании** *(при наличии) (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).*

- **Выводы / Қорытынды / Conclusion** *(абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).*

Выводы – обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором, и заключение автора об изменении научного знания с учетом полученных результатов. Выводы не должны быть абстрактными, они должны быть использованы для обобщения результатов исследования в той или иной научной области, с описанием предложений или возможностей дальнейшей работы.

- **Список использованных источников / Пайдаланған деректер тізімі / References** *(жирными буквами, кегль – 14 пунктов, в центре)* включает в себя:

Статья и список использованных источников должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 *(см. образец).*

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 читателям для ознакомления, как смежные работы, проводимые параллельно. *Объем не менее 10 не более чем 20 наименований* (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). В случае наличия в списке использованных источников работ, представленных на кириллице, необходимо представить список литературы в двух вариантах: первый – в оригинале, второй – романизированный (транслитерация латинским алфавитом) вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках) *см. ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.*

Романизированный список литературы должен выглядеть следующим образом:

автор(-ы) (транслитерация) → название статьи в транслитерированном варианте → [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках] → название казахоязычного либо русскоязычного источника (транслитерация, либо английское название – если есть) → выходные данные с обозначениями на английском языке.

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 электронном варианте приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (номер телефона для связи редакции с авторами, не публикуются);

Сведения об авторах

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Фамилия Имя Отчество (полностью)		
Должность, ученая степень, звание		
Организация		
Город		
Индекс		

Страна		
E-mail		
Телефон		

Информация для авторов

Для статей, публикуемых в Научном журнале Торайгыров университет. Химико-биологическая серия, требуется экспертное заключение.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

Если статья отклонена антиплагиатом или рецензентом статья возвращается автору на доработку. Автор может повторно отправить статью на антиплагиат или рецензензирование 1 раз. 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)

Сроки подачи статьи:

- первый квартал до 10 февраля;
- второй квартал до 10 мая;
- третий квартал до 10 августа;
- четвертый квартал до 10 ноября.

Статьи отправлять вместе с квитанцией об оплате. Стоимость публикации в журнале за страницу 1000 (одна тысяча) тенге, включая статьи магистрантов и докторантов в соавторстве с лицами с ученой степенью.

Статью (электронную версию, и квитанции об оплате) следует направлять на сайт: www.vestnik-energy.tou.edu.kz. Для подачи статьи на публикацию необходимо пройти регистрацию на сайте.

140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,
НАО «Торайгыров университет»,
Издательство «Toraighyrov University», каб. 137.
Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).
E-mai1: **kereku@tou.edu.kz**

Наши реквизиты:

НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	Приложение kaspi.kz Платежи – Образование –Оплата за ВУЗы –Заполняете все графы (в графе Факультет укажите «За публикацию в научном журнале, название журнала и серии»)
АО «Jýsan Bank» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKKZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861	

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

МРНТИ 14.37.27

DOI xxxxxxxxxxxxxx

***С. К. Антикеева**
Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ СОЦИАЛЬНЫХ РАБОТНИКОВ ЧЕРЕЗ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

В данной статье представлена теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, которая разработана в рамках докторской диссертации «Формирование личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации». В статье приводятся педагогические аспекты самого процесса моделирования, перечислены этапы педагогического моделирования. Представлены методологический, процессуальный (технологический) и инструментальный уровни модели, ее цель, мониторинг сформированности искомых компетенций, а также результат. В модели показаны компетентностный, личностно-ориентированный и практико-ориентированный педагогические подходы, закономерности, принципы, условия формирования выбранных компетенций; описаны этапы реализации процесса формирования, уровни сформированности личностных и профессиональных компетенций. В разделе практической подготовки предлагается интерактивная работа в системе слушатель-преподаватель-группа, подразумевающая личное участие каждого специалиста, а также открытие первого в нашей стране Республиканского общественного объединения «Национальный альянс профессиональных социальных работников». Данная модель подразумевает под собой дальнейшее совершенствование и самостоятельное развитие личностных и профессиональных компетенций социальных работников. Это позволяет увидеть в модели эффективность реализации курсов повышения квалификации, формы, методы и средства работы.

Ключевые слова: теоретическая модель, компетенции, повышение квалификации, социальные работники.

Введение

Социальная работа – относительно новая для нашей страны профессия. Поэтому обучение социальных работников на современной стадии не характеризуется наличием достаточно разработанных образовательных стандартов, которые находили бы выражение в формулировке педагогических целей, в содержании, технологиях учебного процесса.

Продолжение текста публикуемого материала

Материалы и методы

Теоретический анализ научной психолого-педагогической и специальной литературы по проблеме исследования; анализ законодательных и нормативных документов по открытию общественных объединений; анализ содержания программ курсов повышения квалификации социальных работников; моделирование; анализ и обобщение педагогического опыта; опросные методы (беседа, анкетирование, интервьюирование); наблюдение; анализ продуктов деятельности специалистов; эксперимент, методы математической статистики по обработке экспериментальных данных.

Продолжение текста публикуемого материала

Результаты и обсуждение

Чтобы понять объективные закономерности, лежащие в основе процесса формирования и развития личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, необходимо четко представлять себе их модель.

Продолжение текста публикуемого материала

Выводы

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации содержит три уровня ее реализации.

Продолжение текста публикуемого материала

Список использованных источников

1 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : сущность, эффективность и неопределенность [Текст] // Педагогика. – 2003. – № 4. – С. 22.

2 **Кузнецова, А. Г.** Развитие методологии системного подхода в отечественной педагогике : монография [Текст]. – Хабаровск : Изд-во ХК ИППК ПК, 2001. – 152 с.

3 **Каропа, Г. Н.** Системный подход к экологическому образованию и воспитанию (На материале сельских школ) [Текст]. – Минск, 1994. – 212 с.

4 **Штофф, В. А.** Роль моделей в познании [Текст] – Л. : ЛГУ, 1963. – 128 с.

5 **Таубаева, Ш.** Методология и методика дидактического исследования : учебное пособие [Текст]. – Алматы : Казак университеті, 2015. – 246 с.

6 **Дахин, А. Н.** Моделирование компетентности участников открытого образования [Текст]. – М. : НИИ школьных технологий 2009. – 290 с.

7 **Дахин, А. Н.** Моделирование в педагогике [Текст] // Идеи и идеалы. – 2010. – № 1(3). – Т. 2 – С. 11–20.

8 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : монография [Текст]. – Новосибирск : Изд-во НИПКиПРО, 2005. – 230 с.

9 **Аубакирова, С. Д.** Формирование деонтологической готовности будущих педагогов к работе в условиях инклюзивного образования : дисс. на соиск. степ. д-ра филос. (PhD) по 6D010300 – Педагогика и психология [Текст] – Павлодар, 2017. – 162 с.

10 **Арын, Е. М., Пфейфер, Н. Э., Бурдина, Е. И.** Теоретические аспекты профессиональной подготовки педагога XXI века : учеб. пособие [Текст]. – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова; СПб. : ГАФКиС им. П. Ф. Лесгафта, 2005. – 270 с.

References

1 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovanie : suschnost, effectivnost i neopredelennost [Pedagogical modeling : essence, effectiveness, and uncertainty] [Text]. In Pedagogy. – 2003. – № 4. – P. 22.

2 **Kuznetsova, A. G.** Razvitie metodologii sistemnogo podhoda v otechestvennoi pedagogike [Development of the system approach methodology in Russian pedagogy : monograph] [Text]. – Khabarovsk : Izd-vo KhK IPPK PK, 2001. – 152 p.

3 **Karopa, G. N.** Sistemnyi podhod к ecologicheskomu obrazovaniu i vospitaniu (Na materiale selskih shkol) [The systematic approach to environmental education and upbringing (Based on the material of rural schools)] [Text] – Minsk, 1994. – 212 p.

4 **Shtoff, V. A.** Rol modelei v poznanii [The role of models in cognition] [Text] – L. : LGU, 1963. – 128 p.

5 **Taubayeva, Sh.** Metodologiya i metodika didakticheskogo issledovaniya : uchebnoe posobie [Methodology and methods of educational research : a tutorial] [Text] – Almaty : Kazak University, 2015. – 246 p. c.

6 **Dahin, A. N.** Modelirovanie kompetentnosti uchastnikov otkrytogo obrazovaniya [Modeling the competence of open education participants] [Text] – Moscow : NII shkolnyh tehnologii, 2009. – 290 p.

7 **Dahin, A. N.** Modelirovanie v pedagogike [Modeling in pedagogy] [Text]. In Idei i idealy. – 2010. – № 1(3). – T. 2 – P. 11–20.

8 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovanie : monographia [Pedagogical modeling : monograph] [Text]. – Novosibirsk : Izd-vo NIPKиPRO, 2005. – 230 p.

9 **Aubakirova, S. D.** Formirovaniye deontologicheskoi gotovnosti buduschih pedagogov к rabote v usloviyah inklusivnogo obrazovaniya : dissertaciya na soiskanie stepeni doctora filosofii (PhD) po specialnosti 6D010300 – Pedagogika i psihologiya. [Formation of deontological readiness of future teachers to work in inclusive education : dissertation for the degree of doctor of philosophy (PhD) in the specialty 6D010300- Pedagogy and psychology] [Text] – Pavlodar, 2017. – 162 p.

10 **Aryn, E. M., Pfeifer, N. E., Burdina, E. I.** Teoreticheskie aspekty professionalnoi podgotovki pedagoga XXI veka : ucheb. posobie [Theoretical aspects of professional training of a teacher of the XXI century : textbook] [Text] – Pavlodar : PGU im. S. Toraigyrov PSU; St.Petersburg. : GAFKiS im. P. F. Lesgafta, 2005. – 270 p.

С. К. Антикеева
Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

БІЛІКТІЛІКТІ АРТТЫРУ КУРСТАРЫ АРҚЫЛЫ ӘЛЕУМЕТТІК ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ ҚҰЗІРЕТТІЛІКТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ МОДЕЛІ

Бұл мақалада «Әлеуметтік қызметкерлердің біліктілігін арттыру курстары арқылы тұлғалық және кәсіби құзіреттіліктерін қалыптастыру» докторлық диссертация шеңберінде әзірленген біліктілікті арттыру курстары арқылы әлеуметтік қызметкерлердің тұлғалық және кәсіби құзыреттілігін қалыптастырудың теориялық моделі ұсынылған. Мақалада модельдеу процесінің педагогикалық аспектілері, педагогикалық модельдеудің кезеңдері келтірілген. Модельдің әдіснамалық, процессуалдық (технологиялық) және аспаптық деңгейлері, оның мақсаты, қажетті құзыреттердің қалыптасу мониторингі, сондай-ақ нәтижесі ұсынылған. Модельде құзыреттілікке, тұлғаға бағытталған және практикаға бағытталған педагогикалық тәсілдер, таңдалған құзыреттерді қалыптастыру заңдылықтары, қағидаттары, шарттары көрсетілген; қалыптасу процесін іске асыру кезеңдері, жеке және кәсіби құзыреттердің қалыптасу деңгейлері сипатталған. Практикалық дайындық бөлімінде тыңдаушы-оқытушы-топ жүйесінде интерактивті жұмыс ұсынылады, ол әр маманның жеке қатысуын, сондай-ақ елімізде алғашқы «кәсіби әлеуметтік қызметкерлердің ұлттық альянсы» республикалық қоғамдық бірлестігінің ашылуын білдіреді. Бұл модель

әлеуметтік қызметкерлердің жеке және кәсіби құзыреттерін одан әрі жетілдіруді және тәуелсіз дамытуды білдіреді. Бұл модельде біліктілікті арттыру курстарын іске асырудың тиімділігін, жұмыс нысандары, әдістері мен құралдарын көруге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: теориялық модель, құзыреттілік, біліктілікті арттыру, әлеуметтік қызметкерлер.

S. K. Antikeyeva
Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

THEORETICAL MODEL OF FORMATION COMPETENCIES OF SOCIAL WORKERS THROUGH PROFESSIONAL DEVELOPMENT COURSES

This article presents a theoretical model for the formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses, which was developed in the framework of the doctoral dissertation «Formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses». The article presents the pedagogical aspects of the modeling process itself, and lists the stages of pedagogical modeling. The methodological, procedural (technological) and instrumental levels of the model, its purpose, monitoring the formation of the required competencies, as well as the result are presented. The model shows competence-based, personality-oriented and practice-oriented pedagogical approaches, patterns, principles, conditions for the formation of selected competencies; describes the stages of the formation process, the levels of formation of personal and professional competencies. The practical training section offers interactive work in the listener-teacher-group system, which implies the personal participation of each specialist, as well as the opening of the first Republican public Association in our country, the national Alliance of professional social workers. This model implies further improvement and independent development of personal and professional competencies of social workers. This allows you to see in the model the effectiveness of the implementation of advanced training courses, forms, methods and means of work.

Keywords: theoretical model, competencies, professional development, social workers.

Сведения об авторах

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Антикеева Самал Канатовна «Педагогика және психология» мамандығы бойынша докторант «Торайғыров университеті» КЕАҚ, Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдар факультеті, Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Антикеева Самал Канатовна докторант по специальности «Педагогика и психология» НАО «Торайгыров университет», Факультет гуманитарных и социальных наук, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Samal Kanatovna Antikeyeva doctoral student in «Pedagogy and psychology» «Toraighyrov University» NCJSC, Faculty of Humanities and Social Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00

ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ «ВЕСТНИК ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА», «КРАЕВЕДЕНИЕ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»

Редакционная коллегия журналов «Вестник Торайгыров университет», «Краеведение» и «Наука и техника Казахстана» в своей работе придерживается международных стандартов по этике научных публикаций и учитывает информационные сайты ведущих международных журналов.

Редакционная коллегия журнала, а также лица, участвующие в издательском процессе в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, во 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 приложит 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.

Редакционная коллегия не должна раскрывать информацию о принятых к опубликованию рукописей третьим лицам, не являющимся рецензентами, потенциальными рецензентами, членами редакционной коллегии, работниками типографии. Неопубликованные данные, полученные из рукописей, не должны использоваться в личных исследовательских целях без письменного разрешения автора.

Ответственность экспертов (рецензентов)

Рецензенты должны давать объективные суждения и указывать на соответствующие опубликованные работы, которые еще не цитируются. К рецензируемым статьям следует обращаться конфиденциально. Рецензенты будут выбраны таким образом, чтобы не было конфликта интересов в отношении исследования, авторов и / или спонсоров исследования.

Ответственность авторов

Ответственность за содержание работы несет автор. Авторы обязаны вносить исправления, пояснения, опровержения и извинения, если такие имеются.

Автор не должен представлять статью, идентичную ранее опубликованной в другом журнале. В частности, не принимаются переводы на английский либо немецкий язык статей, уже опубликованных на другом языке.

В случае обнаружения в рукописи статьи существенных ошибок автор должен сообщить об этом редактору раздела до момента подписи в печать оригинал-макета номера журнала. В противном случае автор должен за свой счет исправить все критические замечания.

Направляя статью в журнал, автор осознаёт указанную степень персональной ответственности, что отражается в письменном обращении в редакционную коллегию Журнала.

Теруге 13.03.2023 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2023 ж. қол қойылды.
Электронды баспа
3,44 Mb RAM
Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 4039
Сдано в набор 13.03.2023 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.
Электронное издание
3,44 Mb RAM
Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова
Корректор: А. Р. Омарова, Д. А Кожас
Заказ № 4039

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
E-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik-energy.tou.edu.kz