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

№ 4 (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://doi.org/10.48081/SMUR2431
Бас редакторы – главный редактор
Кислов А. П.
к.т.н., доцент
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*
Новожилов Т. А., *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

Адамова А. Д., Оралбекова Ж. О., Жартыбаева М. Г., Ұзаққызы Н., Садвакасова Қ. Ж.
Ақпаратты кодтау әдістері – LDPC мен блоктық кодтарды зерттеу және салыстыру 12
Акимжанов Т. Б., Жумажанов С. К., Исабеков Ж. Б., Амир Е. К.
Электр энергиясының электр желісінде тартылу кезіндегі қосымша шығалары.....23
Аманкельдин Ш. А., Калинин А. А.
Биомассаны газдандыруды жетілдіру: тұрақты энергия өндіру үшін негізгі параметрлерін талдау 35
Ашимова А. К, Бектасова А. А., Шакенов К. Б., Е. А. Сарсенбаев
Электр энергиясын жинақтау жүйелері.....46
Байдилдина А. Т., Алибеккызы К., Бельгинова С. А., Увалиева И. М., Рақышева М. А.
Тұрғын үйлердің микроклиматын (температурасын) бақылау және басқару жүйесінің оңтайландыру 56
Барукин А. С.
Екінші гармоника бойынша құлыптылығы бар геркондарда түрлендіргіш қондырғылардың дифференциалдық қорғанысы 72
Бижанов Н. У., Утебаев Д. Н., Глущенко Т. И.
Күн батареяларын қолданудың техникалық-экономикалық негіздемесі 85
Боргеков Д. Б., Козловский А. Л., Шлимас Д. И., Бергузинов А. Н.
Магнетронды бүрку әдісімен алынған Nb_2O_5-MoN-AlN негізіндегі жұқа қабықшалы жабындардың синтезі және сипаттамасы.....94
Ерболкызы Г., Уахитова А. Б.
Анық емес қатынастар теориясын пайдалана отырып, релелік құрылғылардың дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себептерін анықтау моделін әзірлеу.....107
Есимова Д. Д., Белый А. В., Фаурат А. А., Есім А. Қ., Джанаргалиева М. Р.
Саланы декарбонизациялауға үлес ретінде туризм объектілерінің энергия тиімділігін арттыру 121
Жакупов А. Н., Жакупова А. Т.
Болат бұйымдарының магниттік және механикалық қасиеттерінің корреляция дәлдігіне тәуелділік теңдеуі түрінің әсері 134
Жумалиева А. К., Бахтияр Б. Т., Турсынбаева Г. У., Маханова М. А.
Биогаз қондырғыларының жұмысына қызмет көрсету түрлері 141

Звонцов А. С., Кислов А. П., Кириченко Л. Н., Жалмагамбетова У. К., Андреева О. А.
Оптикалық талшықтардағы толқындық процестердің физикалық негіздерін метрологиялық қамтамасыз ету 152
Исупова Н. А., Дробинский А. В., Талипов О. М.
Ұшақтағы электр жабдықтарын басқару жүйелерінің жобалық құжаттарын құру ерекшеліктері 166
Калтаев А. Г.
N электр қозғалтқыштарын қысқа тұйықталудан қорғауға арналған құрылғы 177
Кошумбаев М. Б., Исенов С. С., Нурмаганбетова Г. С., Искаков Р. М., Ауельбек М. А.
Жел турбинасының тиімділігін арттыру үшін құйынды әсерді қолдану 188
Кузнецова Н. С., Сарсикеев Е. Ж., Оразбекова А. К., Сулейменова Г. О., Сагалбаева А. К.
Электрлік жарылыстың бұзылуы кезіндегі қатты материалдарға соққы толқыны әсерінің сипаттамасы 200
Құттыбай Н. Б., Кусаин М. А., Қошқарбай Н. Ж., Айтбекова Ш. Б., Есен Б. Е.
Күн трекерлерін қолдана отырып, фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігін арттыру 214
Маулет М., Велеба В., Рахадилов Б. К., Сагдолдина Ж. Б., Райсов Н. С.
12Х1МФ ыстыққа төзімді қазандық болатының бетіне алынған Ni-Cr-Al негізіндегі ыстыққа төзімді жабындарынының жоғары температуралық қасиеттері 227
Машрапов Б. Е., Клецель М. Я., Машрапова Р. М., Динмуханбетова А. Ж.
Дұрыстығын бақылаумен максималды ток қорғанысы 238
Мейрханова М. Б., Ойткевич С. В., Иванов В. А., Тохметова К. М., Смагулова К. К.
Машиналық оқыту және интернет заттарына негізделген қалдықтарды басқару жүйесі 247
Никифоров А. С., Кинжибекова А. К., Нуркина Ш. М., Карманов А. Е., Оришевская Е. В.
Қазандық қондырғыларында органикалық қалдықтарды отын ретінде пайдалануды талдау 261
Оспанова Н. Н., Аканова А. С., Байбусинова М. С.
Онлайн курс қосымшасының компьютерлік моделі 273
Оржанова Ж. К., Боканова А. А., Исабеков Ж. Н.
Электр энергетикасында фазалық айналмалы трансформаторларды қолдану перспективалары.....287

Пирманов И. А., Кошеков К. Т., Сейдахметов Б. К., Курбанов Я. М., Асқадұлы Қ.
Цифрлық егіздер технологиясына Аналитикалық платформа моделі.....297
Рахимбердинова Д. М., Новожилов А. Н., Колесников Е. Н., Новожилов Т. А.
Магниттік ток трансформаторларында кен термиялық өндірістің қысқа желісінің ток қорғанысын жетілдіру 311
Смирнов А. П., Риттер Е. С., Савостин А. А., Риттер Д. В., Молдахметов С. С.
Электрөткізгіш орта деңгейінің потенциометриялық өлшегішін сандық модельдеу және өлшегіштің конструкциясын жақсарту 323
Толегенова А. С., Сериков Т. Г., Карабасов А. О. Қасым Р. Т., Тұрдыбек Б.
Кең жолақты антеннаның көмегімен көп чипті деректерді беру тиімділігін арттыру 337
Төлеутай Г., Елубай М., Айткалиева Г., Елемесова Г.
Жетілдірілген сақтау жүйесіне арналған иондық полимерлер ретіндегі полиамфолиттер 348

Авторлар туралы ақпарат 362

Авторларға арналған ережелер.....391

Жарияланым этикасы.....402

СОДЕРЖАНИЕ

Адамова А. Д., Оралбекова Ж. О., Жартыбаева М. Г., Узаккызы Н., Садвакасова К. Ж.
Исследование и сравнение методов кодирования информации – LDPC и блочных кодов.....12
Акимжанов Т. Б., Жумажанов С. К., Исабеков Ж. Б., Амир Е. К.
Добавочные потери электрической энергии при ее распределении в электрической сети 23
Аманкельдин Ш. А. , Калинин А. А.
Улучшение газификации биомассы: анализ ключевых параметров для устойчивого производства энергии 35
Ашимова А. К. , Бектасова А. А., Шакенов К. Б., Сарсенбаев Е. А.
Системы накопления электроэнергии.....46
Байдилдина А. Т., Алибеккызы К. , Бельгинов С. А., Увалиева И. М., Рақышева М. А.
Оптимизация системы мониторинга и управления микроклиматом (температурой) жилого помещения.....56
Барукин А. С.
Дифференциальная защита преобразовательных установок на герконах с блокировкой по второй гармонике 72
Бижанов Н. У., Утебаев Д. Н., Глущенко Т. И.
Технико-экономическое обоснование применения солнечных батарей 85
Боргеков Д. Б., Козловский А. Л., Шлимас Д. И., Бергузинов А. Н.
Синтез и характеризация тонкопленочных покрытий на основе Nb_2O_5-MoN-AlN полученных методом магнетронного напыления 94
Ерболкызы Г., Уахитова А. Б.
Разработка модели определения организационных причин неправильной работы устройств рза с использованием теории нечетких отношений.....107
Есимова Д. Д., Белый А. В., Фаурат А. А., Есім А. Қ., Джанаргалиева М. Р.
Повышение энергоэффективности объектов туризма, как вклад в декарбонизацию отрасли 121
Жакупов А. Н., Жакупова А. Т.
Влияние вида уравнения зависимости на точность корреляции магнитных и механических свойств стальных изделий 134
Жумалиева А. К., Бахтияр Б., Турсунбаева Г. У., Маханова М. А.
Виды обслуживания работы биогазовых установок 141

Звонцов А. С., Кислов А. П., Кириченко Л. Н., Жалмагамбетова У. К., Андреева О. А.
Метрологическое обеспечение физических основ волновых процессов в оптических световодах.....152
Исупова Н. А., Дробинский А. В., ТалиповО. М.
Особенности построения проектной документации систем управления электрическим оборудованием на воздушных судах.....166
Калтаев А. Г.
Устройство для защиты N электродвигателей от коротких замыканий 177
Кошумбаев М. Б., Исенов С. С., Нурмаганбетова Г. С., Искаков Р. М., Ауельбек М. А.
Применение вихревого эффекта для повышения эффективности ветровой турбины.....188
Кузнецова Н. С., Сарсикеев Е. Ж., Оразбекова А. К., Сулейменова Г. О., Сагалбаева А. К.
Характеристика воздействия ударной волны на твердые материалы при электровзрывном разрушении 200
Құттыбай Н. Б., Кусаин М. А., Қошқарбай Н. Ж., Айтбекова Ш. Б., Есен Б. Е.
Повышение эффективности фотоэлектрических систем с использованием солнечных трекеров 214
Маулет М., Велеба В., Рахадилов Б. К. Сагдолдина Ж. Б., Райсов Н. С.
Высокотемпературные свойства термостойких покрытий на основе Ni-Cr-Al, полученных на поверхности жаропрочной котельной стали 12х1МФ.....227
Машрапов Б. Е., Клецель М. Я., Машрапова Р. М., Динмуханбетова А. Ж.
Максимальная токовая защита с контролем исправности.....238
Мейрханова М. Б., В Ойткевич С. В., Иванов В. А., Тохметова К. М., Смагулова К. К.
Система управления отходами на основе машинного обучения и интернета вещей 247
Никифоров А. С., Кинжибекова А. К., Нуркина Ш. М., Карманов А. Е., Оришевская Е. В.
Анализ использования органических отходов в качестве топлива в котельных установках 261
Оспанова Н. Н., Аканова А. С., Байбусинова М. С.
Компьютерная модель приложения для онлайн курса.....273
Оржанова Ж. К., Боканова А. А., Исабеков Ж. Н.
Перспективы применения фазоповоротных трансформаторов в электроэнергетике 287

Пирманов И. А., Кошеков К. Т., Сейдахметов Б. К., Курбанов Я. М., Асқадұлы Қ.
Модель аналитической платформы с технологией Digital Twin 297
Рахимбердинова Д. М., Новожилов А. Н., Колесников Е. Н., Новожилов Т. А.
Совершенствование токовых защит короткой сети рудотермического производства на магнитных трансформаторах тока 311
Смирнов А. П., Риттер Е. С.,Савостин А. А., Риттер Д. В., Молдахметов С. С.
Численное моделирование потенциометрического измерителя уровня электропроводной среде и улучшение конструкции измерителя 323
Толегенова А. С., Сериков Т. Г., Карабасов А. О. Қасым Р. Т., Тұрдыбек Б.
Повышение эффективности многочиповой передачи данных с помощью широкополосной антенны.....337
Толеутай Г., Елубай М., Айткалиева Г., Елемесова Г.
Полиамфолиты как ионные полимеры для современных систем хранения 348

Сведения об авторах.....362

Правила для авторов 391

Публикационная этика 402

CONTENT

Adamova A. D., Oralbekova Zh. O., Zhartybayeva M. G., Uzakkyzy N., Sadvakassova K. Zh.
Research and comparison of information coding methods – LDPC and block codes.....12
Akimzhanov T. B., Zhumazhanov S. K., Issabekov Zh. B., Amir E. K.
Additional losses of electric energy during its distribution in the electric network.....23
Amankeldin Sh. A., Kalinin A. A.
Enhancing biomass gasification: analyzing crucial parameters for sustainable energy production 35
Ashimova A., Bektassova A., Shakenov K., Sarsenbayev Y.
Electricity storage systems.....46
Baydildina A. T., Alibekkyzy K., Belginova S. A., Uvalieva I. M., Rakysheva M. A.
Optimization of the system of monitoring and control of the microclimate (temperature) of a residential room.....56
Barukin A. S.
Differential protection of converter installations on reed switches with second harmonic blocking.....72
Bizhanov N. U., Utebayev D. N., Glushchenko T. I.
Feasibility study of the use of solar panels.....85
Borgekov D. B., Kozlovskiy A. L., Shlimas D. I., Berguzinov A. N.
Synthesis and characterization of thin-film coatings based on Nb_2O_5-MoN-AlN obtained by magnetron sputing method.....94
Yerbolkyzy G., Uakhitova A.
Development of a model for identifying organizational causes of malfunctions in protection relays and automation devices using fuzzy relation theory.....107
Yessimova D. D., Belyi A. V., Faurat A. A., Yessim A. Q., Janargaliyeva M. R.
Improving the energy efficiency of tourism facilities as a contribution to the decarbonization of the industry.....121
Zhakupov A., Zhakupova A.
Influence of dependence equation type on the accuracy of correlation between magnetic and mechanical properties of steel products 134
Zhumaliyeva A. K., Bakhtiyar B., Tursunbaeva G. U., Makhanova M.
Types of maintenance of biogas plants 141

Zvontsov A. S , Kislov P., Kirichenko L. N., Zhalmagambetova U. K., Andreyeva O. A.
Metrological support of the physical foundations
of wave processes in optical fibers.....152
Isupova N. A., Drobinsky A. V., Talipov O. M.
Features of construction of design documentation
of electrical equipment control systems on aircraft.....166
Kaltayev A. G.
Device for protecting N electric motors from short circuits 177
Koshumbaev M. B., Issenov S. S., Nurmaganbetova G. S., Iskakov R. M.
Application of the vortex effect to increase the efficiency
of a wind turbine 188
Kuznetsova N. S., Sarsikeev E. Zh., Orazbekova A. K., Suleimenova G. O., Sagalbaeva A. K.
Characteristics of the impact of shock waves on solid materials
during electric explosive fracture 200
Kuttybay N. B., Kussain M. A., Koshkarbay N. J., Aitbekova Sh. B., Yessen B. Ye.
Improving the efficiency of photovoltaic systems using solar trackers 214
Maulet M., Wieleba W., Rakhadilov B. K., Sagdoldina Zh. B., Raisov N. S.
High-temperature properties of thermal-barrel coatings based on Ni-Cr-Al
obtained on the surface of heat-resistant boiler steel 12x1MF.....227
Mashrapov B. E., Kletsel M. Ya., Mashrapova R. M., Dinmukhanbetova A. Zh.
Maximum current protection with health monitoring.....238
Meirkhanova M. B., Voitkevich S. V., Ivanov V. A., Tokhmetova K. M., Smagulova K. K.
Waste management system based on machine
learning and the internet of things 247
Nikiforov S., Kinzhibekova A. K., Nurkina Sh. M., Karmanov A. E., Orishevskaya E. V.
Analysis of the use of organic waste as fuel in boiler plants 261
Ospanova N. N., Akanova A. S., Baibussinova M.S.
Computer model of application for online course 273
Orzhanova Zh. K., Bokanova A. A., Issabekov Zh. N.
Prospects for the use of phase-reversal transformers
in the electric power industry.....287
Pirmanov I., Koshekov K., Seidakhmetov B., Kurbanov Ya., Askaduly K.
Analytical platform model with Digital Twin technology 297
Rakhimberdinova D. M., Novozhilov A. N., Kolesnikov E. N., Novozhilov T. A.
Improvement of current protections of the short network of ore thermal

production on magnetic current transformers.....311
Smirnov P., Ritter E. S., Savostin A. A., Ritter D. V., Moldakhmetov S. S.
Numerical simulation of a potentiometric level meter
in an electrically conductive medium and improving
the level meter construction.....323
Tolegenova A. S., Serikov T. G., Karabassov A. O., Kasym R. T., Turdybek B.,
Improving the efficiency of the multi-chip data
transmission with a broadband antenna.....337
Toleutay G., Yelubay M., Aitkaliyeva G., Yelemessova G.
Polyampholytes as ionic polymers for advanced storage system 348

Information about the authors.....362

Rules for authors 391

Publication ethics.....402

FTAMP 28.21.19

https://doi.org/10.48081/QWNM1398

А. Д. Адамова[1], *Ж. О. Оралбекова[2], М. Г. Жартыбаева[3], Н. Ұзаққызы[4], Қ. Ж. Садвакасова[5]

[1]Astana IT University, Қазақстан Республикасы, Астана қ.

[2,3,4,5]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.

e-mail: oralbekova@bk.ru

АҚПАРАТТЫ КОДТАУ ӘДІСТЕРІ – LDPC МЕН БЛОКТЫҚ КОДТАРДЫ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ САЛЫСТЫРУ

Бұл ғылыми жұмысты кедергіге орнықты кодтарды зерттеуге бағытталған [1] жұмыстың жалғасы ретінде қарастыруға болады. Ұялы желілерде деректер мен дауысты жіберу үшін 3G, 4G мен 5G технологиялары мен сәйкесінше стандарттары қолданылады. Бұл стандарттарда арна кодтары ретінде LDPC және турбо-кодтары пайдаланылды. Бұл ұсынылған мақалада деректерді жіберу кезінде қателерді анықтау және түзету үшін қолданылатын блоктық кодтардың ең маңызды түрі Хэмминг, Рид-Соломон және LDPC кодтары зерттелді. MatLab ортасында әрбір кодтың Simulink-моделі тұрғызылды. Кодтың әрбір түрінің жұмыс істеуінің негізгі қағидалары, олардың қателерді табу қабілеті мен тәжірибелік қолдану салалары қарастырылды. Кодтардың параметрлері мен сипаттамаларын талдау олардың әр түрлі жағдайларда қателерді анықтау және түзету мүмкіндіктерін ескере отырып, жүргізілді. Зерттеу нәтижелері Хэмминг кодтары іске асырылуы оңай, болмашы қателерді анықтауда тиімді екенін растады. Рид-Соломон кодтары көп қателерді түзету мүмкіндігін көрсеткенімен, LDPC кодтары әр түрлі жағдайларда тамаша өнімділікті берді. Әдеби шолу мен нәтижелерді талқылау кедергіге орнықты кодтардың белгілі бір түрін таңдау сенімділік талаптарына, деректер сипаттамаларына және қолда бар ресурстарға байланысты екенін көрсетті.

Кілтті сөздер: кедергіге орнықты кодтау, қатені анықтау, қателерді түзету, ақпаратты қорғау, LDPC кодтары, блоктық кодтар, модель

Кіріспе

Қазіргі таңда арналарды кодтау қауіпсіздігі ең маңызды мәселелердің біріне айналды. Ақпарат қауіпсіздігін қамтамасыз ететін кедергіге орнықты кодтардың қатарына блоктық және LDPC кодтары жатады. Блоктық кодтар деп бастапқы деректердің бекітілген ұзындықтағы блоктарға бөлініп, осы блоктардың әрқайсысына белгілі бір қосымша таңбалар саны қосылатын ақпаратты кодтау әдісін айтады. Тексеру таңбалары деп аталатын бұл қосымша таңбалар деректерді жіберу немесе сақтау кезіндегі қателерді анықтауға және түзетуге көмектеседі. Бұл мақалада блоктық кодтардың екі негізгі түрін – Хэмминг пен Рид-Соломон кодтары және LDPC кодтарын зерттеуге назар аударылды, бұл кодтардың Simulink-моделі құрылып, салыстырмалы талдау жасалды.

Хэмминг кодын пайдаланудың мысалы ретінде оны кванттық нүктедегі ұяшықты автоматтарға қолдануды келтіруге болады [2]. Кванттық нүктедегі ұяшықты автоматтар – өте төмен энергияны тұтынатын және қосып-ауыстырудың жылдам жылдамдығы мен жоғары дәрежелі интеграциясы бар цифрлық сұлбаларды жобалаудың болашағы бар технологиялардың бірі болып табылады. Авторлармен ұсынылған Хэмминг коды сұлбаның ұяшықтар саны, аумағы және тактілік кідірісі бойынша өнімділігін айтарлықтай жақсарта алатындығын көрсетті. Сонымен бірге Хэмминг коды кескінді аутентификация әдісінде де қолданылды [3]. Тепе-теңдікті тексеру биттері Хэмминг коды әдісі арқылы пикселдерден жасалып, алынған биттер басқа пикселдерге ендірілді.

Қазіргі таңда үштік оптикалық компьютерлер эксперименттік және теориялық зерттеулер кезеңінде тұр деуге болады. Үштік оптикалық компьютер байланыстарында арнаның істен шығуы байланыс жүйесінің жиі қайта іске қосылуына және деректерді тым жиі қайта жіберуіне себеп болуы мүмкін. Бұл өз кезегінде ресурстардың ысырап болуына әкеледі. Бұл мәселені шешу үшін [4] жұмыста қатеге тексеру мен оны түзету коды ретінде Хэмминг коды пайдаланылды. Қатені түзету модулі жоқ үштік оптикалық компьютермен салыстырғанда Хэмминг кодының қатені түзету модулі кездейсоқ сәтсіздіктерге қарсы үштік оптикалық компьютер арнасының беріктігін жақсарта алады. Бұл байланыс шығындарын және жұмсалған ресурстарды айтарлықтай азайтуға болатындығын көрсетті.

Рид-Соломон кодтары кодтаудың қарапайымдылығына, жақсы құрылымына және классикалық жағдайда тізімді декодтау мүмкіндігіне байланысты қазіргі уақытта зерттеушілердің қызығушылығын тудырды. Бұл қызығушылық байланыс жүйелеріндегі позициялық ақпараттың жоғалуынан туындаған уақыт қателерін моделдеу үшін пайдаланылатын кірістіру және

жою параметрімен бірге басқа метрикалық параметрлерге де таралуынан пайда болды [5].

Дэниел Блейхенбахер, Аггелос Киаиас пен Моти Юнг шуылы бар арналар арқылы араласқан Рид-Соломон кодтарын декодтау мәселесін қарастырды [6]. Олар екілік симметриялық арнаның табиғи ықтималдық жалғасы болып табылатын екілік емес симметриялық арнада қателерді бір уақытта түзетуге қол жеткізетін аралық Рид-Соломон кодтарын декодтау алгоритмін ойлап тапты.

Жаңа бесінші буын (5G) радио желілерін коммерциялық пайдаланудың кең ауқымымен сымсыз тарату тиімдірек, сенімдірек және жылдамырақ болып келеді. Сонымен қатар, 5G желілерінде және одан тыс жерлерде жоғары сапалы сигнал жіберу жаңа мүмкіндіктермен қоса қиындықтарға да тап болды. Арналарды кодтау ақпараттың сенімді берілуін және қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ететін негізгі технология болып табылады. Дегенмен, кейде LDPC биттік аралас кодталған модуляциясы салыстырмалы түрде жоғары қателердің кесірінен әрқашан жоғары сапалы, төмен кідіріспен сымсыз таратуға кепілдік бере алмауына байланысты, [7] жұмыстың авторлары генетикалық алгоритмге негізделген LDPC кодтарын қолдануды ұсынды. Олар базалық матрицадағы нөлдік емес элементтердің санын, сәйкес позицияларды және жылжу мәндерін реттеу арқылы биттік аралас кодталған модуляциясының кодталған тізбектерінің қате сипаттамаларына сәйкес генетикалық алгоритмнің көмегімен LDPC кодтарын оңтайландырды. Бұдан басқа орын ауыстыру матрицаларына негізделген LDPC кодтары соңғы жылдары көптеген зерттеушілердің қызығушылығын тудырды [8–10]. Мұндай кодтармен жұмыс істеудің маңызды сәті байланыстырылған графтарда қысқа ұзындық циклдарын болдырмауға тырысу, яғни мүмкіндігінше үлкен шеңберді қамту болып табылады.

Бұл мақаланың мақсаты: деректерді жіберу сенімділігін қамтамасыз ету үшін Хэмминг, Рид-Соломон және LDPC кодтарының тиімділігін талдау және салыстыру болып табылады.

Аталған блоктық және LDPC кодтарының Simulink-моделдерін тұрғызу және нәтижелерді талдау арқылы әрбір кодтың артықшылықтары мен шектеулері және сонымен бірге әрқайсысы үшін ең жақсы пайдалану жағдайлары анықталды.

LDPC мен блоктық кодтарды зерттеу заманауи ақпараттық жүйелерде деректерді сенімді жіберуді қамтамасыз ету үшін оларды қалай тиімді пайдалануға болатынын жақсы түсінуге мүмкіндік берді.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу үшін блоктық кодтардың үш негізгі түрі таңдалды: Хэмминг пен Рид-Соломон кодтары және LDPC (Low-Density Parity-Check) кодтары.

Осы кодтардың әрқайсысының қателерді түзету және деректерді жіберу сенімділігі контекстінде бірегей сипаттамалары мен қолданбалары бар.

Хэмминг кодтары қарапайым блоктық кодтардың бірі болып табылады. Хэмминг кодында әрбір тексеру биті ақпараттың белгілі бір бит жиынын тексереді. Тексеру биттерінің комбинациялары қателердің бар-жоғын көрсете алатындай және тіпті оларды түзетуге мүмкіндік беретіндей етіп таңдалады. Осылайша, деректерді жіберу кезінде қате орын алса, Хэмминг коды қатенің орнын табуға және бастапқы деректерді қалпына келтіруге мүмкіндік береді. Хэмминг кодтары көбінесе компьютердің жедел жадындағы және кейбір байланыс жүйелеріндегі қателерді түзету үшін қолданылады [2, 10].

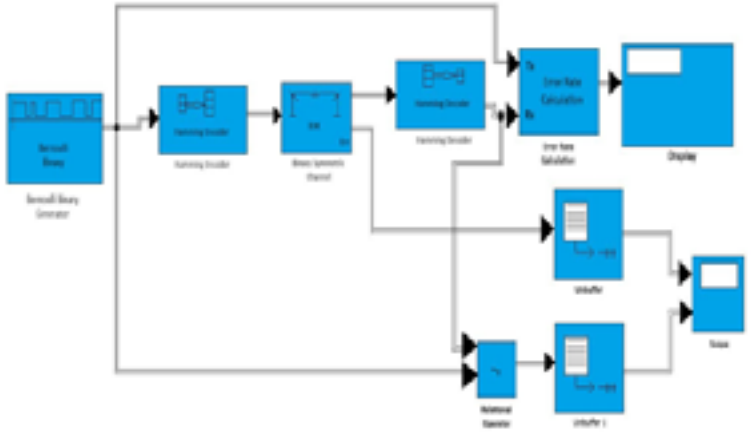
Рид-Соломон кодтары Хэмминг кодтарына қарағанда деректерге көбірек түзету биттерін қосу арқылы күрделірек жүзеге асырылады және қателердің көп санын анықтап, түзете алады. Олар қателерді сенімдірек түзетуді қамтамасыз етеді. Сол себептен Рид-Соломон кодтары қуаттырақ және көптеген салаларда қолдаснысқа ие. Рид-Соломон кодтары цифрлық коммуникацияда, тасымалдаушыларда деректерді сақтауда, цифрлық бейнежазбаларда және деректерді жіберу мен сақтаудың жоғары сенімділігін қамтамасыз ету үшін қажет басқа салаларда кеңінен қолданылады [5].

LDPC кодтары қателерді түзету үшін графтарға қолдануға болатын әдістерді пайдаланатын кодтардың заманауи классына жатады. Рид-Соломон кодтары секілді LDPC кодтары да қателерді анықтауға және түзетуге қабілетті, бірақ олардың өнімділігі көбінесе код параметрлері мен граф конфигурациясына байланысты. Сонымен бірге екеуі әр түрлі стандарттар үшін пайдаланылады. Телекоммуникация байланысында бұл кодтар турбо-кодтармен бірдей дәрежелі орын алған [1]. LDPC кодері мен декодерін жүзеге асыру күрделілігіне байланысты өткен ғасырдың 90-жылдары ғана ақпараттық технологиялардың дамуының арқасында қолданыс тапты [10].

Нәтижелер және талқылау

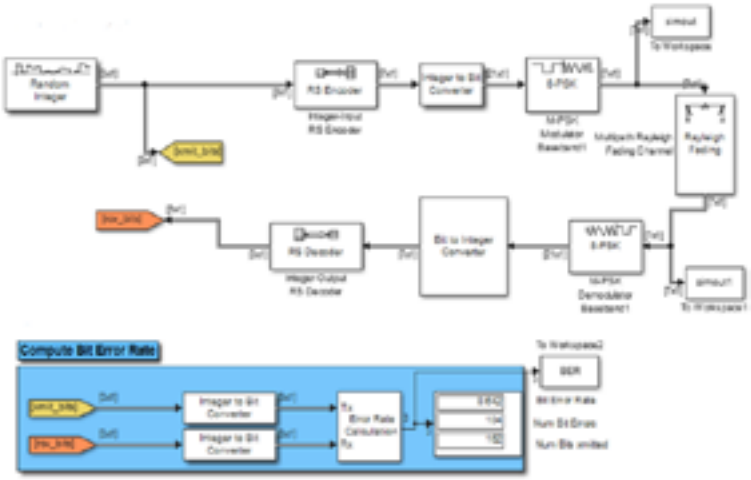
MatLab пакетінде Хэмминг, Рид-Соломон және LDPC кодтарының моделі құрастырылды. Бұл кодтардың Simulink-моделін тұрғызу әрбір кодтың жұмыс істеу қағидасы мен тиімділігін салыстыруға мүмкіндік берді.

1-суретте берілген Хэмминг кодының Simulink-моделі бұл кодтың қарапайым блоктық кодқа жататынын көрсетеді. Ол бір биттік қателерді ғана түзете алады.



Сурет 1 – Хэмминг кодының Simulink-моделі

Рид-Соломон коды әр түрлі позициялардағы бірнеше қателерді бір уақытта анықтап, түзете алады. 2-суретте Рид-Соломон кодының Simulink-моделі берілген.



Сурет 2 – Рид-Соломон кодының Simulink-моделі

LDPC кодтары да бірнеше қателерді анықтауға және түзетуге қабілетті, бірақ Рид-Соломон кодына қарағанда олар күрделірек құрылымға ие болуы мүмкін. Сол себептен LDPC кодтары декодтау үшін көбірек өңдеу қуатын қажет етеді. 3-суретте LDPC кодының Simulink-моделі келтірілген.

Сурет 3 – LDPC кодының Simulink-моделі

Қарастыралған әрбір кодтың тиімділігін салыстыру:

1 Қатені түзету мүмкіндігі: Рид-Соломон және LDPC кодтары қателерді анықтау және түзету мүмкіндіктерінде Хэмминг кодтарынан айтарлықтай жоғары. Әсіресе Рид-Соломон кодтары бірнеше қателерді өңдеу кезінде жақсы өнімділікке ие.

2 Қолданылуы: Хэмминг кодтары қателердің шектеулі саны бар деректердің шағын блоктары үшін қолайлы болуы мүмкін. Дегенмен, маңыздырақ міндеттер үшін, әсіресе қазіргі заманғы байланыс және деректерді сақтау жүйелерінде, Рид-Соломон және LDPC кодтары ұтымдырақ.

3 Іске асырудың күрделілігі: Хэмминг кодтары ең оңай орындғанымен олардың қателерді түзету мүмкіндіктері шектеулі. Рид-Соломон кодтары және әсіресе LDPC кодтарын жүзеге асыру қиынырақ, бірақ олар жақсы өнімділікті қамтамасыз етеді.

4. Түрлі шарттардағы өнімділік: LDPC кодтары күрделі және қиғаш қате үлестірімдері болған жағдайда да тұрақты жоғары өнімділікті көрсетті. Бұл оларды әр түрлі жағдайларда қателерді сенімді түзетуді қажет ететін жүйелер үшін қолданған жөн екендігін растайды.

Жалпы, Хэмминг, Рид-Соломон және LDPC кодтары арасындағы таңдау нақты қолданбаға, өнімділік пен сенімділік талаптарына және қол жетімді есептеу ресурстарына байланысты болмақ.

Қорытынды

Рид-Соломон, Хэмминг және LDPC кодтары бойынша зерттеулер қателерді түзету және деректер сенімділігі контекстінде олардың мүмкіндіктері және тиімділігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік берді. Осы кодтардың әрқайсысында әр түрлі сценарийлерде оңтайлы пайдалануға болатын бірегей сипаттамаларды атап өтуге болады: Хэмминг кодтары олардың қарапайымдылығына байланысты деректердің шағын көлемі мен қателердің төмен ықтималдығы үшін жақсы таңдау болып табылады. Қателерді түзетудің жоғары дәрежесі бар Рид-Соломон кодтары күрделірек жағдайларды сәтті жеңе алады және байланыс пен деректерді сақтау жүйелерінде сенімділікті қамтамасыз етеді. LDPC кодтары тамаша өнімділік пен қателерді түзетудің жоғары қабілетін қамтамасыз етеді, заманауи ақпараттық жүйелер үшін болашағы бар таңдау болып табылады.

Белгілі бір кодты таңдау қажетті сенімділік деңгейіне, жіберілетін деректердің сипаттамаларына, қолжетімді есептеу ресурстарына және басқа факторларға байланысты болмақ. Осы зерттеудің нәтижелері блоктық және LDPC кодтарды таңдау туралы дұрыс шешім қабылдауда септігін тигізеді деп ойлаймыз.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Адамова, А. Д., Оралбекова, Ж. О., Жартыбаева, М. Г., Ұзаққызы, Н.** Ақпаратты кедергіге орнықты кодтау әдісі – турбо-кодтарды зерттеу [Мәтін] // Торайғыров университетінің Хабаршысы. – 2023. – №3. – Б.11–20.

2 **Huang, J., Xie, G., Kuang, R., Deng, F., Zhang, Y.** QCA-based Hamming code circuit for nano communication network // Microprocessors and Microsystems. – 2021. – Vol. 84. – P. 104237. – https://doi.org/10.1016/j.micpro.2021.104237.

3 **Chan, C.-S.,** An image authentication method by applying Hamming code on rearranged bits // Pattern Recognition Letters. – 2011. – Vol. 32. Issue 14. – P. 1679-1690. – https://doi.org/10.1016/j.patrec.2011.07.023.

4 **Song, K., Wang, Z., Zhu, J., Yan, L.** Research and application of error correction theory for ternary optical computer based on Hamming code // Optik. – 2022. – Vol. 267. – P. 169647. – https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.169647.

5 **Liu, S., Tjuawinata, I.** On 2-dimensional insertion-deletion Reed-Solomon codes with optimal asymptotic error-correcting capability // Finite Fields and Their Applications. – 2021. – Vol. 73. – P. 101841. – https://doi.org/10.1016/j.ffa.2021.101841.

6 **Bleichenbacher, D., Kiayias, A., Yung, M.** Decoding interleaved Reed–Solomon codes over noisy channels // Theoretical Computer Science. – 2007. – Vol. 379. Issue 3. – P. 348–360. – https://doi.org/10.1016/j.tcs.2007.02.043.

7 **Zhang, Y., Jiang, M.** Genetic optimization of 5G-NR LDPC codes for lowering the error floor of BICM systems // Physical Communication. – 2023. – Vol. 58. – P. 102009. – https://doi.org/10.1016/j.phycom.2023.102009.

8 **Lieb, J., Tinani, S. A** Number Theoretic Approach to Cycles in LDPC Codes // IFAC-PapersOnLine. – 2022. – Vol. 55. Issue 30. – P. 67–72. – https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.11.030.

9 **Yi, H.** Improving security of 5G networks with multiplicative masking method for LDPC codes // Computers and Electrical Engineering. – 2021. – Vol. 95. – P. 107384. – https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107384.

10 **Золотарёв, В. В., Зубарев, Ю. Б., Овечкин, Г. В.** Многопороговые декодеры и оптимизационная теория кодирования [Мәтін]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2012. – 239 с.

REFERENCES

1 **Adamova, A. D., Oralbekova, Zh. O., Zhartybaeva, M. G., Uzakkyzy, N.** Aqparatty kedergige ornyqty kodtau adisi – turbo-kodtardy zertteu [Research of the method of noise-resistant coding of information – turbo codes] [Text] // Torajghyrov universitetining Habarshysy [Herald of Toraygyrov University]. – 2023. – № 3. – P. 11–20.

2 **Huang, J., Xie, G., Kuang, R., Deng, F., Zhang, Y.** QCA-based Hamming code circuit for nano communication network // Microprocessors and Microsystems. – 2021. – Vol. 84. – P. 104237. – https://doi.org/10.1016/j.micpro.2021.104237.

3 **Chan, C.-S.,** An image authentication method by applying Hamming code on rearranged bits // Pattern Recognition Letters. – 2011. – Vol. 32, Issue 14. – P. 1679-1690. – https://doi.org/10.1016/j.patrec.2011.07.023.

4 **Song, K., Wang, Z., Zhu, J., Yan, L.** Research and application of error correction theory for ternary optical computer based on Hamming code // Optik. – 2022. – Vol. 267. – P. 169647. – https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.169647.

5 **Liu, S., Tjuawinata, I.** On 2-dimensional insertion-deletion Reed-Solomon codes with optimal asymptotic error-correcting capability // Finite Fields and Their Applications. – 2021. – Vol. 73. – P. 101841. – https://doi.org/10.1016/j.ffa.2021.101841.

6 **Bleichenbacher, D., Kiayias, A., Yung, M.** Decoding interleaved Reed-Solomon codes over noisy channels // Theoretical Computer Science. – 2007. – Vol. 379, Issue 3. – P. 348–360. – https://doi.org/10.1016/j.tcs.2007.02.043.

7 **Zhang, Y., Jiang, M.** Genetic optimization of 5G-NR LDPC codes for lowering the error floor of BICM systems // Physical Communication. – 2023. – Vol. 58. – P. 102009. – https://doi.org/10.1016/j.phycom.2023.102009.

8 **Lieb, J., Tinani, S. A** Number Theoretic Approach to Cycles in LDPC Codes // IFAC-PapersOnLine. – 2022. – Vol. 55. Issue 30. – P. 67–72. – https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.11.030.

9 **Yi, H.** Improving security of 5G networks with multiplicative masking method for LDPC codes // Computers and Electrical Engineering. – 2021. – Vol. 95. – P. 107384. – https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107384.

10 **Zolotaryov, V. V., Zubarev, Yu. B., Ovechkin, G. V.** Mnogoporogovye dekodery i optimizacionnaya teoriya kodirovaniya [Multithreshold Decoders and Optimization Coding Theory] [Text] – Moscow : Goryachaya liniya – Telekom [Hotline – Telecom], 2012. – 239 p.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

А. Д. Адамова[1], Ж. О. Оралбекова[2], М. Г. Жартыбаева[3], Н. Узаккызы[4], К. Ж. Садвакасова[5]
[1]Astana IT University, Республика Казахстан, г. Астана;
[2,3,4,5]Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана.
Принято к изданию 28.11.23.

ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ – LDPC И БЛОЧНЫХ КОДОВ

Данная научная работа является продолжением работы [1], посвящена исследованию методов помехоустойчивого кодирования. Мобильные сети для передачи голоса и данных используют 3G, 4G и 5G технологии и соответствующие стандарты. Для этих стандартов в качестве кодов каналов связи применяются LDPC и турбо-коды. В представленной статье рассматриваются наиболее важные типы блочных кодов - коды Хэмминга, Рида-Соломона и LDPC коды, используемые для обнаружения и исправления ошибок при передаче данных. Построены Simulink-модели данных кодов в среде MatLab. Рассмотрены основные принципы работы каждого типа кода, их способность выявлять ошибки, а также области их практического применения. Анализ параметров и характеристик кодов проводился с учетом их способности обнаруживать и исправлять ошибки в различных ситуациях. Результаты исследования подтвердили, что коды Хэмминга просты в реализации и эффективны при обнаружении мелких ошибок. В то время как коды Рида-Соломона продемонстрировали высокую способность исправления ошибок, LDPC коды показали отличную производительность в различных ситуациях. Литературный обзор и обсуждение результатов показали, что выбор того или иного метода помехоустойчивого кодирования зависит от требований к надежности, характеристик данных и имеющихся ресурсов.

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, обнаружение ошибок, коррекция ошибок, защита информации, LDPC коды, блочные коды, модель.

A. D. Adamova[1], Zh. O. Oralbekova[2], M. G. Zhartybayeva[3], N. Uzakkyzy[4], K. Zh. Sadvakassova[5]
[1]Astana IT University, Republic of Kazakhstan, Astana;
[2,3,4,5]L. N. Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan, Astana.
Accepted for publication on 28.11.23

RESEARCH AND COMPARISON OF INFORMATION CODING METHODS - LDPC AND BLOCK CODES

This scientific work is a continuation of work [1] and is devoted to the study of noise-resistant coding methods. Mobile networks for voice and data transmission use 3G, 4G, and 5G technologies and related standards. For these standards, LDPC and turbo codes are used as communication channel codes. This article discusses the most important types of block codes – Hamming, Reed-Solomon, and LDPC codes, used to detect and correct errors in data transmission. Simulink models of these codes were built in the MatLab environment. The basic principles of operation of each type of code, their ability to detect errors, as well as areas of their

practical application, are considered. The analysis of the parameters and characteristics of the codes was carried out taking into account their ability to detect and correct errors in various situations. The results of the study confirmed that Hamming codes are easy to implement and effective in detecting small errors. While Reed-Solomon codes have demonstrated high error correction capabilities, LDPC codes have demonstrated excellent performance in a variety of situations. A literature review and discussion of the results showed that the choice of a particular error-correcting coding method depends on reliability requirements, data characteristics, and available resources.

Keywords: interference-resistant coding, error detecting, error correction, information security, LDPC codes, block codes, model.

МРНТИ 44.29.37

https://doi.org/10.48081/EGPY1079

Т. Б. Акимжанов[1], С. К. Жумажанов[2], Ж. Б. Исабеков[3], Е. К. Амир[4]

[1]РГП «Казахстанский институт стандартизации и метрологии», Республика Казахстан, г. Астана;
[2]Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана;
[3]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[4]Казахский государственный университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана

ДОБАВОЧНЫЕ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Условия режима работы систем электроснабжения быстро меняются. Причиной является изменения, как со стороны источника питания, так и со стороны нагрузки. Устойчивая работа системы электроснабжения базируется на математических моделях и правилах эксплуатации. При меняющихся условиях возникает вероятность неадекватного описания ситуации и соответственно ошибочной работы электрооборудования и системы электроснабжения в целом. Для предотвращения данной ситуации необходимо производить проверку параметров режима и применяемых методов расчета на адекватность. Важнейшим критерием работы системы электроснабжения является уровень потерь электроэнергии. При меняющихся условиях составляющие потерь электроэнергии меняются. В таком случае встает вопрос о необходимости исследования параметров режимов систем электроснабжения, выявление составляющих потерь электроэнергии при учете несимметрии и несинусоидальности для уменьшение потерь при передаче и распределении электрической энергии.

В статье рассмотрены такие вопросы как потери электроэнергии влияют на ценообразование. Знание потерь энергии и их отнесение к конкретным элементам сетевой системы имеет существенное значение для принятия мер, направленных на минимизацию ценообразование и тарифы на электроэнергию. От того насколько

будет объективно будет произведён расчет нормативных потерь, будет зависеть доход энергоснабжающих компаний. Если не досчитаем страдает энергоснабжающие компании, а если пересчитаем, то страдает потребитель. Поэтому нужно совершенствовать методику расчета нормативных потерь.

Ключевые слова: системы электроснабжения; потери электроэнергии; электрическая энергия; нагрузка системы; электрические сети.

Введение

Процесс передачи электрической энергии важная составляющая устойчивого развития экономики и поддержания благосостояния общества. На данном этапе развития наблюдается существенное изменение параметров режима работы систем электроснабжения, особенно влияние несимметрии и несинусоидальности тока и напряжения, которое приводит к повышенным потерям при передаче и распределении электроэнергии, а в отдельных случаях и нарушению режимов работы вплоть до развития аварии. Для предотвращения нарушений и повышенных потерь необходимо проводить мониторинг режимов работы с учетом данных факторов и вносить изменения в расчетные методики для обеспечения адекватности математического аппарата и организационных мер, регламентирующих эксплуатацию систем электроснабжения [1–9].

Материалы и методы исследования

Ценообразование и тарифы на электроэнергию.

Поскольку электроэнергию нельзя хранить и поскольку спрос на нее растет и падает в зависимости от сезона или в течение суток, необходимость немедленно ввести в действие дополнительные резервные генерирующие установки для удовлетворения растущего спроса. В результате затраты на производство электроэнергии и, следовательно, предельные издержки и тарифы растут, что влияет на спрос на электроэнергию, когда электростанции переводятся в рабочее состояние или отключаются. Цены на время использования дают потребителям стимул сокращать использование в периоды пикового спроса и увеличивать использование в периоды низкого спроса в непиковые периоды. Неясно, какое влияние тарифов на время использования окажут на структуру спроса.

По типу выработки электростанциями порядка 82,7 % от всей выработанной электроэнергии в Казахстане приходится на ТЭС (тепловые электростанции). Основным производителем электроэнергии в Казахстане в разрезе основных энергетических зон является Северная зона, вырабатывающая более 81.5 % всей электроэнергии страны [10].

В секторах электроэнергетики Республики Казахстан сами цены представляются относительно низкими. По международным меркам, стоимость электроэнергии в Казахстане очень дешевая. Так, по данным интернет портала GlobalPetrolPrices, стоимость электроэнергии в Казахстане за один кВт*ч составляет $0,043 (Таблица 1), в то время как средняя цена по миру составляет $0,14. В Белоруссии один кВт*ч электроэнергии стоит $0,07, в Грузии $0,068, а в Украине $0,057.

Таблица 1 – Стоимость электроэнергии (данные Международного энергетического агентства за 2021 год)

№	Страны	Тарифы на электроэнергию для потребителей, USD за кВт
1	Кыргизстан	0,011
2	Узбекистан	0,027
3	Казахстан	0,043
4	Украина	0,057
5	Грузия	0,063
6	Россия	0,087
7	Япония	0,224
8	Германия	0,333

Для юридических лиц тариф составляет 0.055$ за кВт. Например, в таких странах, как Германия, США и Пол ьша, цена на электроэнергию для обычных потребителей в два раза выше, чем для промышленности. В таких странах, как Бельгия, Новая Зеландия и Швеция, это соотношение возрастает в три раза.

Как указано в Отчете об энергозатратах и упомянутом выше, в Казахстане есть различия, что объясняет разным уровнем покупательной способности, но разница составляет 0,055-0,043=0,013$. Следовательно, можно сделать вывод, что Казахстан нацелен на экономический рост, экспорт и привлечение прямых иностранных инвестиций и считает их главными приоритетами.

Кроме того, тарифы на электроэнергию растут. В тариф на электроэнергию складывается из стоимости на энергию, такие как НДС и другие, потери и вероятность незаконного использования – хищения, потери, а также расходы на обслуживание.

Потери электроэнергии

Часть электроэнергии расходуется в процессе ее передачи и распределения от генераторов к потребителям. Существует типы потерь электроэнергии, которые показаны на рис. 1. В данной статье рассмотрим технические, недоучет электроэнергии и коммерческие потери.

Рисунок 1 – Фактические потери

Несколько стран столкнулись с серьезными трудностями в удовлетворении спроса на электроэнергию из-за неадекватности надежных генерирующих мощностей, усугубленных слабостью инфраструктуры сетей электроснабжения, что привело к высоким техническим и нетехническим потерям, составляющим от 45 % до примерно 4 % чистого доступного предложения в некоторых странах (таблица 2). Несмотря на эту ситуацию, чистое потребление электроэнергии росло почти на 6,5 процента в год в последнее десятилетие, а установленная мощность производства электроэнергии росла на 4,3 процента в год в последнее десятилетие. Хотя устранить технические потери невозможно, их можно уменьшить до разумного уровня по мере развития технологий. По данным Американской ассоциации общественного питания, технические потери в размере 9 % допустимы в любой электрической системе. С другой стороны, сокращение нетехнических потерь зависит от постоянных судебных исков против людей, которые склонны использовать электричество нелегально.

Таблица 2 – Фактические потери электроэнергии в некоторых странах

Страна	Потери (%)	Страна	Потери (%)
Англия	7,46	Египет	17,00
Франция	7.00	Иордания	16,00
Германия	4.00	Ливан	45,00
Греция	9.07	Марокко	18,00
Голландия	3,89	Саудовская Аравия	16,00

Италия	6,53	Турция	19,00
Португалия	9.25	Казахстан*	6,4
Испания	8,45	Россия	10,0

Технические потери АО «KEGOC» за 2019 год составили 6,4 % от отпуска электроэнергии [10], к сожалению информация по потерям в распределительных сетях не указана.

В результате ожидаемого роста потребителей ожидается, что рост спроса на электроэнергию останется высоким и составит около 6 процентов в год в следующем десятилетии.

Нетехнические потери имеют тенденцию к увеличению. Поскольку нетехнические потери включают случаи незаконного использования, в связи с ростом потребления.

В последнее время относительные потери электроэнергии в электрических сетях Казахстана составляют от 6 % до 18 % от принятой сети электроэнергии. Основная часть этих потерь приходится на линии электропередачи. Следует отметить, что относительные потери ЭЭ в сетях стран с развитой тяжёлой промышленностью в 2 – 2,5 раза выше потерь выше потерь среднего мирового уровня.

Это говорит о том, что в электрических сетях Казахстана иметься потенциал для снижения потери электроэнергии. Для реализации этого потенциала необходимо проводить мониторинг и анализ структуры технических и нетехнических потерь, выявлять их источники и разрабатывать организационные технические мероприятия по энергосбережению. Одной из влияющих факторов является выросшая доля нелинейных потребителей, что обуславловило протекание высших гармонических составляющих токов в элементах систем электроснабжения, которые помимо снижения качества электроэнергии, вызывают добавочные потери электроэнергии.

Технические потери в сети АО «KEGOC», а также их структура (рис. 2) зависят от режимов работы энергосистем соседних государств (транзит, экспорт и импорт электроэнергии) и климатических условий. Технические потери АО «KEGOC» за 2019 год составили 2,869 млрд кВт·ч электроэнергии в сеть [10]. Для оператора даже малая экономия значима.

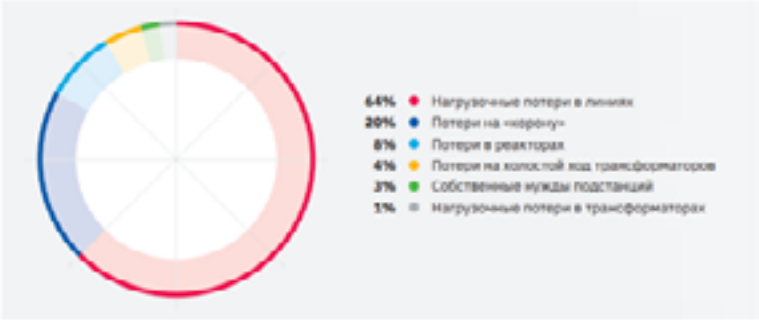


Рисунок 2 – Структура технические потери в сети АО «KEGOC»

Наибольший эффект с точки зрения сокращения энергопотребления дают мероприятия по снижению технологического расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям (таблицы 3 и 4). При этом необходимо иметь в виду, что технологические потери электроэнергии – это потери электроэнергии, обусловленные физическими процессами в проводах и электрооборудовании, происходящими при передаче электроэнергии по электрическим сетям, и, соответственно, основной целью планирования и проведения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях является доведение фактического значения технических потерь электроэнергии до их оптимального уровня. В результате реализации мероприятий по снижению потерь электроэнергии снижение расхода электроэнергии в 2019 году составило 4,8 млн кВт·ч.

Таблица 3 – Мероприятия по снижению электропотерь

Мероприятия	Эффект от мероприятия, млн кВт*ч
Отключение линий в режиме малых нагрузок	0,390
Отключение силовых трансформаторов в режиме малых нагрузок	4,394
Итого	4,784

Таблица 4 – Показатели энергопотребления

Показатели энергопотребления	Ед. изм.	2017	2018	2019	2019/ 2018	2019/ 2018, %
Процент потерь при передаче и распределении энергии*	%	6,2	6,3	6,4	0,1	1,6%
Эффект от мероприятий по снижению потерь (энергосбережение)	ГДж	16 920	16 560	17222	662	4,0%

* Технические потери от отпуска электроэнергии в сеть при ее передаче.

Методы расчёта технических потерь электроэнергии утверждены соответствующими директивными и методическими документами.

В связи с этим есть необходимость научного исследования процессов при несимметрии и несинусоидальности токов в воздушной линии электропередачи и разработке алгоритмов по определению дополнительных потерь.

В результате предварительного анализа эксплуатационных данных были установлены факты неучета добавочных потерь, которые закладываются в тариф, оплачиваемый потребителями. Увеличение нелинейной и несимметричной нагрузок усиливает необходимость изучения данной темы.

В результате проведения предлагаемых исследований станет возможным:

– выявить отдельные элементы системы электроснабжения, в которых наблюдается наибольшая доля добавочных потерь электроэнергии;

– предложить рекомендации учета добавочных потерь между энергоснабжающей организацией и потребителем, а по оценке добавочных потерь электроэнергии и их учету для формирования тарифов;

– дать рекомендации по снижению добавочных потерь;

– уточнить балансы мощностей и энергии.

При расчете норматива технических потерь для утверждения тарифов, расчет добавочных потерь не производиться, из-за этого энергоснабжающие компании недополучают прибыль.

Результаты и их обсуждение

Эксплуатация энергетики в современных условиях требует надежного и качественного электроснабжения потребителей. Основной новой моделью сбалансированного рынка электроэнергии являются двусторонние контракты. Основная задача этого рынка – гарантировать стабильное и надежное функционирование объединенной энергосистемы, т. е. передачу и поставку электроэнергии соответствующего качества.

Информация о финансировании

Исследование финансируется Комитетом по науке Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант №. AP09058186)

Выводы

Потребление электрической энергии, простота использования, возможность преобразования в другие виды энергии и широкая доступность в быту составляет один из важнейших показателей уровня развития страны.

Удобство, которое нам представляют современные электрооборудования, влияют на качества ЭЭ.

Цены на энергоносители оказывают влияние на конкурентоспособность промышленности Республика Казахстан. В секторе электроэнергии цены

сами по себе кажутся относительно низкими, из-за использования первичных источников энергии, таких как уголь и природный газ.

Однако, если принять во внимание паритет покупательной способности, цена электроэнергии, потребляемой сельским хозяйствами и промышленностью, высока. Хотя устранить технические потери невозможно, их можно уменьшить до разумного уровня по мере развития технологий. Знание потерь энергии и их отнесение к конкретным элементам сетевой системы имеет существенное значение для принятия мер, направленных на минимизацию ценообразование и тарифы на электроэнергию. От того насколько будет объективно будет произведён расчет нормативных потерь, будет зависеть доход энергоснабжающих компаний. Если не досчитаем страдает энергоснабжающие компании, а если пересчитаем, то страдает потребитель. Поэтому нужно совершенствовать методику расчета нормативных потерь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 How Much Power Loss in Transmission Lines. [Electronic resource]. –URL: https://chintglobal.com/blog/how-much-power-loss-in-transmission-lines/ (Date conversion: 26.02.2023).

2 **Siddikov, I. Kh., Sattarov, Kh. A., Khujamatov, Kh. E., Sherjanova, K. S.** Modeling of the elements and devices of energy control systems // Materials of the XXXII International scientific and practical Internet conference «Trends and prospects for the development of science and education in the context of globalization» 31 January 2018. Pereyaslav-Khmelnitsky. – 2018. – P. 466–-468.

3 **Zokirova, I. Z., Makhamadjonov, S. Y.** The algorithm of power control based on the technology of «Smart Grid» // Современные научные исследования и инновации. [Electronic resource]. – URL: https://web.snauka.ru/issues/2021/06/95781 (Date conversion: 26.02.2023).

4 **Воротницкий, В. Э., Калинкина, М. А., Садовская, А. С.** Об опыте расчётов, анализа и нормирования потерь электроэнергии в электрических сетях России и Казахстана. [Электронный ресурс]. URL: https://ken.kz/news/opyt-raschetov. (дата обращения: 17.03.2023).

5 **Siddikov, I. Kh., Boikhonov, Z. U., Karimjonov, D. D.** Elements And Devices For Monitoring And Controlof Energy Efficiency. The American Journal of Engineering and Technology. – 2020. – P. 136-148.

6 Методика определения потерь электроэнергии на линиях до 0,4 кВ при финансовых расчетах за электроэнергию между электроснабжающей организацией и потребителем [Электронный ресурс]. – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31194166 (Дата обращения: 17.03.2023).

7 **DeSantis, D, James B. D, Houchins, C, Saur G, Lyubovsky, M.** Cost of long-distance energy transmission by different carriers. iScience. [Electronic resource]. – URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8661478/ (Date conversion 24.03.2023).

8 7 major challenges of a power grid and their solutions [Electronic resource]. – URL: https://ee-ip.org/en/article/7-major-challenges-of-a-power-grid-and-their-solutions-1812 (Date conversion 24.03.2023).

9 Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении [Электронный ресурс]. URL: – https://kazee.kz/userfiles/ufiles/documents/3._ti_po_uchetu_ee_pri_proizv._peredache_i_raspredel.pdf (Дата обращения 24.03.2023).

10 Отчет анализ рынка электроэнергии и угля казахстана январь-декабрь 2021 года. Департамент «Развитие рынка» [Электронный ресурс]. – URL: http://energo-cis.ru/wyswyg/file/news/Самрук%20-%20Аналит_обзо%202021.pdf (Дата обращения 24.03.2023).

REFERENCES

1 How Much Power Loss in Transmission Lines. [Electronic resource]. URL: https://chintglobal.com/blog/how-much-power-loss-in-transmission-lines/ (Date conversion 26.02.2023).

2 **Siddikov, I. Kh., Sattarov, Kh. A., Khujamatov, Kh. E., Sherjanova, K. S.** Modeling of the elements and devices of energy control systems // Materials of the XXXII International scientific and practical Internet conference «Trends and prospects for the development of science and education in the context of globalization». Pereyaslav-Khmelnitsky, – 2018. – P. 466–468.

3 **Zokirova I. Z., Makhamadjonov S. Y.** The algorithm of power control based on the technology of «Smart Grid» // Qazirgi ǵylymı zertteýler men ınovasıalar. [Electronic resource]. URL: – https://web.snauka.ru/issues/2021/06/95781 (Date conversion: 26.02.2023).

4 **Vorotnitsky, V. E., Kalinkina, M. A., Sadovskaya, A. S., Novikova, M. A., Tsoi, D. A.** Ob opite raschetov_ analiza i normirovaniya poter elektroenergii v elektricheskih setyah Rossii i Kazahstana. [About the experience of calculations, analysis and rationing of electricity losses in the electric networks of Russia and Kazakhstan.] [Electronic resource]. – URL: https://ken.kz/news/opyt-raschetov. (Date conversion 17.03.2023).

5 **Siddikov I. Kh., Boikhonov Z. U., Karimjonov D. D.** Elements And Devices For Monitoring And Controlof Energy Efficiency. //The American Journal of Engineering and Technology. – 2020. – P. 136–148.

6 Metodika opredeleniya poter elektroenergii na liniyah do 0_4 kV pri finansovih raschetah za elektroenergiyu mejdu elektrosnabjayuschei organizaciei i potrebitelem [Methodology for determining electricity losses on lines up to 0.4 kV in financial calculations for electricity between the power supply organization and the consumer] [Electronic resource]. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31194166 (date conversion: 17.03.2023).

7 **DeSantis D, James B. D, Houchins C, Saur G, Lyubovsky M.** Cost of long-distance energy transmission by different carriers. [Electronic resource]. – URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8661478/ (Date conversion 24.03.2023).

8 7 major challenges of a power grid and their solutions [Electronic resource]. – URL: https://ee-ip.org/en/article/7-major-challenges-of-a-power-grid-and-their-solutions-1812 (Date conversion 24.03.2023).

9 Tipovaya instrukciya po uchetu elektroenergii pri ee proizvodstve_peredache i raspredelenii [Standard instruction on accounting for electricity in its production, transmission and distribution] [Electronic resource]. – URL: https://kazee.kz/userfiles/ufiles/documents/3._ti_po_uchetu_ee_pri_proizv._peredache_i_raspredel..pdf [Date conversion 24.03.2023].

10 Otchet analiz rinka elektroenergii i uglya kazahstana yanvar_dekabr 2021 goda. Departament «Razvitie rinka» [Report analysis of the electricity and coal market of Kazakhstan January-December 2021. Market Development Department] [Electronic resource]. – URL: http://energo-cis.ru/wyswyg/file/news/Самрук %20-% 20Аналит_обзо%202021.pdf (Date conversion 24.03.2023).

Принять к изданию 28.11.23

Т. Б. Акимжанов[1], С. К. Жумажанов[2], Ж. Б. Исабеков[3], Е. К. Амир[4]
[1]Қазақстандық стандарттау және метрология институты»
РМК, Қазақстан Республикасы, Астана қ;
[2]Л. Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ;
[3]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ;
[4]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНДЕ ТАРТЫЛУ КЕЗІНДЕГІ ҚОСЫМША ШЫҒАЛАРЫ

Электрмен жабдықтау жүйелерінің жұмыс режимінің шарттары тез өзгереді. Мұның себебі-қуат көзі жағынан да, жүктеме жағынан да өзгерістер. Электрмен жабдықтау жүйесінің тұрақты жұмысы математикалық модельдер мен пайдалану ережелеріне негізделген. Өзгеретін жағдайларда жағдайдың дұрыс сипатталмауы және сәйкесінше электр жабдықтары мен тұтастай электрмен жабдықтау жүйесінің дұрыс жұмыс істемеуі ықтималдығы бар. Бұл жағдайдың алдын алу үшін режим параметрлерін және жеткіліктілікті есептеу әдістерін тексеру қажет. Электрмен жабдықтау жүйесі жұмысының маңызды критерийі электр энергиясын жоғалту деңгейі болып табылады. Өзгеретін жағдайларда электр энергиясының құрамдас бөліктері өзгереді. Бұл жағдайда электрмен жабдықтау жүйелері режимдерінің параметрлерін зерттеу, электр энергиясын беру және тарату кезінде шығындарды азайту үшін симметрия мен синусоидалдылықты ескере отырып, электр энергиясының жоғалуының компоненттерін анықтау қажеттілігі туындайды.

Мақалада электр энергиясының жоғалуы бага белгілеуге әсер ететін мәселелер қарастырылады. Энергия шығындарын білу және оларды желілік жүйенің нақты элементтеріне жатқызу минимизацияға бағытталған шараларды қабылдау үшін маңызды болып табылады электр энергиясының бағасы мен тарифтері. Энергиямен жабдықтаушы компаниялардың табысы нормативтік шығындарды есептеу қаншалықты объективті жүргізілетініне байланысты болады. Егер біз санамасақ, энергиямен жабдықтаушы компаниялар зардап шегеді, ал егер санасақ, тұтынушы зардап шегеді. Сондықтан нормативтік шығындарды есептеу әдістемесін жетілдіру қажет.

Кілтті сөздер: электрмен жабдықтау жүйелері;электр энергиясының шығындары; электр энергиясы; жүйенің жүктемесі; электр желілері.

T. B. Akimzhanov[1], S. K. Zhumazhanov[2], Zh. B. Issabekov[3], E. K. Amir[4]
[1]R.S.E «Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology», Republic of Kazakhstan, Astana
[2]L. N. Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan, Astana
[3]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar
[4]Kazakh State University named after S. Seifullin, Republic of Kazakhstan, Astana
Accepted for publication on 28.11.23

ADDITIONAL LOSSES OF ELECTRIC ENERGY DURING ITS DISTRIBUTION IN THE ELECTRIC NETWORK

The operating conditions of power supply systems are changing rapidly. The reason is changes, both on the power supply side and on the load side. The stable operation of the power supply system is based on mathematical models and operating rules. Under changing conditions, there is a possibility of an inadequate description of the situation and, accordingly, erroneous operation of electrical equipment and the power supply system as a whole. To prevent this situation, it is necessary to check the parameters of the mode and the applied calculation methods for adequacy. The most important criterion for the operation of the power supply system is the level of electricity losses. Under changing conditions, the components of electricity losses change. In this case, the question arises of the need to study the parameters of the modes of power supply systems, identify the components of electricity losses, taking into account the asymmetry and non-sinusoidality to reduce losses in the transmission and distribution of electrical energy.

The article discusses such issues as electricity losses affect pricing. Knowledge of energy losses and their attribution to specific elements of the grid system is essential for taking measures aimed at minimizing electricity pricing and tariffs. The income of energy supply companies will depend on how objectively the calculation of regulatory losses will be made. If we do not count the energy supply companies suffer, and if we recalculate, the consumer suffers. Therefore, it is necessary to improve the methodology for calculating regulatory losses..

Keywords: power supply systems; power losses; electrical energy; system load; electrical networks.

SRSTI 620.95

https://doi.org/10.48081/JTYR5134

Sh. A. Amankeldin[1], A. A. Kalinin[2]
[1,2]Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Republic of Kazakhstan, Karaganda
e-mail: amankeldin1992@gmail.com

ENHANCING BIOMASS GASIFICATION: ANALYZING CRUCIAL PARAMETERS FOR SUSTAINABLE ENERGY PRODUCTION

Biomass gasification is a promising technology for converting organic materials into valuable gases such as syngas, hydrogen, methane, and chemical feedstocks. This process involves complex thermochemical reactions influenced by various parameters. This article explores key factors affecting product quality during biomass gasification, including feedstock composition, moisture content, particle size, operating conditions, catalysts, and sorbent-to-biomass ratio. The study sheds light on the advantages and disadvantages of different gasifier types, such as updraught, downdraught, fluidised bed, and entrained flow, highlighting their suitability for specific applications. It also delves into the significance of parameters like steam-to-biomass ratio and air equivalence ratio. The findings underscore the importance of optimizing these factors to enhance gasification efficiency and minimize undesired byproducts. Biomass gasification holds significant potential for sustainable energy production and should be explored further to harness its benefits effectively.

Keywords: Biomass, alternative source of energy, bioenergy, biofuel, biomass gasification, gasifier types.

Introduction

Biomass is any organic substance that is renewable over a period of time relating to plants and animal derived materials. Biomass consists of C and a mixture of H, O_2, N and little amount of alkali, alkaline earth, and heavy metals. The most used techniques for biomass analysis are the ultimate and proximate analysis, where the ultimate analysis is used for biomass composition of the hydrocarbon, and the proximate analysis used for moisture, fixed carbon, and ash [1].

Biomass gasification has been used to produce syngas, H_2, methane (CH_4), and chemical feedstocks. To produce these gases, biochemical and thermochemical routes can be employed. The thermochemical pathway can accommodate a broad range of biomass, and has high efficiency [2].

Fluidised bed, fixed bed gasifiers and entrained flow gasifiers are the most common type of gasifiers. Updraft gasifiers generate around 10 to 20 wt% tar in the gas [3].

Air or O_2 is added and the temperature increases to 1200-1400°C burning or pyrolysing the fuel feedstock. At the bottom of the bed the combustion gases are decreased to H_2 and C_O [3].Initial research covered information of the parameters influencing the product quality during biomass gasification. Figure 1 represents gasifier types, while table 1 shows their advantages and disadvantages.

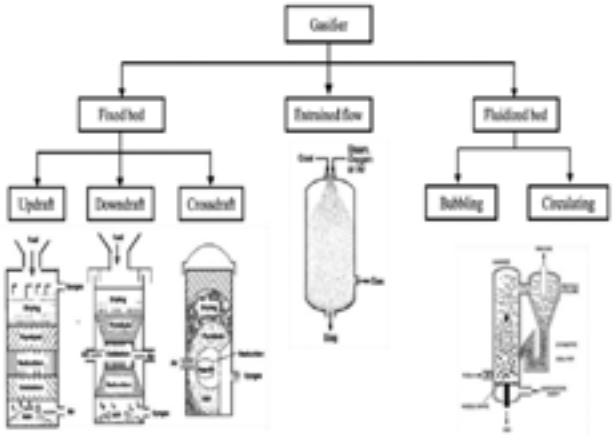


Figure 1 – Gasifier types [4]

Table 1 – advantages and disadvantages of gasifier types[4]

Gasifier type	Advantages	Disadvantages
Updraught	- minimal pressure loss; - high thermal efficiency; - rapid response to load fluctuations; - simplified construction.	- elevated tar content in producer gas; - prolonged ignition time; - significant pressure loss; - vulnerable to feedstock variations.
Downdraught	- reduced tar content in producer gas; - simplified construction.	- requires tailored design for specific feedstock; - diminished heating value producer gas; - lower thermal efficiency.
Fluidised bed	- enhanced heating value in producer gas.	- intricate construction
Entrained flow	- well-suited for fine-size feedstock and large scale facilities	- unsuitable for highly moist feedstock; - limited residence time.

Materials and methods

Parameters affecting product quality during biomass gasification:

Feedstock and moisture content

The main elements of biomass are hemicellulose, cellulose, and lignin. They play an essential part during the thermochemical conversion processes. Generally, the cellulose to lignin ratio ranges between 0.5 and 2.7 [5].

More than 2260 kJ of extra energy is required per kilogram of biomass moisture to evaporate water. Updraft fixed gasifiers can withstand up to 60 % moisture content (wet % basis), while downdraft gasifiers can tolerate feedstock content of 25 % (wet % basis). If the moisture content of a feedstock is higher than 30 wt %, it can lead to less gas production and higher tar content. Thus, the actual moisture content should be considered while calculating the steam to biomass ratio.

Figure 2 shows the moisture content impact on the biomass consumption rate. It can be seen that if biomass moisture content rises, the biomass consumption rate will decline. It might be because of high energy demand in pyrolysis and drying of the moisture biomass.

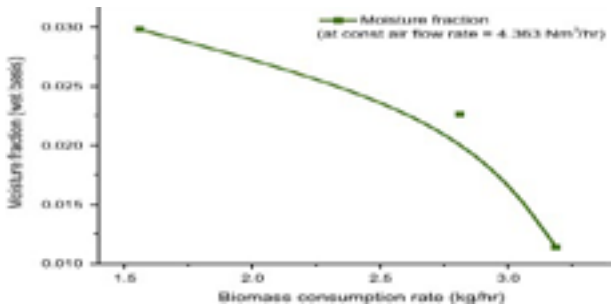


Figure 2 – Moisture content impacts on biomass consumption rate [6].

Particle size and density

It was found that feedstock particle dimensions have direct influence on produced gas. Temperature and particle heating rate have a significant impact on weight loss during BG. Small particle dimensions have perfect fluid-particle heat transfer. More regulated gasification is obtained with unchanging temperatures throughout the feedstock particle [3].

Residual char yield is higher by incomplete pyrolysis because of greater heat transfer resistance from large particles. Syngas efficiency can be improved by decreasing particle size, which can also reduce tar yields [7].

Usually, biomass feedstocks have a small densely porous structure. It was assumed that links between products and reactants occurs via non-restricted molecular transport. The low density of feedstocks can lead to unchanging temperature throughout the particles that demonstrate homogeneous gasification. Therefore, a non-homogeneous gas composition is achieved [4].

Operating conditions:

Temperature, heating rate, and the partial pressure of the gasifying agent are also essential criteria that have an impact on exit gas yield and overall biomass conversion. The reactor pressure of EFG is between 20 to 70 bar. A fast heating rate brings significant gas yields and low tar production, while a slow heating rate brings high tar production. In case of temperature increase, the Boudouard reaction (1) and the thermal cracking reaction (2) can efficiently degrade residual char and tar. The reactor temperature in FBG is about 1100°C, in FBG it is kept below 1000°C, and in EFG is greater than 1900 °C [8].

$C + CO_2 - {}_2CO + 172$ kJ mol-1 Eq.(1) [8]

Tar + heat – $CO_2 + CO + H_2 + CH_4$ + coke Eq.(2) [8]

Figure 3 represents the impact of temperature on the produced gas composition.

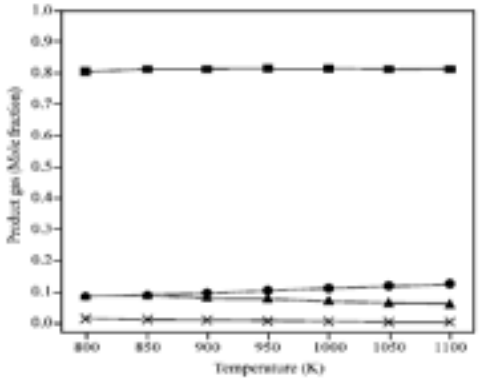


Figure 3 – Temperature effects on product gas composition. Steam-to-biomass ratio: 3. Sorbent-to biomass ratio: 1. H_2 (■), CO (●), CO_2 (▲), CH_4 (✕) [9]

Steam-to-biomass ratio (S/B):

Steam to biomass ratio has a significant impact on product yields. High S/B ratio leads to a higher H_2 yield and has a high calorific value in syngas with low tar production. Little S/B produces greater amounts of CH4 and char. Process efficiency due to energy in the surplus steam, which also detrimentally affects the temperature in the gasifier, leading to lower tar cracking. These problems highlight the importance of recognising an optimum S/B in steam BG [8].

Figure 4 demonstrates the produced gas composition for growing steam-to-biomass ratio.

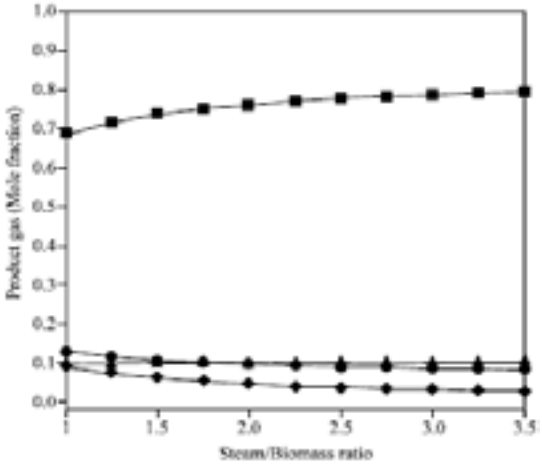


Figure 4 - Impact of S/B ratio on gas.
Biomass feed rate: 0.072 kg/ h. Temperature: 800 K. Sorbent-to-biomass ratio: 1. H_2 (■), CO (●), CO_2 (▲). CH_4 (◆) [9].
Air equivalence ratio (ER):

A high ER can decrease the yields of H_2 and CO, which raises CO_2 and decreases the calorific content of the gas. The amount of moisture and volatile species in the feedstock also has influence on ER. If moisture content is up to 15 %, it will increase gas amount and ER. A moisture content higher than 15 % will lead to irregular temperature variations [7].

Gasification occurs in an air scarce environment. Downdraft gasifiers need a value of ER ~0.25 to achieve optimal product gas yield. Efficiency in FBG is improved with the amount of ER ~0.26. In practice, a desired value of ER is 0.2–0.3. Values less than 0.2 will result in more char formation [3].

Figure 5 represents the impact of raising the air flow rate on biomass consumption rate. A rise in biomass consumption is linear to a rise in the air flow rate, because the air flow rate increment increases the combustion and a larger amount of biomass is consumed. Great amount of heat is released due to the increased rate of biomass combustion [8].

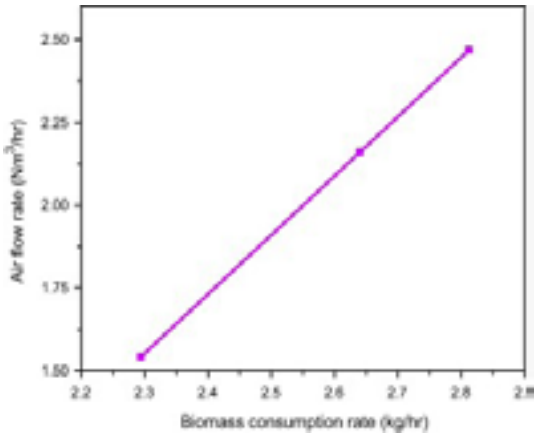


Figure 5 – Air flow rate effects on biomass consumption rate (moisture fraction = 0.0226) [8].

Catalysts:

Catalysts simplify the thermal and mass transfer resistance and play an essential part in BG. It has been found that catalysts have a positive effect in stimulating gasification. Catalysts are engaged in situ or after gasification reactions [6]. Catalysts include alumina and zeolites, Ni-based, Zn-based, dolomites and limestones, platinum- and ruthenium-based materials. A positive impact on gasification extent has alkaline metal oxides, dolomite, and Ni-based catalysts due to the capability to encourage the reformation reactions. Alumina silicates are very useful in enhancing char gasification, while Ni-based catalysts are best for the conversion of lighter hydrocarbons. Effective catalysts are under development, with the focus to improve the quality of products [3].

SER – sorbent-to-biomass ratio:

Biomass could be carbon-negative if the CO_2 released during gasification is captured and stored. Metal-based sorbents, dolomite, aluminium oxide, Ni-based sorbents, and rhodium have been researched as sorbents in biomass gasification. It was proven that solid sorbents are better than liquid sorbents in the case of CO_2 capture during BG. Sorbents remove CO2 from the BG and enhance H_2 yield. Thus, using an appropriate sorbent is desirable, and it should not hamper economic considerations [10].

Results and discussion

Feedstock and Moisture Content: The composition and moisture level of biomass significantly impact gasification outcomes. High moisture content can reduce gas production and increase tar content.

Particle Size and Density: The size of biomass particles affects gasification, with smaller particles leading to better gasification efficiency and lower tar yields.

Operating Conditions: Factors like temperature and heating rate play a crucial role in gasification efficiency and product quality. Different types of gasifiers require specific temperature ranges.

Steam-to-Biomass Ratio (S/B): The S/B ratio influences gasification product yields, with a high ratio increasing H2 yield and calorific value while reducing tar production.

Air Equivalence Ratio (ER): ER affects gas composition and calorific content, with optimal values varying for different gasifier types.

Catalysts: Catalysts can enhance gasification extent and product quality by simplifying thermal and mass transfer resistance.

Sorbent-to-Biomass Ratio (SER): Solid sorbents show promise in capturing and storing CO_2 released during gasification, potentially making the process carbon-negative.

Conclusion

Biomass gasification represents a promising avenue for sustainable energy production, offering a way to convert organic materials into valuable gases and chemical feedstocks. However, achieving optimal product quality during biomass gasification requires careful consideration of several key parameters. This study has highlighted the importance of feedstock composition, moisture content, particle size, operating conditions, catalysts, and sorbent-to-biomass ratio in influencing gasification outcomes.

Different gasifier types have their advantages and disadvantages, making them suitable for specific applications based on the desired product and operating conditions. Factors like steam-to-biomass ratio and air equivalence ratio play a crucial role in determining gas composition and overall process efficiency.

It is evident from this research that optimizing these parameters can lead to higher gas yields, lower tar production, and increased calorific value in the resulting syngas. Moreover, the use of catalysts and appropriate sorbents can further enhance gasification extent and product quality.

In conclusion, biomass gasification holds great promise for a sustainable and environmentally friendly energy source. Continued research and development efforts should focus on refining the understanding of these key parameters and optimizing gasification processes to unlock the full potential of biomass as a renewable energy resource.

REFERENCES

1 **Hassan, M.** «Modelling and simulation of biomass gasification in a circulating fluidized bed reactor,01» PhD, Aston University, 2013.

2 **Chum H. and R.** Overend, «Biomass and Renewable Fuels,» Process Technology, 2001.Vol. 71 P. 187–195,

3 **V. Sikarwar, M. Zhao, P. Clough, J. Yo, X. Zhong, M. Memon, N. Shah, E. Anthony and P. Fennell,** «An overview of advances in biomass gasification,» Energy and Environmental Science, 2016.Vol. 9. P. 2939-2977

4 **A. A. P. Susastriawan, Yuli Purwanto & Purnomo** (2021) Biomass gasifier –internal combustion engine system: review of literature, International Journal of Sustainable Engineering, 14:5, 1090-1100 – https://doi.org/10.1080/19397038.2020.1821404

5 **H. Mukunda, S. Dasappa, P.** Paul and Rajaan, «Energy,» Sustainable development, vol. 1, P. 27-38, 1994.

6 **S. Sharma and P. Sheth,** «Air-steam biomass gasification,» Energy Conversion and management, Vol. 110. 307–318, 2016.

7 **H. de Lasa, E. Salaices, J. Mazumder and Lucky,** «Catalytic steam gasification of biomass» Chemical Reviews, Vol. 111, No. 97. P. 5404-5433, 2011.

8 **P. Basu,** «Biomass Gasification and Pyrolisys: Practical Design» 2010.

9 A. Inayat, M. Ahmad, M. Mutalib and S. Yusup, «Science Alert» 2010.

10 **P. Parthasarathy and K. Narayanan,** «Hydrogen production from steam gasification of biomass:influence of process parameters on hydrogen yield-a review,» Renewable Eergy, vol. 66. P. 570-579, 2014.

Accepted for publication on 28.11.23

**Ш. А. Аманкельдин[1], А. А. Калинин[2]*
[1,2]Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

БИОМАССАНЫ ГАЗДАНДЫРУДЫ ЖЕТІЛДІРУ: ТҰРАҚТЫ ЭНЕРГИЯ ӨНДІРУ ҮШІН НЕГІЗГІ ПАРАМЕТРЛЕРІН ТАЛДАУ

Биомассаны газдандыру – органикалық материалдарды сингаз, сутегі, метан және химиялық шикізат сияқты бағалы газдарға айналдырудың перспективті технологиясы. Бұл процесс әртүрлі параметрлердің әсерінен болатын күрделі термохимиялық реакцияларды қамтиды. Бұл мақалада биомассаны газдандыру

кезінде өнім сапасына әсер ететін негізгі факторлар, соның ішінде жем құрамы, ылғалдылық, бөлшектердің мөлшері, жұмыс жағдайлары, катализаторлар және сорбент пен биомасса қатынасы қарастырылады. Шолуда жоғары ағын, төмен ағын, сұйылтылған төсек және тартылған ағын сияқты газдандыру құрылғыларының әртүрлі түрлерінің артықшылықтары мен кемшіліктері зерттеліп, олардың нақты қолданбаларға жарамдылығы көрсетіледі. Будың биомассаға қатынасы және ауа эквиваленттік коэффициенті сияқты параметрлердің маңыздылығы да қарастырылады. Нәтижелер газдандыру тиімділігін арттыру және қажетсіз жанама өнімдерді азайту үшін осы параметрлерді оңтайландырудың маңыздылығын көрсетеді. Биомассаны газдандыру тұрақты энергия өндіру үшін маңызды әлеуетке ие және оның артықшылықтарын тиімді пайдалану үшін одан әрі зерттеуді қажет етеді.

Кілтті сөздер: биомасса, баламалы энергия көзі, биоэнергетика, биоотын, биомассаны газдандыру, газдандырғыштардың түрлері.

Ш. А. Аманкельдин[1], А. А. Калинин[2]
[1,2]Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Республика Казахстан, г. Караганда.
Принято к изданию 28.11.23.

УЛУЧШЕНИЕ ГАЗИФИКАЦИИ БИОМАССЫ: АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ

Газификация биомассы - перспективная технология преобразования органических материалов в ценные газы, такие как сингаз, водород, метан и химическое сырье. Этот процесс включает в себя сложные термохимические реакции, на которые влияют различные параметры. В данной статье рассматриваются основные факторы, влияющие на качество продукта при газификации биомассы, включая состав сырья, его влажность, размер частиц, условия эксплуатации, катализаторы и соотношение сорбента и биомассы. Обзор рассматривает преимущества и недостатки различных типов газификаторов, таких как восходящие, нисходящие, с псевдоожиженным слоем и с увлекаемым потоком, подчеркивая их пригодность для решения конкретных задач. Также рассматривается значение таких параметров, как соотношение пара

и биомассы и коэффициент эквивалентности воздуха. Полученные результаты подчеркивают важность оптимизации этих параметров для повышения эффективности газификации и минимизации нежелательных побочных продуктов. Газификация биомассы обладает значительным потенциалом для устойчивого производства энергии и требует дальнейшего изучения для эффективного использования ее преимуществ.

Ключевые слова: биомасса, альтернативный источник энергии, биоэнергетика, биотопливо, газификация биомассы, типы газификаторов.

FTAMP 44.39.01

https://doi.org/10.48081/ZNDI9686

***А. К Ашимова[1], А. А. Бектасова[2], К. Б. Шакенов[3], Е. А Сарсенбаев[4]**

[1,2,3,4,]Satbayev University, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.,
e-mail: Ashimova_ak@mail.ru

ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ЖИНАҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІ

Бұл мақалада жел мен күн сияқты жаңартылатын энергия көздерінің өсіп келе жатқан интеграциясына байланысты электр энергетикасы жүйесінде барған сайын өзекті болып келе жатқан дискілерді дамыту қарастырылған. Жаңартылатын энергия көздері өзгермелі және болжанбайтын табиғатымен танымал, бұл электр жүйесінің тұрақтылығын сақтау үшін қиындықтар тудыруы мүмкін. Батареялар сияқты сақтау құрылғылары төмен өндіріс кезеңдерінде пайдалану үшін жаңартылатын көздерден өндірілетін артық энергияны сақтау құралдарын қамтамасыз ету арқылы осы мәселелерді шешуге көмектеседі.

Сақтау құрылғыларының электр жүйесінің тұрақтылығын арттырудың бір жолы-жаңартылатын энергия өндірісінің ауытқуларына қарсы буферді қамтамасыз ету. Мысалы, күн энергиясы жоғары өндірілген кезде, артық энергия кейінірек пайдалану үшін батареяларда сақталуы мүмкін және босқа кетпейді. Бұл жаңартылатын энергия өндірісінің төмен деңгейінде де желіге тұрақты энергия жеткізілімін қамтамасыз етуге көмектеседі. Сонымен қатар, үнемдеулерді нақты уақыт режимінде сұраныс пен ұсынысты теңестіру арқылы желіні тұрақтандыруға көмектесетін жиілікті реттеу сияқты қолдау қызметтерін көрсету үшін пайдалануға болады. Соңғы жылдардағы зерттеу бағыттарының бірі-энергияны сақтау жүйелері үшін жақсы басқару алгоритмдерін жасау. Бұл зерттеулердің мақсаты әртүрлі жұмыс сценарийлерінің шығындары мен артықшылықтарын ескере отырып, энергияны сақтау жүйелерінің жұмысын оңтайландыратын алгоритмдерді әзірлеу болып табылады.

Кілтті сөздер: жаңартылатын энергия, сақтау құрылғылары, энергия сақтау жүйелері, күн энергиясы, желілік инфрақұрылым.

Кіріспе

Соңғы жылдары электр энергетикасы жүйелеріне арналған жинақтағыштарды әзірлеу энергетика секторындағы зерттеулер мен әзірлемелердің негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Себебі дискілер қажет болған жағдайда қосымша қуат беру және ең жоғары сұраныс кезеңінде сенімді қызмет көрсету арқылы электр желісінің тұрақтылығын арттыруға көмектеседі. Сонымен қатар, олар жиілікті реттеу және кернеуді қолдау сияқты маңызды қызметтерді ұсына алады. Нәтижесінде электр энергиясын сақтау технологияларының әртүрлі түрлерін және олардың бүкіл әлем бойынша электр желілерінде әлеуетті қолданылуын зерттеуге үлкен қызығушылық пайда болды.

Бүгінгі таңда электр энергиясын сақтау технологиясының ең көп қолданылатын түрі-аккумуляторға негізделген жүйелер. Олар әдетте энергияны жаңартылатын көздерден немесе атом электр станциялары сияқты басқа көздерден сақтайтын қайта зарядталатын литий-ионды батареялардың үлкен блоктарынан тұрады. Батареялар газ турбиналары немесе көмір электр станциялары сияқты дәстүрлі генерация түрлеріне қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие; мысалы, Олар осы әдістерге қарағанда тиімдірек, уақыт өте аз техникалық қызмет көрсетуді қажет етеді және шығарындылар шығармайды. Дегенмен, аккумуляторға негізделген жүйелердің кемшіліктерінің бірі-олардың басқа опциялармен салыстырғанда қымбаттығы.

Үнемдеулердің тағы бір артықшылығы-олар беру және тарату жүйелерін шамадан тыс жүктеместен желіге жаңартылатын энергияның үлкен көлемін біріктіруді қамтамасыз ете алады. Жаңартылатын энергияның енуі өскен сайын, дәстүрлі желілік инфрақұрылым жүктемеге ұшырауы мүмкін, бұл электр энергиясының сапасына және ықтимал ажыратуларға әкелуі мүмкін. Сақтау құрылғыларының қосылуымен артық жаңартылатын энергия кейінірек жинақталып, пайдаланылуы мүмкін, бұл энергияны беру және тарату жүйелеріне жүктемені азайтады және электр желісінің тұрақтылығын арттырады.

Жалпы алғанда, үнемдеулерді дамыту электр энергетикасы жүйесінің тұрақтылығын едәуір арттыра алады, бұл оны сенімді және жаңартылатын энергия көздерін біріктіруге төзімді етеді. Тұрақты энергетиканың маңыздылығының артуымен және энергияны сақтау технологияларының құнының төмендеуімен коммуналдық қызметтер, үкіметтер және жеке сектор Энергияны сақтаудың ауқымды шешімдеріне инвестиция салады. Бұл электр энергетикасы жүйесіне жаңартылатын энергия өндірудің жоғары кезеңінде де тұтынушыларға энергияны сенімді түрде жеткізуге мүмкіндік береді.

Материалдар мен әдістер

Батареялардан басқа, маховиктер электр қуатын сақтаудың тағы бір түрі болып табылады, олар соңғы уақытта батареяларға қарағанда әлеуетті үнемдеудің арқасында айтарлықтай назар аударуда. Маховиктер болат немесе бетон сияқты ауыр материалдардан жасалған айналмалы роторларда жинақталған кинетикалық энергияны пайдаланады; бұл энергияны қажет болған жағдайда роторлардың айналуын бәсеңдету немесе жеделдету арқылы сұраныс бойынша шығаруға болады. Негізгі артықшылығы-маховиктерді жасау батареяларға қарағанда аз материалдарды қажет етеді, бұл кейбір жағдайларда оларды арзанырақ етеді. Сондай-ақ, маховиктер батареялар сияқты химиялық реакцияларға тәуелді емес болғандықтан, олар ұзаққа созылады және аз күтімді қажет етеді .

Батареялар электр желісінің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады, өйткені олар оның тұрақтылығы мен сенімділігін арттыруға көмектеседі. Батареялар ең жоғары сұраныс кезеңінде немесе жүйе тұрақсыз болған кезде пайдалануға болатын энергияны сақтау арқылы жұмыс істейді. Осылайша, батареялар жүктеменің немесе жиіліктің ауытқуын тегістеуге көмектеседі, әйтпесе тұрақсыздық пен ажыратуға әкелуі мүмкін.

Батареялар әр түрлі болады, соның ішінде батареялар, маховиктер және сығылған ауа жүйелері. Батареялар батареяның ең көп таралған түрі болып табылады, себебі олардың құны төмен және орнату оңай. Олар сондай-ақ жылдам жауап беру уақытын қамтамасыз етеді, бұл оларды Шығыс қуатының жылдам өзгеруін қажет ететін жиілікті реттеу сияқты қолданбаларға қолайлы етеді. Маховиктер жақсы сыйымдылықты қамтамасыз етеді, бірақ батареяларға қарағанда көбірек орын қажет және жауап беру уақыты салыстырмалы түрде баяу. Олар жоғары қысымды энергияны сақтау үшін сығылған ауаны пайдаланады, бұл оларды ұзақ мерзімді жинақталған энергия қажеттіліктері бар ауқымды қолданбалар үшін өте қолайлы етеді .

Маховиктер энергияны жылдам айналатын дөңгелекте кинетикалық энергия ретінде сақтайды. Олар энергияны қысқа мерзімді сақтау үшін пайдаланылуы мүмкін және электр энергиясына сұраныстың өзгеруіне тез жауап береді.

Батареялар электр энергиясын сақтау және босату үшін химиялық реакцияларды пайдаланады. Олар энергияны қысқа мерзімді сақтау үшін пайдаланылуы мүмкін және электр энергиясына сұраныстың өзгеруіне тез жауап береді.

Батареялар жүктеменің немесе жиіліктің кенеттен өзгеруінен туындаған кернеудің ауытқуын азайту арқылы қуат жүйесінің тұрақтылығын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Ең жоғары сұраныс кезеңінде жүйеден артық энергияны сіңіру арқылы батареялар жүйенің тұрақсыздығын немесе тіпті істен шығуын тудыруы мүмкін шамадан тыс жүктемелердің алдын алады.

Бұл электр энергиясының бүкіл желіге сенімді жеткізілуін қамтамасыз етуге және шамадан тыс жүктеме салдарынан болатын зақымдарға байланысты қымбат жөндеуден аулақ болуға көмектеседі. Сонымен қатар, қажет болған жағдайда аккумуляторлардың көптеген түрлері желіде тез таусылуы мүмкін болғандықтан, олар электр желілерінің зақымдануы немесе техникалық қызмет көрсетудің жоспарлы үзілістері сияқты күтпеген оқиғалар кезінде де жұмыс істеуге көмектесетін төтенше резервтер ретінде әрекет ете алады.

Сорғы гидравликалық аккумуляторлары - энергияны сақтау түрі суды резервуарға жоғары қарай айдау үшін артық энергияны пайдаланады, содан кейін сұраныс артқан кезде электр энергиясын өндіру үшін оны турбиналар арқылы төмен түсіреді. Бұл әдіс өте үнемді шешім болып табылады және оны ұзақ мерзімді энергияны сақтау үшін пайдалануға болады.

Энергияны сығылған ауада сақтау, бұл әдісте артық энергия ауаны қысу үшін пайдаланылады, содан кейін ол қараусыз қалған шахтада немесе жер асты үңгірінде жер астында сақталады. Энергия қажет болған кезде сығылған ауа шығарылады және турбинаның көмегімен электр энергиясын өндіруге жұмсалады.

Жылу энергиясының жинақталуы, сақтаудың бұл түрі балқытылған тұз сияқты ортада жылудың жиналуын қамтиды, оны кейіннен термодинамикалық процесс арқылы электр энергиясын өндіру үшін пайдалануға болады.

Күкірт-натрий батареялары-жоғары температуралы күкірт-натрий батареялары энергияны сақтау үшін де қолданылады және ұзақ уақыт бойы үлкен көлемдегі энергияны сақтауға қабілетті. Олар көбінесе күн және жел энергиясы сияқты жаңартылатын энергия көздерімен бірге қолданылады.

Бұл энергияны сақтау жүйелерінің барлығында әртүрлі нақты механизмдер, техникалық бөлшектер мен параметрлер бар, бірақ олардың мақсаты – электр қуатына сұраныстың өзгеруіне тез жауап беруге және үзілістер кезінде резервтік қуат көзін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін жүйенің буферін қамтамасыз ету. Бұл айналмалы резервтерге деген қажеттілікті азайту және үзілістер кезінде резервтік қуат көзін қамтамасыз ету арқылы электр желісінің тұрақтылығын арттыруға көмектеседі.

Соңғы жылдардағы зерттеу бағыттарының бірі-энергияны сақтау жүйелері үшін жақсы басқару алгоритмдерін жасау. Бұл зерттеулердің мақсаты әртүрлі жұмыс сценарийлерінің шығындары мен артықшылықтарын ескере отырып, энергияны сақтау жүйелерінің жұмысын оңтайландыратын алгоритмдерді әзірлеу болып табылады. Мысалы, кейбір зерттеулер жүйенің тұрақтылығын сақтай отырып, шығындарды азайту үшін энергияны сақтау және сақтау жүйесінен шығару үшін энергияның оңтайлы мөлшерін анықтай алатын алгоритмдерді әзірлеуге бағытталған.

Зерттеудің тағы бір саласы – сутегі сияқты баламалы энергияны сақтау технологияларын қолданатын немесе литий-ионды батареялар сияқты қолданыстағы технологиялардың энергия тығыздығын жақсарту үшін энергияны сақтау жүйелерін дамыту. Зерттеушілер кремний, литий күкірті немесе литий ауасы сияқты материалдарды пайдалану арқылы батареялардың энергия тығыздығын арттыру және оларды тұрақты ету жолдарын іздейді.

Сондай-ақ, энергияны сақтау жүйелерін энергия жүйесімен біріктіру бойынша көптеген зерттеулер жүргізілді. Бұл зерттеулердің мақсаты жүйенің жалпы тұрақтылығын арттыру үшін көптеген шағын таратылған энергия сақтау жүйелерін үйлестіре алатын басқару жүйелерін әзірлеу болып табылады. Бұл зерттеу энергияны сақтау жүйелерінің жұмысын оңтайландыру және электр энергетикасы жүйесінің жалпы тиімділігін арттыру үшін пайдаланылуы мүмкін байланыс протоколдары мен басқару жүйелерін әзірлеуге бағытталған.

Энергияны сақтау құрылғыларын әзірлеуге қатысты көптеген басқа зерттеу тақырыптары бар, мысалы, әртүрлі жұмыс жағдайында энергияны сақтау жүйелерінің әртүрлі түрлерінің өнімділігін зерттеу, энергияны сақтау жүйелерінің жалпы энергия жүйесінің тұрақтылығы мен сенімділігіне әсерін зерттеу және әртүрлі энергия сақтау жүйелерінің экономикалық артықшылықтарын бағалау.

Жалпы, қазіргі уақытта электр энергетикасы жүйесінің тұрақтылығын арттыру үшін энергияны сақтау жүйелерін әзірлеуге бағытталған зерттеулер көлемі артып келеді. Зерттеушілер жақсырақ басқару алгоритмдерін әзірлеуге, Энергияны сақтаудың балама технологияларын зерттеуге және энергия сақтау жүйелерін энергия жүйесіне біріктіру жолдарын табуға бағытталған. Бұл зерттеулердің мақсаты энергияны сақтаудың тиімдірек, үнемді және экологиялық таза жүйелерін әзірлеу және электр энергетикасы жүйесінің жалпы тұрақтылығы мен сенімділігін арттыру болып табылады.

Батареялар мен суперконденсаторлар сияқты дискілерді әзірлеу соңғы жылдары электр жүйесінің тұрақтылығын арттыруға бағытталған маңызды зерттеулердің тақырыбы болды. Дискілерді пайдалану күн мен жел энергиясы сияқты жаңартылатын энергия өндірісін тегістеуге мүмкіндік береді, ол өзгермелі және болжау мүмкін емес.

Осы саладағы негізгі зерттеу бағыттарының бірі-литий-ионды батареялар сияқты озық аккумуляторлық технологияларды әзірлеу. Бұл батареялардың жоғары энергия тығыздығы және ұзақ қызмет ету мерзімі бар, бұл оларды электр көліктерінде және электр энергиясын сақтау жүйелерінде қолдануға ыңғайлы етеді. Зерттеушілер сонымен қатар литий-ионды батареялардың беріктігі мен қауіпсіздігін жақсарту және олардың құнын төмендету үшін жұмыс істейді.

Зерттеудің тағы бір маңызды бағыты-батареяларға қарағанда энергия тығыздығы жоғары және тез зарядталатын және заряды таусылатын суперконденсаторларды жасау. Бұл құрылғылар жаңартылатын энергия өндірісіндегі тербелістерді тегістеу сияқты электр желілерінде пайдалану үшін энергияны қысқа мерзімді сақтауды қамтамасыз ету әдісі ретінде ұсынылды.

Энергияны сақтаудың басқа да жаңа технологиялары бар, мысалы, сығылған ауада энергияны сақтау, маховиктерде энергияны сақтау және жылу энергиясын сақтаудың басқа әдістері, олардың тиімділігін, рентабельділігін және ауқымдылығын арттыру мақсатында зерттелген.

Нәтижелер және талқылау Тұтастай алғанда, энергияны сақтау құрылғыларын әзірлеу саласындағы зерттеулер озық технологияларды пайдалану арқылы электр энергетикасы жүйесінің сенімділігі мен тұрақтылығын арттыруға бағытталған. Бұл энергия мен қуаттың тығыздығы жоғары, қызмет ету мерзімі ұзағырақ, қауіпсіздігі мен тиімділігі жоғары құрылғыларды әзірлеуді қамтиды.

Электр энергиясын сақтау технологиясының осы екі түрінен басқа, суперконденсаторларды балама нұсқа ретінде пайдалануға қызығушылық артып келеді. Суперконденсаторлар стандартты конденсаторларға ұқсас, бірақ құрамында металл пластиналардан гөрі графен электродтары бар; осының арқасында олар дәстүрлі конденсаторларға қарағанда едәуір көп энергияны сақтай алады және уақыт өте келе тиімділігін жоғалтпай тез зарядсызданады. Суперконденсатор технологиясы жоғарыда аталған басқа түрлермен салыстырғанда әлі де салыстырмалы түрде жаңа болса да, ол өндіріс процестеріне байланысты төмен шығындармен біріктірілген өнімділіктің ықтимал жоғары деңгейіне байланысты перспективалы.

Электр желісінің тұрақтандырғыштары-бұл электр желісінің тұрақтылығын арттыру үшін қолданылатын құрылғылар. Олар электр жүйесіндегі өзгерістерді анықтау арқылы жұмыс істейді, содан кейін жүйені тұрақтандыру үшін жүйедегі генераторларға түзету сигналдарын береді. Олар әдетте жүйені үнемі бақылайтын және тұрақтылықты сақтау үшін генератордың қозуын немесе негізгі қозғалтқыштың қуатын реттейтін басқару алгоритмін пайдаланады. Кейбір тұрақтандырғыштар түзету сигналдарының берілу уақытын анықтау үшін жүйенің жиілігін немесе электр қуатын өлшеуді қолданады. Басқа тұрақтандырғыштар түзету сигналдарының берілу уақытын анықтау үшін генератордың роторының айналу бұрышын немесе электр қуатын өлшеуді қолданады.

Қуат жүйесінің тұрақтылығын арттыру үшін пайдалануға болатын батареяның мысалы синхронды конденсатор болып табылады. Синхронды конденсатор-бұл электр желісіндегі нақты және реактивті қуатты қамтамасыз

ете алатын және жүйенің тербелістерін демпферлеуге мүмкіндік беретін жүйені тұрақтандыруға көмектесетін құрылғы түрі.

Тағы бір мысал-электр желісіндегі реактивті қуатты қамтамасыз ету үшін қолданылатын статикалық вариациялық компенсатор. Оны жүйеге берілетін реактивті қуат мөлшерін жылдам және дәл бақылау үшін пайдалануға болады, бұл жүйенің тұрақтылығын жақсартуға көмектеседі.

Бұл құрылғылардың барлығы электр желісінің тербелістерін бәсеңдету және жүйенің жиілігін тұрақтандыру арқылы электр желісінің тұрақтылығын арттыруға көмектеседі.

Қорытынды Тұтастай алғанда, энергия жүйелері үшін энергияны сақтау аймағы тез дамып келеді және электр жүйесінің тұрақтылығы мен сенімділігін арттыру үшін үлкен әлеуетке ие, әсіресе жаңартылатын энергия көздерімен үйлескенде. Алайда, осы әлеуетті толық іске асыру және энергияны сақтау жүйелерімен байланысты техникалық және экономикалық қиындықтарды жеңу үшін қосымша зерттеулер қажет.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Технологии хранения электрической энергии [Текст]. – [Электрондық ресурс] – https://esfccompany.com/articles/tekhnologii/tekhnologii-khraneniya-elektricheskoy-energii/

2 Накопители энергии для эффективной работы энергосистемы [Текст]. [Electronic resourc] – https://www.elec.ru/publications/peredacha-raspredelenie-i-nakoplenie-elektroenergi/5399

3 Системы аккумулирования электрической энергии [Текст]. [Электрондық ресурс] – http://nacep.ru/novosti-energetiki/alternativnaya-energetika/sistemy-akkumulirovaniya-elektricheskoj-energii.html

4 Electrical Energy Storage [Текст]. [Электрондық ресурс] – https://storage-iecwebsite-prd-iec-ch.s3.eu-west-1.amazonaws.com/2019-09/content/media/files/iec_wp-electrical_energy_storage-en.pdf

5 Electricity storage technologies [Текст]. [Электрондық ресурс] – https://esfccompany.com/en/articles/technology/electricity-storage-technologies

6 Накопители электрической энергии для систем генерирования электрической энергии [Текст]. [Электрондық ресурс] – https://cyberleninka.ru/article/n/nakopiteli-elektricheskoy-energii-dlya-sistem-generirovaniya-elektricheskoy-energii-analiticheskiy-obzor?ysclid=lniiiuc2gn244702171

7 Альтернативные хранилища энергии [Текст]. – https://konstantin-morenko-2.gitbook.io/electrical-technologies-and-batteries/khranenie-energii/battery-types/alternatives

8 Renewable energy Alternative Energy Sources Today [Текст]. [Электрондық ресурс] – https://www.alternative-energies.net/alternativeenergysources/

9 Electricity Energy Storage Technology Options. A White Paper Primer on Applications, Costs and Benefits [Текст]. – // EPRI, Palo Alto, CA: December 2010. 1020676. — P. 170. 4. E y e r, J. Energy Storage for the Electricity Grid: Benefits and Market Potential Assessment Guide.

10 Электронный ресурс. The Strategic Energy Technology Plan. European Commission, 2017. [Текст]. – https://ec.europa.eu/energy/en/topics/technology-andinnovation/strategic-energy-technology-plan

REFERENCES

1 Tekhnologii hraneniya elektricheskoj energii [Electric energy storage technologies] [Text]. – [Electronic resourc] – https://esfccompany.com/articles/tekhnologii/tekhnologii-khraneniya-elektricheskoy-energii/

2 Nakopiteli energii dlya effektivnoj raboty energosistemy [Energy storage for efficient operation of the power system] [Text]. – [Electronic resourc] – https://www.elec.ru/publications/peredacha-raspredelenie-i-nakoplenie-elektroenergi/5399/

3 Sistemy akkumulirovaniya elektricheskoj energii [Electric energy storage systems] [Text]. – [Electronic resourc] – http://nacep.ru/novosti-energetiki/alternativnaya-energetika/sistemy-akkumulirovaniya-elektricheskoj-energii.html

4 Electrical Energy Storage [Text]. – [Electronic resourc] – https://storage-iecwebsite-prd-iec-ch.s3.eu-west-1.amazonaws.com/2019-09/content/media/files/iec_wp-electrical_energy_storage-en.pdf

5 Electricity storage technologies [Text]. – [Electronic resourc] – https://esfccompany.com/en/articles/technology/electricity-storage-technologies/

6 Nakopiteli elektricheskoj energii dlya sistem generirovaniya elektricheskoj energii [Electric energy storage devices for electric energy generation systemshttps] [Text]. – [Electronic resourc] – https://cyberleninka.ru/article/n/nakopiteli-elektricheskoy-energii-dlya-sistem-generirovaniya-elektricheskoy-energii-analiticheskiy-obzor?ysclid=lniiiuc2gn244702171

7 Al'ternativnye hranilishcha energii [Alternative energy storage] [Text]. – https://konstantin-morenko-2.gitbook.io/electrical-technologies-and-batteries/khranenie-energii/battery-types/alternatives

8 Renewable energy Alternative Energy Sources Today [Text]. [Electronic resourc] – https://www.alternative-energies.net/alternativeenergysources/

9 Electricity Energy Storage Technology Options. A White Paper Primer on Applications, Costs and Benefits [Text]. – // EPRI, Palo Alto, CA: December 2010. 1020676. – P. 170. 4. E y e r, J. Energy Storage for the Electricity Grid: Benefits and Market Potential Assessment Guide.

10 The Strategic Energy Technology Plan. European Commission, 2017. [Text]. – [Electronic resourc] – https://ec.europa.eu/energy/en/topics/technology-and innovation/strategic-energy-technology-plan

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

А. К. Ашимова[1], А. А. Бектасова[2], К. Б. Шакенов[3], Е. А. Сарсенбаев[4]
[1,2,3,4]Satbayev University, Республика Казахстан, г. Алматы
Принято к изданию 28.11.23.

СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В этой статье рассматривается развитие накопителей, которые становятся все более актуальными в электроэнергетической системе из-за растущей интеграции возобновляемых источников энергии, таких как ветер и солнце. Возобновляемые источники энергии известны своей изменчивой и непредсказуемой природой, что может создать проблемы для поддержания стабильности электрической системы. Устройства хранения, такие как батареи, могут помочь решить эти проблемы, предоставляя средства хранения избыточной энергии, производимой из возобновляемых источников, для использования в периоды низкого производства.

Один из способов повысить устойчивость электрической системы накопительных устройств – обеспечить буфер против колебаний производства возобновляемой энергии. Например, когда солнечная энергия генерируется высоко, избыточная энергия может храниться в батареях для последующего использования и не тратиться впустую. Это помогает обеспечить стабильные поставки энергии в сеть даже при низком уровне производства возобновляемой энергии. Кроме того, сбережения можно использовать для предоставления вспомогательных услуг, таких как регулировка частоты, которая помогает стабилизировать сеть, уравновешивая спрос и предложение в режиме реального времени. Одним из направлений исследований последних лет является разработка лучших алгоритмов управления для систем хранения энергии. Целью этих исследований является разработка алгоритмов, оптимизирующих работу систем хранения энергии с учетом затрат и преимуществ различных сценариев работы.

Ключевые слова: возобновляемая энергия, устройства хранения, системы хранения энергии, солнечная энергия, сетевая инфраструктура

Ashimova A.[1], Bektassova[2] A., Shakenov K.[3], Sarsenbayev Y.[4]
[1,2,3,4]Satbayev University, Republic of Kazakhstan, Almaty
Accepted for publication on 28.11.23.

ELECTRICITY STORAGE SYSTEMS

This article examines the development of storage devices that are becoming increasingly relevant in the electric power system due to the confirmatory integration of renewable energy sources such as wind and solar. Renewable energy sources are known for their volatile and unacceptable nature, which can create problems for maintaining the stability of the electrical system. Such as batteries can help solve these problems by providing means to save energy produced from renewable sources for use during a period of low production.

One of the options to increase the stability of the electrical system of storage devices is to secure the buffer against interruptions in the production of renewable energy. For example, when solar energy is generated high, the beaten energy can run in batteries for later use and not be wasted. This will help to ensure a stable position of energy in the Grid even with a low level of renewable energy production. In addition, Sberbank can use it to provide additional services, such as the regulation of the part that helps to stabilize the network, establishing distribution and supply in real time. One of the areas of research in recent years is the development of the best control algorithms for the energy system. The purpose of these studies is to develop algorithms that optimize the operation of the energy storage system, taking into account the costs and the creation of various work scenarios.

Keywords: renewable energy, energy device, energy systems, solar energy, network infrastructure.

FTAMP 50.05, 50.41

https://doi.org/10.48081/NDRJ1303

***А. Т. Байдилдина[1], К. Алибеккызы[2], С. А. Бельгинова[3], И. М. Увалиева[4], М. А. Рақышева[5]**

[1,2,4,5]Д. Серікбаев атындағы Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университет, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ;
[3]Туран Университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

ТҰРҒЫН ҮЙЛЕРДІҢ МИКРОКЛИМАТЫН (ТЕМПЕРАТУРАСЫН) БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Жұмыс барысында тұрғын үйлердің жылу режимдерінің температурасын бақылау нақтылығын оңтайландыру тақырыбы көтерілді. Зертеу тақырыбының өзектілігі адам өміріне үй-жайларды температуралық режимдерді әсеріне сәйкес бағалау әдістемелік аспектілері одан әрі дамыту үшін практикалық қажеттілігіне байланысты болады. Орталықтандырылған жылумен жабдықтау – бұл жылу энергиясын өндіруге, тасымалдауға және тұтынушылар арасында бөлуге арналған инженерлік құрылымдардың кешенді жиынтығы қарастырылған.

Зерттеу әдісі тұрғын үйлердегі температураны оңтайлы автоматтандырылған бақылаудың қолданыстағы шешімдерін талдау болып табылады, оның негізінде тұрғын үйдегі температура режимдерін оңтайлы автоматтандырылған бақылаудың математикалық моделі мен алгоритмін қолдана отырып іске-асырылды.

Тұрғын үйлерлдің температуран бақылау мен басқарудың тиімділігі әдістер мен құралдарды оңтайлы таңдауға байланысты болып бабылады, соған орай бақылау құралдарының дәлдігі мен экономикалық көрсеткіштермен сипатталады.

Зерттеу нәтижесі тұрғын үй немесе жеке жайлардағы температуралық режимдердің адам өміріне әсері зор екенің көрсетті, және алынған нәтижелерге сәйкес температура режимдерін басқару жүйелерін талдауы келтірілген.

Бағдарламалық құралдармен бақылау дәлдігін есептеу көрсетілген. Күрделі техникалық, экологиялық, әлеуметтік-экономикалық және басқа объектілерді олардың өмірлік циклінің кез-келген кезеңінде басқару процесі бірнеше міндетті кезеңдердері зерттелген.

Кілтті сөздер: оңтайландыру, бақылау көрсеткіштері, температура жүйесі, тұрғын үй, микроклимат.

Кіріспе

Орталықтандырылған жылумен жабдықтау – бұл жылу энергиясын өндіруге, тасымалдауға және тұтынушылар арасында бөлуге арналған инженерлік құрылымдардың кешенді жиынтығы. Тұрғын үй, қоғамдық және өндірістік ғимараттарды жылыту, желдету және ыстық сумен қамтамасыз ету шамамен 70 % құрайды, ал технологиялық қажеттіліктер елдегі жалпы жылу тұтынудың тек 30 % жуығын құрайды. Жаһандық энергетикалық дағдарыс пен табиғи ресурстардың тапшылығы проблемасы жағдайында энергия ресурстарын үнемдеу тақырыбы бұрынғыдан да өткір болып отыр [1].

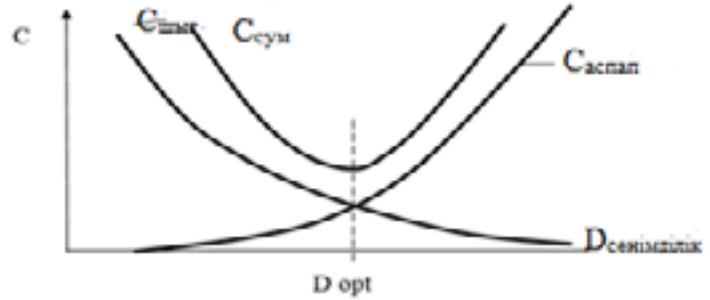
Сонымен қатар, адамдар ұзақ уақыт келетін аумақтардағы қанағаттанарлықсыз температура жағдайлары адамның жағдайына әсер етеді, оның өнімділігін төмендетеді, ауруға, тіпті жарақатқа әкелуі мүмкін.

Қарапайым тұрғын үйлер жеткілікті тұрақты жылу жағдайларымен сипатталады, өйткені бұл бөлмелерде әдетте бір қабырға сыртқы атмосферамен байланыста болады. Мұның жалғыз ерекшелігі – бірінші қабаттардағы пәтерлер және сыртқы қоршауларға байланысты суық радиация басым болатын шағын ғимараттар [2,3].

Тұрғын үй-жайлардың микроклиматын бақылау мен басқарудың тиімділігі әдістер мен құралдарды оңтайлы таңдауға байланысты болады, соған байланысты бақылау құралдары дәлдік пен экономикалық көрсеткіштермен сипатталады.

Материалдар мен тәсілдер

Тұрғын үй-жайлардың микроклиматын бақылау мен басқарудың тиімділігі әдістер мен құралдарды оңтайлы таңдауға байланысты. Бақылау құралдары дәлдік пен экономикалық көрсеткіштермен сипатталады. Бақылау сапасының көрсеткіші сенімділік болып табылады. Сенімділіктің жоғарылауымен бақылау құны өсетіні белгілі. Бірақ, сонымен бірге, қате шешімдер мен осы қателіктердің материалдық салдары ықтималдығы азаяды. Математикалық тұрғыдан алғанда, жалпы шығындар, оның ішінде операциялық шығындар 1-суретте көрсетілгендей көрсетілген компоненттердің қосындысын білдіреді.



Сурет 1 – Температураны бақылау жүйесіндегі сенімділік деңгейін оңтайландырудың графикалық үлгісі

С-шығындар;

$C_{сум}$ – сомалы жиынтық шығындар;

$C_{шығын}$ – функциясындағы шығындар;

$C_{аспап}$ – шығындар-жабдықты сатып алу және пайдалану шығындары;

D – сенімділік

D_{opt} – оңтайлы сапа

Бақылау процесін оңтайландырудың міндеті-бақылау жүйесіне жұмсалатын шығындардың (яғни жабдықты сатып алу мен пайдалану шығындарының) және 1-суретте көрсетілгендей сенімділік функциясындағы сол кезеңдегі шығындардың мөлшерін азайту. Бұл тапсырмадағы шығындар белгілі бір жағдайда орташа адамның өмір сүру құнымен өлшенеді, онда оның тіршілік ету ортасындағы температура маңызды параметр болып табылады.

Аналитикалық түрде жабдықты сатып алу шығындарының мақсатты функциясы және бақылаудың сенімділігі функциясында жоғарыда көрсетілген шығындар келесі түрде ұсынылуы мүмкін:

$$C_{\Sigma} = C_1(\sigma) + C_2(D), \quad (1)$$

мұндағы $C_1(\sigma)$ – S параметрін σ қателігімен бақылайтын жабдықты сатып алу және пайдалану шығындары;

$C_2(D)$ – сенімділік функциясындағы бақыланатын кезеңдегі экономикалық шығындар;

D – бақылаудың сенімділігі ($D=1 – P_{но} – P_{ло}$);

$P_{но}$ – анықталмаған сәтсіздік ықтималдығы;

$P_{ло}$ – жалған бас тарту ықтималдығы.

Бұл міндет бақылау жүйесінің метрологиялық сенімділігін қарастыратындықтан, нәтиже белгіленген нормаларға сәйкес келмеген немесе сәйкес келмеген кезде сенімділік теориясынан «бас тарту» терминологиясы қабылданды.

(1) өрнектен бақылау жүйесін енгізу CΣ критерийінің екі бағытта өзгеруіне әкеледі – C1(σ) жабдығына қосымша шығындар есебінен оның ұлғаюына және C2(D) зерттелетін жүйеде(процесте) шығындарды азайту арқылы критерийдің төмендеуіне әкеледі. C2(D) шығындары Рно және Рло ықтималдығына байланысты және оларды терминдердің қосындысы ретінде ұсынуға болады:

$$C_2(D) = C_{но}(P_{но}) + C_{ло}(P_{ло}) \quad (2)$$

мұндағы $C_{ло}(P_{ло})$ – сенімділік теориясында жалған бас тарту және шешім қабылдау жүйесінде (жалған бақылау ақауы) деп аталатын қателіктерден болатын ықтимал шығындар;

$C_{но}(P_{но})$ – анықталмаған сәтсіздіктерден ықтимал шығындар.

Жұмыста анықталғандай $P_{но}$ және $P_{ло}$ ықтималдығы [4,5] бақыланатын параметрлер мен өлшеу қателіктерінің таралу заңдарының функциялары, параметрге төзімділік шамасы мен өлшеу қателіктерінің арақатынасы және параметрдің орташа мәніне қатысты төзімділік позициясы болып табылады. Анықталмаған және жалған бас тарту нақты тапсырмаға байланысты әртүрлі экономикалық салдарға әкеледі.

Өрнектегі бірінші компонент (1) – эмпирикалық мәліметтер бойынша табылған өлшеу қателігі функциясындағы бөлмедегі температураны бақылау және реттеу құралдарының құны келесі өрнекпен жуықталуы мүмкін:

$$C_1(б) = 550 \times \exp(-0.112 \times б), \quad (3)$$

мұндағы б – температураны реттеу қателігі.

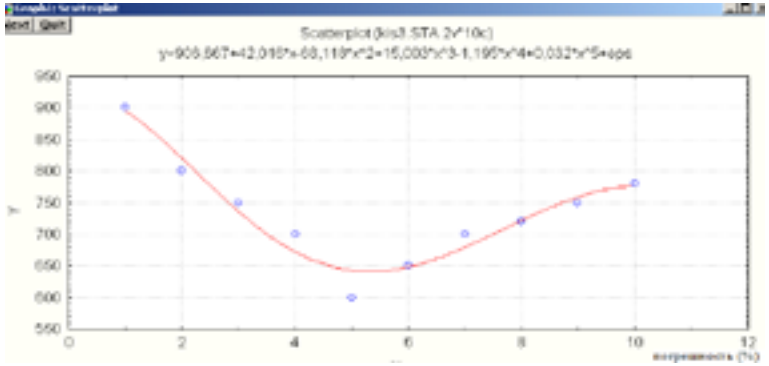
Құны мың теңгемен көрсетілген.

(2) және (3) тармақтарын (1) орнына қойып, жалпы түрде мақсат функциясын аламыз:

$$C_{\Sigma} = C_{но}(P_{но}) + C_{ло}(P_{ло}) + C_0\sigma^{-n} + a_0 \quad (4)$$

Зерттеулер көрсеткендей [6] ең көп өлім инсультпен байланысты. Жұмыстардан [7] адамның өмір сүру ортасының температуралық режимі

өмір сүру ұзақтығына айтарлықтай әсер ететіні белгілі, әсіресе кейін инсульт кезеңі, және өмір сүру ұзақтығын 20 %-ға қысқартады.



Сурет 2 – Тәуелділікті компьютерлік үлгілеу нәтижелері ауа температурасын бақылау қателігі функциясындағы жалпы ықтимал шығындар

Әр түрлі елдердегі адамның өмір сүру құны арнайы зерттеулермен белгіленеді және жүз мың АҚШ долларынан 10 миллион АҚШ долларына дейін өзгереді. Қазақстан тұрғынының өмір сүру құны 385 000 АҚШ долларын құрайды. Бұл мән одан әрі есептеулерде қолданылды. Сонда эмпирикалық функцияның графикалық түріндегі оңтайландыру нәтижелері келесідей болады

$$C_x = 906.68 + 42.01\times Б - 68.1\times Б^2 + 15.03\times Б^3 - 1.19\times Б^4 + 0.032\times Б^5 \quad (5)$$

2-суреттен көрініп тұрғандай, бақылаудың оңтайлы қателігі 5 % құрайды.

Нәтижелер мен талқылау

Бағдарламалық құралдармен бақылау дәлдігін есептеу. Күрделі техникалық, экологиялық, әлеуметтік-экономикалық және басқа объектілерді олардың өмірлік циклінің кез-келген кезеңінде басқару процесі бірнеше міндетті кезеңдерден тұрады: диагностика, шешім қабылдау және оның нормативтік функцияларын қалпына келтіру үшін объектіге түзету әсері. Бақылау күрделі процесс болып табылады және өлшеу процедурасынан, өлшенген мәнді нормативтермен салыстырудан және шешім қабылдаудан тұрады [7,8].

Температураны автоматты түрде реттеу процесі температураның ағымдағы мәнін мерзімді өлшеуден, өлшенген мәнді қолмен Орнатылатын төзімділікпен салыстырудан және өлшенген мән бір бағытта немесе басқа бағытта төзімділіктен ауытқыған жағдайда, температура реттегішіне әсер ету үшін басқару механизміне басқару сигналын беруден тұрады, [9,10]. Бұл жабық жүйеде бақылау процедурасы маңызды орын алады.

Жүйенің жылу режимдерін басқарудың дәлдігін бағалаудың ішкі жүйесін құрудың мақсаттары:тәуекелдерді анықтау; детерминирленген нормативтік шектер жағдайында реттеу сапасын анықтау; нормативтік шектердің статистикалық белгісіздігі жағдайында қате нәтиженің үлесін анықтау; шешім қабылдаудағы қателіктің мөлшеріне әртүрлі факторлардың әсерін зерттеу.

Бағдарламалық жасақтаманы іске асыру ортасы. NET Framework ортасы болды. Бағдарламалық өнімнің негізгі бөлігі visual бағдарламалау тілін қолдану арқылы жасалған Visual Basic.NET Microsoft. net жаңа атқарушы ортасы үшін.

Енгізу-шығару интерфейсі. Тапсырмаларды шешуге арналған деректерді алдын-ала дайындалған файлдардан немесе тікелей пайдаланушы пакетінен пернетақтадан енгізуге болады.

Сенімсіздік көздері бастапқы деректердің тексерілмеген комбинациясы болып табылады, онда түзетілген бағдарламалар кешені дұрыс емес нәтижелер немесе сәтсіздіктер береді.

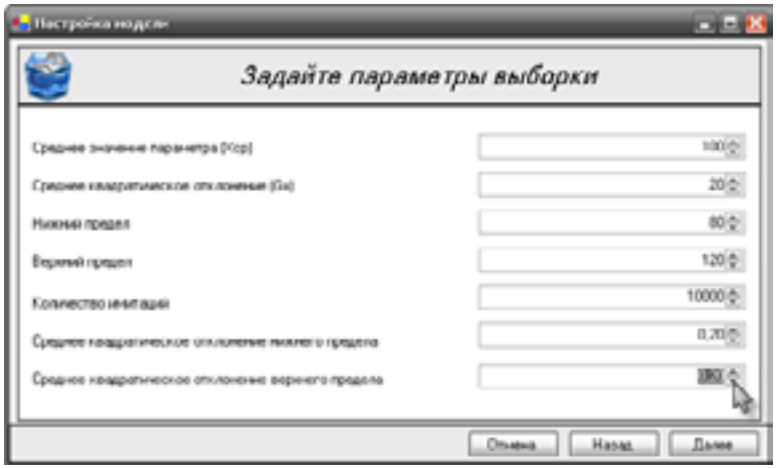
Бас тарту ұғымы өнімнің жұмыс қабілеттілігінің бұзылуымен және оның техникалық құжаттама талаптарына сәйкестігімен байланысты.

Барлық жағдайларда бағдарламалық бас тартулар пайдаланушыларға ақпарат беруді және басқару әсерлерін тоқтатуға немесе оның мазмұны мен беру қарқынының айтарлықтай бұрмалануына әкеледі.

Ең тиімдісі-ақпаратты диалог режимінде өңдеу. Диалог режимін пайдалану жұмыс орнынан компьютер жадында сақталған кез-келген ақпаратқа қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Қолданбаны іске қосқаннан кейін пайдаланушыға оның негізгі формасы ашылады, онда пайдаланушының барлық жұмысы жүзеге асырылады.

Алдымен теңдеу шебері терезесін шақыру арқылы жаңа үлгі жасау керек. Мұны құралдар тақтасындағы тиісті белгішемен немесе негізгі мәзір элементі арқылы жасауға болады. Ең алдымен, математикалық үлгі құру үшін оның кезеңдерін анықтау қажет. Қарапайым бақылау үлгісі өлшеуді, нормативтермен салыстыруды, талдауды және объектінің «жарамдылығы – жарамсыздығы» туралы шешім қабылдауды қамтиды. Реттеумен бірге бақылау үлгісі объектінің күйін түзетуге (қалпына келтіруге) тырысу кезеңін қамтиды.



Сурет 3 – Статистикалық деректерді іріктеу параметрлерін орнату

3-суретте төменгі және жоғарғы төзімділік шектеулері анықталмаған жағдайда диалог өрістерін толтыру көрсетілген. Көріп отырғаныңыздай, төзімділік нормативтерінің орташа квадраттық ауытқуы Gx үлгісінің орташа квадраттық ауытқуынан фракциялармен берілген.

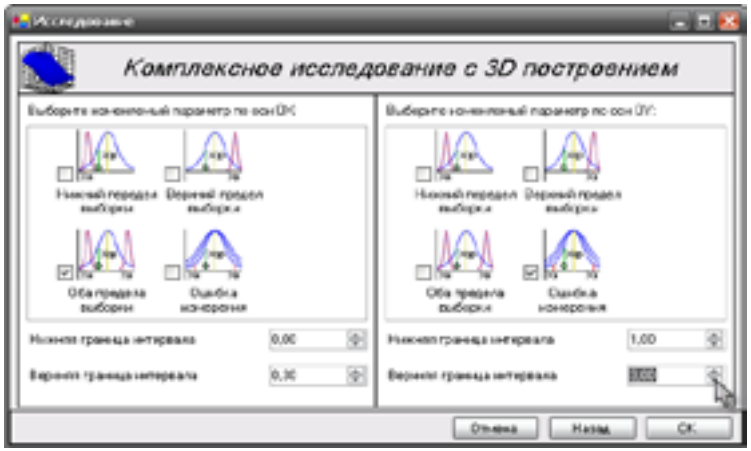
Қалыпты және біркелкі үлестіру заңдары үшін берілген параметрлерді анықтау өлшеу кезеңі үшін жоғарыдағыдан еш айырмашылығы болмайды, тек айырмашылық реттелетін күйдің орташа мәні объект параметрінің шынайы мәні емес, оның 4-суретте көрсетілген орташа мәні болады.

Сурет 4– Имитациялық үлгінің визуалды көрінісі

Экспоненциалды және U-тәрізді үлестіру заңдары үшін ешқандай параметрлерді көрсетудің қажеті емес. Осы заңдарға сәйкес объектіні ойнатылатын реттеудің жалғыз параметрі-бұл үлгінің алдыңғы кезеңіндегі есептеулердің нәтижесі болып табылатын объектінің диагностикалық параметрінің өлшенген мәні. Шешім қабылдаушының психологиялық сипаттамаларына сәйкес заңдарды келесідей байланыстыруға болады:

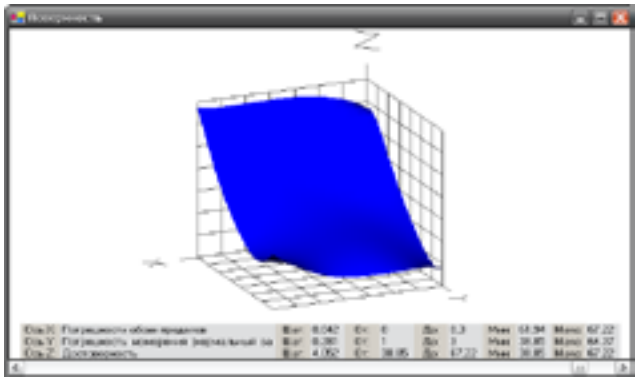
– қалыпты заң-құзыретті;
– біркелкі заң-бей-жай;
– экспоненциалды заң – оптимистік (немесе керісінше пессимистік);
– U-тәрізді заң-ұжымдық шешім.

Үлгі жасалғаннан кейін оны 5-суретте көрсетілгендей оның ықтимал күйін имитациялау арқылы тексеруге болады. Үлгіні орнату шеберін қайта шақыру арқылы жасалған үлгіні оңай өзгертуге болады. Сондай-ақ, енді үлгі жасалғаннан кейін зерттеу шеберін пайдалана аламыз.



Сурет 5 – Кешенді зерттеу параметрлерін орнату

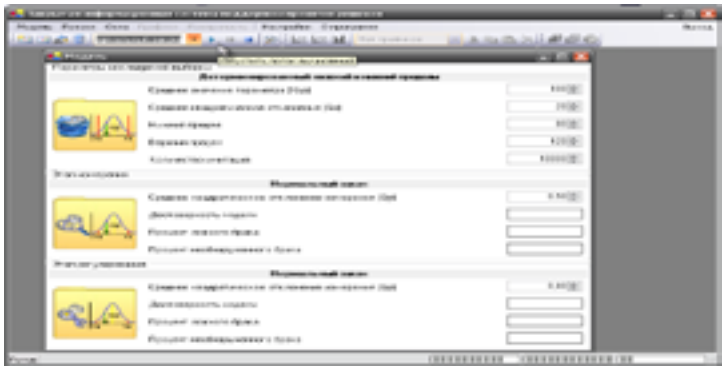
Кешенді зерттеу жүргізу үшін 6-суретте көрсетілгендей координаттардың екі осі үшін өзгермелі параметрлерді көрсету қажет.



Сурет 6-Үлгі параметрлерін кешенді зерттеудің нәтижесі

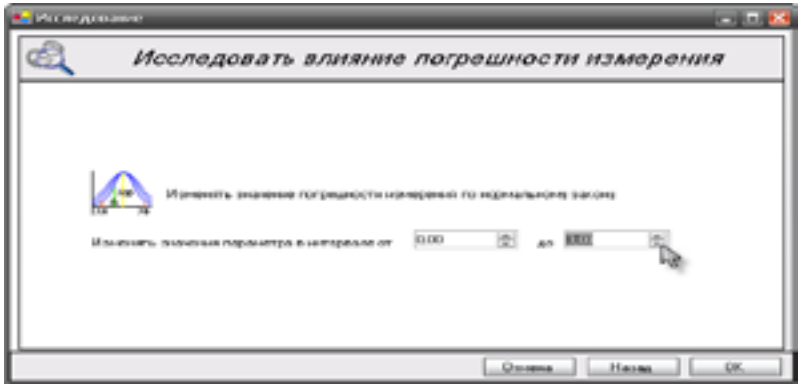
Зерттеу жүргізілгеннен кейін үш өлшемді бет құрастырылады, мұндай беттің мысалы 6-суретте келтірілген, онда X және Y координаталарының осьтері бойынша таңдалған үлгі параметрлері өзгертіліп, Z осі бойынша осы параметрлердің үлгінің сенімділігіне әсері көрсетілген. Графикті оқудың қарапайымдылығы үшін оның координаталық осьтерді құрылыс фонына, масштабтау режиміне және сонымен қатар түс гаммасына автоматты түрде жылжыта отырып, Z осінің айналасында еркін айналу мүмкіндігі қарастырылған (бағдарлама параметрлерінде жүзеге асырылады). Масштабтау Z осі бойынша ұсынылады – 0-ден 100-ге дейін және ең төменгі сенімділік мәнінен максимумға дейін. Графиктің төменгі жағында координаталық тордың қадамы, сенімділіктің минималды және максималды мәндері, сондай-ақ зерттелетін параметрлердің өзгеру аралықтары туралы статистикалық мәліметтер келтірілген.

Зерттеудің кез-келген түрінің параметрлерін орнатқаннан кейін, 7-суретте көрсетілгендей, зерттеу ағындарын басқаруға жауапты интерфейстің бөлігі қол жетімді болады. Үлгіні зерттеу айтарлықтай машиналық ресурстарды қажет ететіндіктен, барлық есептеулер тәуелсіз ағындармен жүзеге асырылады, олардың әрқайсысы іске қосылуы, тоқтатылуы немесе мүлдем жойылуы мүмкін. Ағындардың орындалу күйі төменгі жағындағы күй жолағында айқын көрінеді. Тінтуірді қызықтыратын ағынның орындалу күйінің диаграммасына апарған кезде, қалқымалы шақыру есептеу ағынының шартты атауын хабарлайды. Есептеу жылдамдығын басқару үшін бағдарлама параметрлерінде ағындарды орындауға басымдық беруге болады.

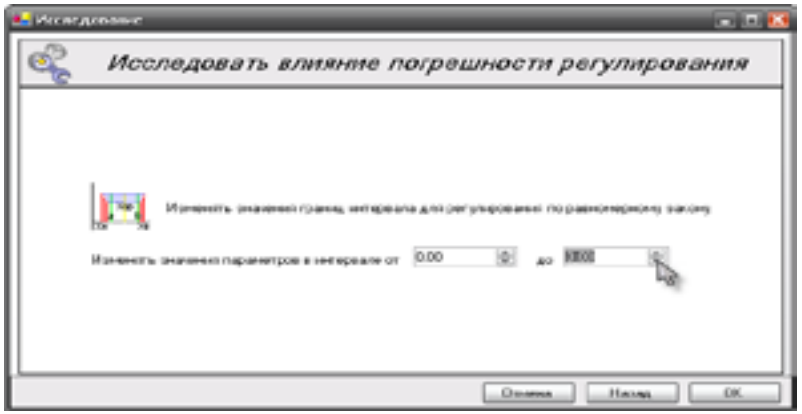


Сурет 7 – Есептеу ағындарының орындалу күйі

Нормативтік шектердің ауытқуының, өлшеу мен реттеудің қателіктерінің әсерін зерттеу көп жағынан ұқсас.



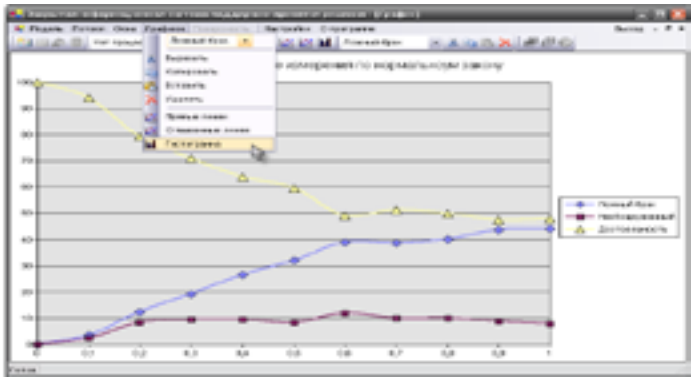
Сурет 8 – Өлшеу қателігінің әсерін зерттеу



Сурет 9 – Реттеу қателігінің әсерін зерттеу

Кез-келген басқа зерттеу сияқты, зерттелетін үлгі параметрін өзгерту керек аралықты көрсету керек. Өлшеу және реттеу қателіктерінің әсерін зерттеуге арналған терезе түрлері 8 және 9 суреттерде келтірілген.

Есептеу ағыны сәтті аяқталғаннан кейін график терезесі көрсетіледі, онда екі жазықтықта үлгінің сенімділігі, жалған және анықталмаған қателіктер зерттелетін параметрге тәуелділігі көрсетіледі. Бұл терезе пайда болғаннан кейін, 10-суретте көрсетілгендей, графикалық басқару функциялары қол жетімді болады.



Сурет 10 – Үлгіні график түрінде зерттеу нәтижелері

Графиктерді 10 суретте көрсетілгендей құралдар тақтасы арқылы да, қолданбаның Негізгі мәзірінен де еркін басқаруға болады. Графиктердің

атауларын, олардың дисплей түрін, сондай-ақ оларды салыстыру үшін графиктерді көшіру, қою, жою және жылжытудың стандартты операцияларын өзгерту қарастырылған.

«Есептеу ағындарын басқару» біз жасаған есептеу ағындары автоматты түрде іске қосылатындығын немесе пайдаланушы оларды құралдар тақтасынан немесе негізгі мәзірден қолмен іске қосатындығын көрсете аласыз.

Қосылған кезде «енгізу фокусын басқару» енгізу фокусын тінтуір меңзерінің астындағы интерфейс элементіне жылжытуға мүмкіндік береді, бұл параметр мәндерін енгізу процедурасын жеңілдетеді.

«Элементтердің түстерін басқаруда» үлгі элементтері мен оларға жазылған жазулар үшін жеке түстерді реттеуге болады, бұл олардың көрнекілігі мен оқылуына ықпал етеді.

«3D құрастыру параметрлерін басқару» сенімділік мәндерінің осін минимумнан оның максималды мәндеріне дейін масштабтау керек пе немесе графикті абсолютті мәндерде 0-ден 100 пайызға дейін шығару керек пе екенін көрсете алады.

Параметрлер OK түймесін басқан кезде автоматты түрде сақталады, бірақ әдепкі қалпына келтіру түймесін басу арқылы бастапқы күйіне оңай қалпына келтіруге болады.

Қорытынды

Бұл мақалада тұрғын үй-жайлардың микроклиматын бақылау және басқару жүйесінің метрологиялық көрсеткіштері оңтайландырылды. Бағдарламалық құралдармен бақылаудың дәлдігін есептеу жүргізілді. Сонымен қатар бөлменің микроклиматының параметрлерін бақылау қателіктерін сандық бағалаудың математикалық үлгісі құрылды

Тұрғын үйдің микроклиматын оңтайлы басқару принципі қарастырылды. Тұрғын үйдегі температураны басқару алгоритмі жасалды.

Бағдарламалық жасақтаманы іске асыру үшін: NET Framework ортасы қолданылды. Бағдарламалық өнімнің негізгі бөлігі visual бағдарламалау тілін қолдану арқылы жасалған Visual Basic.NET Microsoft. net жаңа атқарушы ортасы алынды..

Зерттеу нәтижесі тұрғын үй немесе жеке жайлардағы температуралық режимдердің адам өміріне әсері зор екенің анықталды, және алынған нәтижелерге сәйкес температура режимдерін басқару жүйелерін талдауы кетірілді.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Жапарова, А., Квасов, А., Дёрок, Г.** Автономные светодиодные (LED) низковольтные системы освещения, интегрированные в «умный дом». 9-й Международный симпозиум по прикладной информатике и смежным направлениям «Новый факультет, новые возможности!» (АИС-2014)». – Секешфехервар. Венгрия, 2014. – С. 102–106.

2 **Baklanov A. Gyorok Gy.** Control of LED Lighting Equipment with Robustness Elements. // Acta Polytechnica Hungarica. Budapest. 2016. – V.13 № 5. – P.105–119

3 **D. O'Brien and M. Katz,** «Optical wireless communications within fourth-generation wireless systems» //J. Opt. Network. (2005). P. 4 312–322 4

Байдилдина, А., Бакланов, А. Методика обеспечения заданных режимов работы энергосистемы с использованием солнечной батареи как элемента интеллектуальных технологий. // Материалы 2018 5-й Международной конференции по электротехнике и электронике (ICEEE 2018). – Том. 433.– ПП162-165. [Электрондық ресурс]. – www.scopus.com.

5 **Komine T. and M. Nakagawa,** «Integrated system of white LED visible light communication and power-line communication» // IEEE Trans. Consum. Electron. (2003). 49, 71–79

6 **Байдилдина, А.** Автоматизация процессов автономной системы электроснабжения объекта с использованием Smart-технологий. Материалы 2018 4-я Международная конференция по промышленному инжинирингу, приложениям и производству (ICIEAM). – 2018. – С. 1–4.

7 **Байдилдина, А. Т., Бакланов, А.** Умные технологии контроля и управления системами электроснабжения автономного объекта. ВКГТУ – Усть-Каменогорск : Семей, Редакционно-издательский центр «Жардем», 2019. – 135 с. – ISBN 978-601-208-535-8.

8 **Байдилдина, А.** Автоматизация процессов автономной системы электроснабжения объекта с использованием Smart-технологий. // Материалы 2018 4-я Международная конференция по промышленному инжинирингу, приложениям и производству (ICIEAM). – 9781538643075, 1538643073.

9 **Györök, Gy., Lakner, J., and Makó, M.** Robust Electronic Application by PSoC // 10th IEEE Jubilee International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics-SAMI, 2012. – Slovakia, Herlany. – P. 405–409.

10 **Зародин, С.** Промышленная электроника. – М. : Высшая школа, 2010.

REFERENCES

1 **Zhaparova, A., Kvasov, A., Dyorok, G.** Autonomous light-emitting diode (LED) low-voltage lighting systems integrated into a smart home. 9th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas «New Faculty, New Opportunities!» [Avtonomnye svetodiodnye (LED) nizkovol'tnye sistemy osveshcheniya, integrirovannye v «umnyj dom». 9-j Mezhdunarodnyj simpozium po prikladnoj informatike i smezhnym napravleniyam «Novyj fakul'tet, novye vozmozhnosti!»] (AIS-2014)». – Sekeshfekhervar. Vengriya. 2014. – P. 102–106.

2 **Baklanov, A.** Gyorok, Gy. Control of LED Lighting Equipment with Robustness Elements [Control of LED Lighting Equipment with Robustness Elements] // Acta Polytechnica Hungarica. Budapest. – 2016. – V.13, – № 5. – P. 105-119

3 **D. O'Brien and M.** Katz «Optical wireless communications within fourth-generation wireless systems» [«Optical wireless communications within fourth-generation wireless systems»] J. Opt. Network (2005). 4. 312–322

4 **Bajdildina, A., Baklanov, A.** Methodology for ensuring specified operating modes of the power system using a solar battery as an element of smart technologies. [Metodika obespecheniya zadannyh rezhimov raboty energosistemy s ispol'zovaniem solnechnoj batarei kak elementa intellektual'nyh tekhnologij] Materialy 2018 5-j Mezhdunarodnoj konferencii po elektrotekhnike i elektronike (ICEEE 2018). – 433.-P. 162–165. [Electronic resourc] – www.scopus.com.

5 **Komine T. and M. Nakagawa,** «Integrated system of white LED visible light communication and power-line communication» [«Integrated system of white LED visible light communication and power-line communication»] // IEEE Trans. Consum. Electron. (2003). 49. 71–79

6 **Bajdildina, A.** Automation of processes of an autonomous power supply system of a facility using Smart technologies. [Avtomatizaciya processov avtonomnoj sistemy elektrosnabzheniya ob"ekta s ispol'zovaniem Smart-tekhnologij] // Materialy // 2018 4-ya Mezhdunarodnaya konferenciya po promyshlennomu inzhiniringu, prilozheniyam i proizvodstvu (ICIEAM). – 2018. – P. 1–4.

7 **Bajdildina, A. T., Baklanov, A.** Smart technologies for monitoring and managing power supply systems of an autonomous facility [Umnye tekhnologii kontrolya i upravleniya sistemami elektrosnabzheniya avtonomnogo ob"ekta] VKGTU – Ust'-Kamenogorsk : Semej, Redakcionno-izdatel'skij centr «ZHardem», 2019. – 135 P. ISBN 978-601-208-535-8.

8 **Bajdildina, A.** Automation of processes of an autonomous power supply system of a facility using Smart technologies. [Avtomatizaciya processov avtonomnoj sistemy elektrosnabzheniya ob"ekta s ispol'zovaniem Smart-tekhnologij] // Materialy 2018 4-ya Mezhdunarodnaya konferenciya

po promyshlennomu inzhiniringu, prilozheniyam i proizvodstvu (ICIEAM). 9781538643075, 1538643073.

9 **Györök Gy., Lakner J., and Makó M.** Robust Electronic Application by PSoC [Robust Electronic Application by PSoC] // 10th IEEE Jubilee International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics-SAMI, 2012. – Slovakia, Herlany. – P. 405-409.

10 **S. Zarodin** Industrial electronics [Promyshlennaya elektronika]. – Moscow : Vysshaya shkola, 2010.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

А. Т. Байдилдина[1], К. Алибеккызы[2], С. А. Бельгинов[3], И. М. Увалиева[4], М. А. Рақышева[5]
[1,2,4,5]Восточно-Казахстанский технический университет
имени Д. Серикбаева, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск;
[3]Университет Туран, Республика Казахстан, г. Алматы
Принято к изданию 28.11.23.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ (ТЕМПЕРАТУРОЙ) ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ

В ходе работы была поднята тема оптимизации точности регулирования температуры режимов отопления жилых помещений. Актуальность темы исследования зависит от практической необходимости дальнейшей разработки методических аспектов оценки влияния температурных режимов помещений на жизнь человека.

Метод исследования – анализ существующих решений по оптимальному автоматизированному регулированию температурного режима в жилых домах, на основе которого реализовано с использованием математической модели и алгоритма оптимального автоматизированного регулирования температурного режима в жилых домах.

Эффективность регулирования и управления температурой жилых зданий зависит от оптимального выбора методов и средств, а потому характеризуется точностью и экономичностью средств регулирования.

Результаты исследования показали, что температурные режимы в жилых или частных помещениях оказывают большое влияние на жизнь человека, и по результатам анализ систем контроля температурного режима был снят.

Ключевые слова: оптимизация, мониторинг показателей качества, система терморегулирования, управление микроклиматом жилого помещения.

Baydildina A. T.,[2] Alibekkyzy K.,[2] Belginova S. A.,[3] Uvalieva I. M.,[4] Rakysheva M. A.[5]
[1,2,4,5] East Kazakhstan Technical University Serikbayeva D,
Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk
[3]University Turan, Republic of Kazakhstan, Almaty
Accepted for publication on 28.11.23

OPTIMIZATION OF THE SYSTEM OF MONITORING AND CONTROL OF THE MICROCLIMATE (TEMPERATURE) OF A RESIDENTIAL ROOM

In the course of the work, the topic of optimizing the accuracy of temperature control of residential heating modes was raised. The relevance of the research topic depends on the practical need for further development of methodological aspects of assessing the impact of indoor temperature regimes on human life.

Research method – analysis of existing solutions for optimal automated temperature control in residential buildings, on the basis of which it was implemented using a mathematical model and an algorithm for optimal automated temperature control in residential buildings.

The efficiency of regulation and control of the temperature of residential buildings depends on the optimal choice of methods and means, and therefore is characterized by the accuracy and efficiency of the means of regulation.

The results of the study showed that the temperature conditions in residential or private premises have a great impact on human life, and based on the results, the analysis of temperature control systems was removed.

Keywords: optimization, monitoring of quality indicators, thermal control system, residential microclimate control.

МРНТИ 44.29.31

https://doi.org/10.48081/FTXF3182

***А. С. Барукин**
Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар
e-mail: alexbarukin@mail.ru

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ГЕРКОНАХ С БЛОКИРОВКОЙ ПО ВТОРОЙ ГАРМОНИКЕ

Обсуждаются достоинства и недостатки традиционных дифференциальных защит преобразовательных установок и защит на герконах. Предлагается дифференциальная защита с герконами, чувствительность которой обеспечивается путем блокировки по второй гармонике при броске намагничивающего тока силового трансформатора установки. Она отличается от других еще и тем, что для получения информации о токе в фазах со стороны высшего напряжения трансформатора используются обмотки герконов, установленных вблизи их токопроводов (при этом герконы могут служить измерительными органами максимальных токовых защит). Дается методика выбора уставок подобных защит и оценивается их чувствительность. Особое внимание уделяется выбору параметров герконов, установленных вблизи токопровода постоянного тока, а также их управляющих обмоток, подключенных к выходам двухполупериодных выпрямителей, получающих питание от обмоток герконов со стороны высшего напряжения трансформатора. Рассмотрено поведение защиты в различных режимах работы преобразовательной установки. С помощью предложенной методики установлено, что пока область использования защиты ограничена преобразовательными установками с трансформаторами мощностью 0,25÷10 МВА, а при больших мощностях для определения её чувствительности требуется проведение дополнительных исследований.

Ключевые слова: преобразовательная установка, дифференциальная защита, геркон, бросок тока намагничивания, вторая гармоника, чувствительность.

Введение

Замена в релейной защите трансформаторов тока (ТТ) на какие-то миниатюрные датчики позволила бы получить значимую экономию меди, стали и изоляционных материалов, уменьшить вес и габариты устройств, и избавиться от других известных недостатков ТТ. Поэтому задача построения защит без ТТ не раз называлась на сессиях СИГРЭ принципиально нерешенной проблемой энергетики. В НАО «Торайгыров университет» ведутся работы в направлении решения этой задачи на основе использования герконов – магнитоуправляемых контактов (длиной от 0,7 до 5 см, весом не более 3 г), устанавливаемых на безопасном расстоянии от токоведущих шин электроустановки. Так предложены [1–9] и разрабатываются [10–14] защиты на герконах для различных электроустановок. Что касается дифференциальных защит преобразовательных установок (ПУ), то запатентовано девять таких схем. Однако одни из них имеют недостаточную чувствительность в основном из-за необходимости отстройки от броска тока намагничивания, другие – надежность из-за сложности выполнения такой отстройки, третьи – решают задачу лишь частично (у них ТТ со стороны высшего напряжения ПУ сохранены). К тому же в этих патентах не представлена методика выбора уставок. В данной работе предлагается защита, в которой в той или иной мере исключены указанные недостатки.

Материалы и методы

Схема предлагаемой защиты отличается от известных тем, что информацию о токах в фазах со стороны высшего напряжения трансформатора 1 ПУ (рисунок 1, где 2 – выпрямитель; 3 – нагрузка) получают от обмоток 4–6 герконов 7–9, установленных под её токопроводами. Для этого используется ЭДС, наводимая на выводах обмоток 4–6, которые подключены к усилителям 10–12. С выходов усилителей напряжения через двухполупериодные выпрямители 13–15 и резисторы 16–18 подаются на обмотки 19–21 герконов 22–24, закрепленных в магнитном поле (МП) шин токопровода 25 постоянного тока ПУ. Эти же напряжения используются для определения наличия второй гармоники в токе. Для этого входы фильтров 26–28 второй гармоники через разделительные трансформаторы 29–31 подключены к усилителям 10–12, а выходы – к пороговым элементам 32–34. Также схема защиты содержит блок 35 функциональной диагностики и блок 36 логики. В состав блока 35 входят схемы сравнения 37-39 и элементы И 40–42; в состав блока 36 – элементы И 43–46, ИЛИ 47 и 48, ПАМЯТЬ 49 и ВРЕМЯ 50. Необходимо отметить, что герконы 7–9 со стороны высшего напряжения трансформатора 1 ПУ могут использоваться для выполнения функций максимальной токовой защиты (путем подключения контактов герконов к блоку логики).

В случае исправности всех элементов схемы в нагрузочных режимах ПУ и при внешних коротких замыканиях (КЗ) выполняется условие $B_{ср} > B_у - B_d$ где $B_{ср}$ – индукция МП, необходимая для срабатывания герконов 22–24; $B_у$ – индукция МП, созданного постоянным током $I_у$ в обмотке управления каждого из них; B_d – индукция МП, созданного током I_d в токопроводе 25. Так как токи $I_у$ в обмотках 19–21 одинаковы, то на выходах схем сравнения 37–39 сигналы отсутствуют.

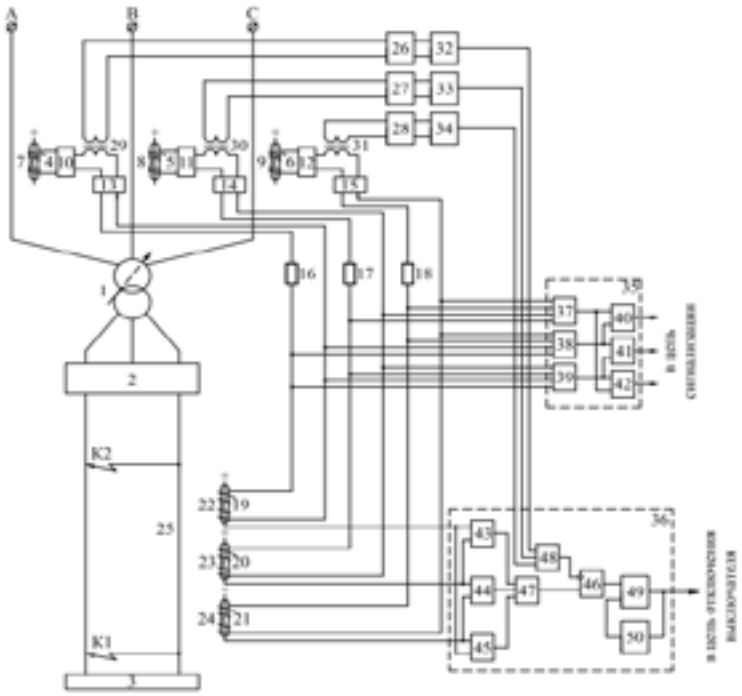


Рисунок 1 – Схема предлагаемой защиты

В случае обрыва в цепях выпрямителя 15 или при междуфазном КЗ в нем, либо в цепи «выпрямитель 15 – обмотка 21», либо при обрыве в обмотке 6 выходное напряжение выпрямителя 15 снизится и схемы 37 и 38 выдадут сигналы, так как уровень выходных напряжений выпрямителей 13 и 14 не изменился. Элемент И 40 сработает и выдаст сигнал о неисправности, поступающий в цепь сигнализации. Если обрыв происходит в цепи «выпрямитель 15 – обмотка 21», его выходное напряжение увеличивается, схемы 37 и 38 выдают сигналы и элемент И 40 срабатывает, сигнализируя

о неисправности. Если при этом выполняется условие $B_d > B_{ср}$ – ($B_у = 0$), то геркон 24 срабатывает, и на второй и первый входы элементов И 44 и 45, соответственно, поступают сигналы. Однако выключатель ПУ (на рисунке 1 не показан) не отключается, так как на других входах указанных элементов И сигналы отсутствуют.

В качестве примера рассмотрим КЗ в выпрямителе 2. В этом аварийном режиме ток в обмотках 4–6 увеличится, а в токопроводе 25 уменьшится. При этом выполняется условие $B_у - B_{КЗ} > B_{ср}$ (где $B_К$ – действующая вдоль продольной оси герконов 22–24 индукция МП, созданного током в токопроводе 25 при КЗ в выпрямителе). Срабатывают герконы 22–24 (либо только два из них, например, 22 и 23, в том случае, когда неисправен геркон 24, или поврежден выпрямитель 15, или обмотка 21, либо кабель, соединяющий выпрямитель и обмотку). На входы хотя бы одного из элементов И 43–45 поступают сигналы, которые через элемент ИЛИ 47 подаются на прямой вход элемента И 46 (на его инверсном входе сигнал отсутствует). С выхода последнего сигнал поступает на вход записи элемента ПАМЯТЬ 49, который подает сигнал в цепь отключения выключателя ПУ и запускает элемент ВРЕМЯ 50. Через время t = 0,1с сигнал с его выхода поступает на вход сброса элемента ПАМЯТЬ 49.

При включении трансформатора 1 под напряжение или восстановлении напряжения после отключения внешнего КЗ происходит бросок тока намагничивания, для которого характерно значительное содержание в нем второй гармоники (относительно первой оно всегда выше 17 %). Герконы 22–24, как и при КЗ в защищаемой зоне, срабатывают, и на прямом входе элемента И 46 появляется сигнал. Пороговые элементы 32–34 также выдают сигналы, через элемент ИЛИ 48 поступающие на инверсный вход элемента И 46. Таким образом, на его выходе сигнал отсутствует, и защита не срабатывает.

Использование фильтров 26–28, пороговых элементов 32–34, элементов И 46 с одним инверсным и одним прямым входами и ИЛИ 48 позволяет (в сравнении с известными схемами) повысить чувствительность защиты за счет её блокировки при бросках тока намагничивания, вследствие чего не требуется отстройка от них уставки срабатывания.

Результаты и обсуждение

Разработанная автором (совместно с доктором технических наук, профессором Клецелем М. Я.) методика выбора уставок защиты сводится к следующему.

1. Намечается один из типов замыкающих герконов 22–24 с управляющими обмотками 19–21 (например, с наименьшей каталожной величиной индукции $B_{ср}$ магнитного поля, необходимой для их срабатывания),

выпускаемых АО «Рязанский завод металлокерамических конструкций» (г. Рязань, Российская Федерация), которые предполагается установить в МП шин токопровода 25 постоянного тока (аналогично намечаются к установке вблизи токопроводов фаз со стороны высшего напряжения трансформатора 1 ПУ герконы 7–9 с обмотками 4–6). Для выбранных герконов с обмотками, помимо величины $B_{ср}$, известны количество витков $w_{омв}$ обмотки, её длина $i_{омв}$, а также сопротивление $R_{омв}$. Необходимо отметить, что герконы 22–24 целесообразно устанавливать не в начале длины токопровода 25 (т.е. сразу после выпрямителя 2, рисунок 1), а в её конце – это позволит расширить зону действия защиты, так как она будет реагировать не только на КЗ на выводах высшего и низшего напряжения трансформатора 1, и на повреждения в выпрямителе 2, но и срабатывать при КЗ на большей части длины шин токопровода 25.

2. Согласно общепринятым требованиям, коэффициент чувствительности $k_ч$дифференциальной защиты должен быть больше или равен 2. Величину $k_ч$ рассматриваемой защиты при КЗ в конце защищаемой зоны (точка К2, рисунок 1), с учетом того, что индукция, создаваемая током в шинах токопровода 25, в данном режиме не воздействует на герконы 22-24, предлагается, по аналогии с традиционными дифференциальными защитами, определять по следующей формуле:

$$k_ч = \frac{B_{у.мин}^{внутр.КЗ}}{B_{с.з.}}, \quad (1)$$

где $B_{у.мин}^{внутр.КЗ}$ – индукция МП, созданная при минимальном токе внутреннего КЗ током $I_{у.мин}^{внутр.КЗ}$ рв управляющей обмотке геркона, действующая вдоль его продольной оси.

В традиционных дифференциальных защитах всегда идет отстройка от токов небаланса. В нашем случае токам соответствуют индукции созданных ими МП. Тогда для того, чтобы герконы 22-24 не срабатывали ложно при внешних КЗ, необходимо выполнение условия:

$$B_{ср} \geq B_{нб} = k_{отс.1}\left(B_{у.макс}^{внеш.КЗ} - B_{d.макс}^{внеш.КЗ}\right), \quad (2)$$

где $k_{отс.1} = 1,5$ – коэффициент отстройки; $B_{у.макс}^{внеш.КЗ}$ – индукция МП, созданная при максимальном токе внешнего КЗ (например, при КЗ в точке К1, рисунок 1) током $I_{у.макс}^{внеш.КЗ}$ в управляющей обмотке геркона, действующая вдоль его продольной оси; $B_{d.макс}^{внеш.КЗ}$ – результирующая индукция МП,

созданная током $I_{d.макс}^{внеш.КЗ}$ (по сути равным току максимального внешнего КЗ) в шинах токопровода 25, которая также действует вдоль продольной оси геркона.

При этом индукция $B_{с.з}$, являющаяся параметром срабатывания защиты, должна удовлетворять условию:

$$B_{с.з.} \geq k_{отс.2} B_{ср}, \quad (3)$$

где $k_{отс.2} = 1,3$ – коэффициент отстройки.

Для каждого из герконов 22-24 значение индукции $B_{у.мин}^{внутр.КЗ}$ может быть определено по формуле:

$$B_{у.мин}^{внутр.КЗ} = \frac{\mu_0 I_{у.мин}^{внутр.КЗ} w_{обм.19}}{l_{обм.19}}, \quad (4)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнитная проницаемость воздуха; $w_{обм.19}$ и $l_{обм.19}$ и – количество витков и длина обмотки 19 (20; 21).

Из рассмотрения схемы защиты (рисунок 1) ток $I_{у.мин}^{внутр.КЗ}$ определяется как:

$$I_{у.мин}^{внутр.КЗ} = \frac{k_{ус} E_{4.мин}^{внутр.КЗ}}{R_{16} + R_{обм.19}}, \quad (5)$$

где $k_{ус}$ – коэффициент усиления усилителя 10 (11; 12); $E_{4.мин}^{внутр.КЗ}$ –ЭДС на выводах обмотки 4 (5; 6), индуцируемая МП минимального тока $I_{1ф.мин}^{внутр.КЗ}$ в токопроводе фазы А (В, С) трансформатора 1 со стороны его высшего напряжения при КЗ в конце защищаемой зоны; $R_{омб.19}$ – сопротивление обмотки 19 (20; 21); R_{16} – сопротивление резистора 16 (17; 18), величина которого на начальном этапе неизвестна.

В (5) ЭДС $E_{4.мин}^{внутр.КЗ}$ определяется следующим образом:

$$E_{4.мин}^{внутр.КЗ} = 4,44 B_{1ф.мин}^{внутр.КЗ} f w_{обм.4} s_{обм.4}, \quad (6)$$

где $B_{1m,мин}^{внутр.КЗ}$ – индукция МП, созданного током $I_{1m,мин}^{внутр.КЗ}$; f=50 Гц – частота промышленного тока; $w_{обм.4}$ и $S_{обм.4}$ – количество витков и площадь поперечного сечения обмотки 4 (5; 6).

Индукция $B_{1m,мин}^{внутр.КЗ}$ в (6) определяется по закону Био-Савара-Лапласа:

$$B_{1m,мин}^{внутр.КЗ} = \frac{\mu_0 I_{1m,мин}^{внутр.КЗ}}{2\pi h}, \tag{7}$$

где h – безопасное расстояние от токопровода фазы А (В; С) до точки установки геркона 7 (8; 9) с обмоткой 4 (5; 6).

Таким образом, значение индукции $B_{y,мин}^{внутр.КЗ}$ определяется по формуле:

$$B_{y,мин}^{внутр.КЗ} = \frac{4,44\mu_0^2 f w_{обм.4} s_{обм.4} w_{обм.19} k_{ус} I_{1m,мин}^{внутр.КЗ}}{2\pi h l_{обм.19}\left(R_{16} + R_{обм.19}\right)} = k_1 \frac{I_{1m,мин}^{внутр.КЗ}}{R_{16} + R_{обм.19}}. \tag{8}$$

Принимая kч =2, из совместного рассмотрения (1) и (8) определяется требуемая величина сопротивления R_{16}:

$$R_{16} = \frac{k_1 I_{1m,мин}^{внутр.КЗ}}{2,6 B_{ср}} - R_{обм.19}. \tag{9}$$

После расчета R_{16} по (9), величина сопротивлений резисторов 16-18 принимается равной ближайшему меньшему значению из каталожного ряда резисторов, что позволяет с некоторым запасом обеспечить требуемый коэффициент чувствительности защиты.

3. Далее необходимо определить координаты точки установки геркона относительно шин 51 и 52 (рисунок 2) токопровода 25 постоянного тока, при которых, с учетом окончательно принятого значения R_{16}, выполняется условие (2) несрабатывания защиты при внешних КЗ.

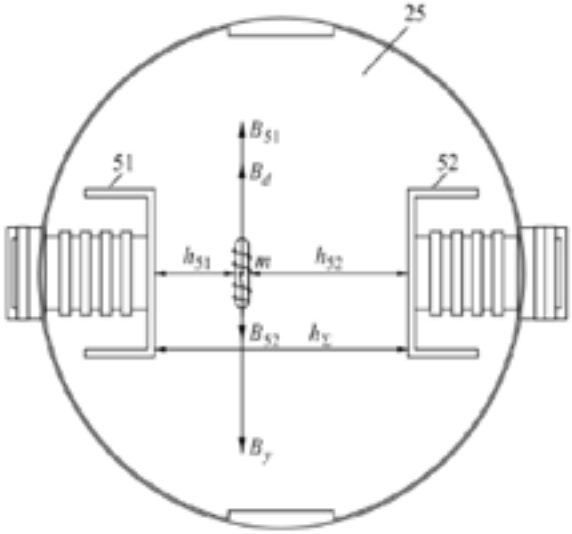


Рисунок 2 – Расположение геркона внутри токопровода 25 постоянного тока

Для расчета индукции $B_{y,макс}^{внеш.КЗ}$ используется формула (8), в которой индексы «внутр.КЗ» и «мин» заменяются на «внеш.КЗ» и «макс», соответственно. Величина индукции $B_{y,макс}^{внеш.КЗ}$ при установке геркона в точке m (совпадающей с центром его тяжести) на безопасных расстояниях h_{51} и h_{52} от шин 51 и 52, соответственно, под углом γ =0 между его продольной осью и плоскостью, параллельной шинам, на основе закона Био-Савара-Лапласа и рассмотрения рисунка 2 определяется по формуле:

-

$$B_{d,макс}^{внеш.КЗ} = B_{51,макс}^{внеш.КЗ} - B_{52,макс}^{внеш.КЗ} = \frac{\mu_0 I_{d,макс}^{внеш.КЗ}}{2\pi}\left(\frac{1}{h_{51}} - \frac{1}{h_{52}}\right) = k_2\left(\frac{1}{h_{51}} - \frac{1}{h_{52}}\right), \tag{10}$$

где $B_{51,макс}^{внеш.КЗ}$ и $B_{52,макс}^{внеш.КЗ}$ – индукции МП, созданные, соответственно, током $I_{d,макс}^{внеш.КЗ}$, протекающим в шине 51 по направлению от площади

рисунка 2 к нам, и тем же самым током, протекающим в шине 52 по направлению от нас.

Из (2), с учетом (10) и описанной замены индекса в (8), для нахождения h_{51}получаем квадратное уравнение вида:

$$ah_{51}^2 - bh_{51} + c = 0, \qquad (11)$$

где $a = \left(\frac{k_{отс.1} k_1 I_{1ан.макс}^{внеш.КЗ}}{R_{16} + R_{общ.19}} - B_{ср} \right) / k_2,\ b = -(2 + ah_{\Sigma}),\ c = h_{\Sigma}$ –

коэффициенты уравнения; – расстояние между шинами 51 и 52 токопровода 25; – максимальный ток в токопроводе каждой из фаз трансформатора 1 со стороны его высшего напряжения при внешнем КЗ.

Далее уравнение (11) решается, и определяются величины h_{51} и h_{52} после чего настройка защиты считается завершенной. В том случае, если полученное значение h_{51} оказывается меньшим требуемого по условиям безопасности, необходимо принять меры по вводу дополнительной изоляции – например, залить геркон с управляющей обмоткой и соединительные провода компаундом.

Если считать, что предлагаемая защита будет удовлетворять требованиям, предъявляемым к быстродействию, надежности и селективности, то область её использования может оцениваться чувствительностью, а чувствительность – по приведенной выше методике. В данной работе была проведена оценка чувствительности защиты для ПУ, осуществляющих питание потребителей с токами нагрузки, не превышающими 6,3 кА. В таких случаях токопроводы постоянного тока выполняются в виде двух одиночных шин, расположенных друг напротив друга (рисунок 2). На нынешнем этапе были рассмотрены магнитные поля, создаваемые токами в этих шинах при КЗ на них, и разработаны устройства для крепления герконов вблизи указанных шин (например, [15-17]). При токах нагрузки свыше 6,3 кА токопроводы постоянного тока выполняются в виде пакета шин, что требует проведения дополнительных исследований, так как в таких токопроводах, помимо рассмотренных КЗ, возможны замыкания нескольких проводников между собой или их обрывы.

Выводы

1 Предложенная в данной работе дифференциальная защита преобразовательных установок позволяет за счет использования герконов решить задачу ухода от трансформаторов тока, что обеспечит экономию меди, стали и изоляционных материалов.

2 Разработана методика выбора уставок такой защиты. Её отличительной особенностью является то, что мы оперируем индукциями магнитных потоков, а не токами, как это принято в традиционных защитах. При этом для определения параметров исходим из индукции $B_{ср}$ срабатывания имеющихся герконов и считаем, что защита будет иметь коэффициент чувствительности $k_ч$=2

3 Благодаря введенной блокировке по второй гармонике защита в сравнении с известными схемами на герконах обладает более высокой чувствительностью.

4 С помощью предложенной методики установлено, что область использования защиты пока ограничена ПУ мощностью 0,25÷10МВ·А , и для её построения могут быть использованы все типы замыкающих герконов и герконовых реле, выпускаемых АО «Рязанский завод металлокерамических приборов». При больших мощностях ПУ для определения чувствительности защиты требуется проведение дополнительных исследований.

REFERENCES

1 **Kletsel, M., Kaltayev, A., Mashrapov, B.** Resource-saving protection of powerful electric motors // Przeglad Elektrotechniczny, 2017. – Vol. 93. № 5. – P. 40–43.

2 **Kletsel, M., Barukin, A. Talipov, O.** About the Biot-Savart-Laplace law and its use for calculations in high-voltage AC installations // Przegląd Elektrotechniczny, 2017. – Vol. 93. – № 11. – P. 129–132.

3 **Kletsel, M., Zhantlesova, A., Mayshev, P., Mashrapov, B., Issabekov, D.** New filters for symmetrical current components // International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2018. – Vol. 101. P. 85–91.

4 **Kletsel, M., Borodenko, V., Barukin, A., Kaltayev, A., Mashrapova, R.** Constructive features of resource-saving reed relay protection and measurement devices // Rev Roumaine des Sciences Techniques-Series Electrotechnique et Energetique, 2019. – Vol. 64. № 4.P. 309–315.

5 **Kletsel, M., Mashrapova, R. Mashrapov, B.** Methods for the construction of protection with magnetosensitive elements for the parallel circuits with single end supply // Proc. of 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2020. – P. 1–6.

6 **Mashrapov, B., Talipov, O., Mashrapova, R.** Overcurrent Protection Scheme Utilising Reed Switches Instead of Current Transformers // Proc. of 2020 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), 2020. – P. 291-295.

7 **Kletsel, M., Barukin, A., Gabdulov, A.** Construction of Resource-Saving Differential Protections for Converter Units with Transformers with 2N Secondary

Windings and 2N Rectifiers // Proc. of 2020 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), 2020. – P. 264–268.

8 **Kletsel, M., Barukin, A., Amirbek, D.** Reed Switch and Magneto Resistor-Based Differential Protection Featuring Test Diagnostics for Converters // Proc. of 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 2020. – P. 1–6.

9 **Mashrapov, B.** Improving the Reliability of Diagnosing Reed Switch-Based Overcurrent Protection Circuits // Proc. Of 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 2020. – P. 1–5.

10 **Bogdan, A.V., Kletsel', M.Ya., Nikitin, K.I.** Adaptive back-up overcurrent protection for tapped lines with single-end fud // Elektrichestvo, 1991. – № 2. – P. 51–54.

11 **Kletsel', M.Ya., Nikitin, K.I.** Analysis of the sensitivity of back-up protections for distribution networks in power systems // Elektrichestvo, 1992. – № 2. – P. 19–23.

12 **Kletsel, M.Ya., Nikitin, K.I.** Back-up line protection that responding to the difference in magnitudes of the phase currents and their increment // Elektrichestvo, 1993. – № 10. – P. 23–26.

13 **Kletsel, M., Mashrapov, B.** Traversal protection of two parallel lines without voltage path // Przeglad Elektrotechniczny, 2016. – Vol. 92(2). – P. 168–170.

14 **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.

15 **Kaltayev, A., Mashrapov, B., Talipov, O.** Designs for Mounting Reed Switches in Closed Complete Current Conductors and on Cable Lines // Proc. of 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2020. – P. 1–5.

16 **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.

17 **Barukin, A., Berguzinov, A., Talipov, O.** Mounting Measuring Devices of Reed Switch Protection Near Conductors of Electrical Installations // Proc. Of 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 2020. – P. 1–6.

Принято к изданию 28.11.23.

**А. С. Барукин*
[1]Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ЕКІНШІ ГАРМОНИКА БОЙЫНША ҚҰЛЫПТЫЛЫҒЫ БАР ГЕРКОНДАРДА ТҮРЛЕНДІРГІШ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ҚОРҒАНЫСЫ

Дәстүрлі дифференциалды түрлендіргіш қондырғылардың мен геркондарда орындалған қорғаныстардың артықшылықтары мен кемшіліктері талқыланады. Геркондары бар дифференциалды қорғанысы ұсынылады, оның сезімталдығы қондырғының күштік трансформаторының магниттеу тогын жұлқиған кезінде екінші гармоника бойынша құлыптау арқылы қамтамасыз етіледі. Бұл басқалардан ерекшеленеді, өйткені трансформатордың жоғары кернеуі жағынан фазалардағы ток туралы ақпарат алу үшін олардың өткізгіштерінің жанында орнатылған геркондардың орамалары қолданылады (бұл жағдайда геркондар максималды ток қорғаныстың өлшеуіш органдары бола алады). Мұндай қорғаныстардың тағайыншамаларын таңдау әдісі беріледі және олардың сезімталдығы бағаланады. Тұрақты ток өткізгіштің жанында орнатылған геркондарының параметрлерін, сондай-ақ олардың басқару орамаларын, қайсысы трансформатордың жоғары кернеуі жағынан геркондарының орамаларынан қоректендіру алатын қос жартылай периодты түзеткіштердің шығыстарына қосылған, таңдауға ерекше назар аударылады. Түрлендіргіш қондырғының әртүрлі жұмыс режимдеріндегі қорғаныс әрекеті қарастырылды. Ұсынылған әдістеменің көмегімен қорғанысты пайдалану аймағы трансформаторлары қуаты 0,25÷10 МВА болатын түрлендіргіш қондырғылармен шектелетіні анықталды, ал үлкен қуаттылықта оның сезімталдығын анықтау үшін қосымша зерттеулер жүргізу қажет.

Кілтті сөздер: түрлендіргіш қондырғысы, дифференциалды қорғанысы, геркон, жұлқиған магниттеу тогы, екінші гармоника, сезімталдығы.

**А. С. Барукин*[1]
[1]Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

DIFFERENTIAL PROTECTION OF CONVERTER INSTALLATIONS ON REED SWITCHES WITH SECOND HARMONIC BLOCKING

The advantages and disadvantages of traditional differential protections of converter installations and reed switch protections are discussed. Differential protection with reed switches is proposed, the sensitivity of which is ensured by blocking at the second harmonic when the magnetizing current of the power transformer of the installation is inrush. It also differs from others in that to obtain information about the current in the phases on the higher voltage side of the transformer, the windings of reed switches installed near their current conductors are used (in this case, the reed switches can serve as measuring elements for maximum current protection). A method for selecting the settings of such protections is given and their sensitivity is assessed. Particular attention is paid to the selection of parameters of reed switches installed near the DC current conductor, as well as their control windings connected to the outputs of full-wave rectifiers receiving power from the reed switch windings on the higher voltage side of the transformer. The behavior of protection in various operating modes of the converter installation is considered. Using the proposed methodology, it has been established that for now the scope of use of protection is limited to converter installations with transformers with a power of 0.25÷10 MVA, and at higher powers additional research is required to determine its sensitivity.

Keywords: converter installation, differential protection, reed switch, magnetizing inrush current, second harmonic, sensitivity.

МРНТИ 44.37.29

https://doi.org/10.48081/LARA2459

Н. У. Бижанов[1], Д. Н. Утебаев[2], Т. И. Глущенко[3]
[1,2,3]А. Байтұрсынова атындағы Қостанай өңірлік университеті,
Қазақстан Республикасы, г. Қостанай
*e-mail: bizhanov_nurlan@inbox.ru

КҮН БАТАРЕЯЛАРЫН ҚОЛДАНУДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕМЕСІ

Қазіргі әлемде күн энергетикасының жоғары даму қарқыны жақын арада ол электр энергиясының негізгі көздерінің біріне айналады деп айтуға мүмкіндік береді. Мақалада автономды энергиямен жабдықтау үшін жаңартылатын энергия көздерінен жұмыс істейтін энергия жүйелерін пайдаланудың өзектілігі, атап айтқанда, елдің энергетикалық тәуелсіздігін нығайтуға ықпал ететін тұтынушылар үшін экологиялық таза және экономикалық тұрғыдан тиімді электр энергиясын өндіру үшін күн энергиясын қолданудың өзектілігі қарастырылған. Энергияның негізгі көздері, атап айтқанда сұйық отын генераторы, газ тәрізді отын генераторы, күн электр станциялары, автономды энергиямен жабдықтау үшін қолданылатын шағын гидрогенераторлар қарастырылады. Дизельді электр станциясымен салыстырғанда күн электр станциясын пайдаланудың техникалық-экономикалық негіздемесі 25 жыл есептік пайдалану уақытымен келтірілген. Дизельді және күн электр станциясының жүйелері үшін жабдықтар мен техникалық қызмет көрсету құны анықталды. Автономды энергиямен жабдықтау үшін сұйық (дизель) отынмен жұмыс істейтін электр станциясы мен күн электр станциясының пайдалану шығыстары қарастырылды. Энергиямен жабдықтау жүйелері үшін қолданылатын әртүрлі энергия көздері ұсынылған. Автономды энергиямен жабдықтау жүйелері үшін ұсынылған энергия көздерінің артықшылықтары мен кемшіліктеріне салыстырмалы талдау жүргізілді. Дизельді электр станциясымен салыстырғанда күн электр станциясының негізгі артықшылықтары атап өтілді.

Кілтті сөздер: *автономды энергия, жаңартылатын энергия, күн батареясы, күн электр станциясы, дизельді электр станциясы.*

Кіріспе

Қазіргі уақытта баламалы энергия көздеріне көбірек көңіл бөлінуде және шикізат қоры мәңгілік емес болғандықтан, оларды қайта өңдеу қоршаған ортаға апатты әсер етеді. Сондай-ақ энергия бағасының тұрақты өсуі маңызды мәселе болып табылады, бұл олардың қорларының сарқылуына байланысты әлемдік нарықтағы мұнай мен газ бағасының өсуіне байланысты. Жоғарыда аталған барлық факторлардың салдарынан жаңа, баламалы энергия көздерін әзірлеу басталды, мысалы: жел энергетикасы, биоотын, гелиоэнергетика, геотермалдық энергетика және т.б. [1,2,3].

Ең қол жетімді энергия көзі күн энергиясы болып табылады. Күн сайын Жер күн сәулесінен орасан зор қуат алады, оның өзгеруі адамзаттың кез келген энергетикалық қажеттіліктерін қанағаттандыруға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта болашақта дамуды талап ете алатын екі гелиотехнология бар. Біріншісі фотоэлектрлік эффект нәтижесінде ток шығаруға негізделген. Екіншісі күннің жылу энергиясын түрлендіруден тұрады, бұл технология жылу тасымалдағышты шоғырланған күн сәулесінен жылытуға негізделген [4].

Материалдар мен әдістер

Автономды электрмен жабдықтауды қамтамасыз ету қажет болған жағдайда электрмен жабдықтауды ұйымдастырудың бірнеше нұсқалары бар:

1 Сұйық отын генераторы;

2 Газ тәрізді отын генераторы;

3 Күн электр станциялары;

4 Шағын гидрогенераторлар;

5 Жел генераторлары.

Сұйық отын генераторлары ең қарапайым және шағын болғандықтан, олар ең көп таралған, бірақ азды-көпті тұрақты электр қуатымен қамтамасыз ету қажет болған жағдайда сұйық отын генераторлары өз позицияларын жоғалтады [5,6,7].

Автономды электрмен жабдықтау көздерін қолданудың оң және теріс жақтарын қарастыруға тырысайық:

Кесте 1 – Автономды электрмен жабдықтау көздерін салыстырмалы талдау [8,9,10,11]

Көз атауы	Бағасы	Пайдалану шығыстары	Артықшылықтары	Кемшіліктері
Сұйық отын генераторы	төмен	өте жоғары	Шағын өлшем, жоғары меншікті қуат, пайдалану қарапайымдылығы	Қоршаған ортаның ластануы, өте аз ресурс, жоғары шу деңгейі, отынның болуына тәуелділік
Газ тәрізді отын генераторы	ана ғұрлым жоғары	өте жоғары	Шағын өлшем, жоғары меншікті қуат, салыстырмалы пайдалану қарапайымдылығы	Қоршаған ортаның ластануы, өте аз ресурс, жоғары шу деңгейі, отынның болуына және газ желісінің болуына тәуелділік
Күн электр станциялары	жоғары	өте төмен	Экологиялық таза, шудың болмауы, отыннан тәуелсіздік, өте ұзақ жұмыс уақыты, қуат пен энергия өндірісін икемді өрістету мүмкіндігі	Салыстырмалы түрде жоғары баға, күн панельдерін орналастыру үшін аумақтың қажеттілігі, іске қосу токтарын жабу үшін қуат резервінің қажеттілігі
Шағын гидрогенераторлар	жоғары	төмен	Экологиялық таза, төмен шу деңгейі, отыннан тәуелсіздік, ұзақ жұмыс мерзімі	Салыстырмалы түрде жоғары баға, су ағынының жоғары жылдамдығының қажеттілігі, жоғары монтаждау құны, су ағыны жоқ жерде пайдаланудың мүмкін болмауы
Жел генераторлары	жоғары	төмен	Экологиялық таза, отыннан тәуелсіздік, ұзақ жұмыс мерзімі	Салыстырмалы түрде жоғары баға, дінгек кергіштерін орналастыру үшін аумақтың қажеттілігі, шу, іске қосу токтарын жабу үшін қуат резервінің қажеттілігі, теледидар мен радио сигналдарына ықтимал кедергі

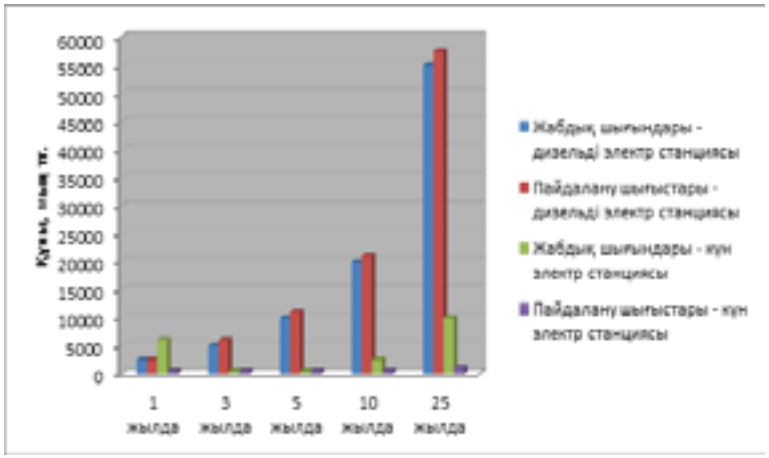
Кестеде көрсетілгендей, энергия көздерінің әрқайсысының кемшіліктері бар.

Сұйық (дизель) отын электр станциясы мен күн электр станциясының пайдалану шығыстарын салыстыруға тырысайық. Бастапқы деректер: есептік пайдалану уақыты 25 жыл (күн панельдері жұмысының кепілдік уақыты)

Кесте 2 – Күн және дизельді электр станциясының бастапқы деректері [12]

Электр станциясының түрі	Қуаты	Шығысы	Құны, (тг.)	Қызмет мерзімі	Қызмет көрсету
Дизельді	6 кВт	300 кВт сағ/ай	дизельді электр станциялары - 2000000 тг., дизель отыны - 295 тг./литр, аккумулятор - 20 000 тг.	дизельді электр станциясы - 8000 сағат (1 жыл), аккумулятордың қызмет мерзімі - 2.5 жыл	май, сүзгілер, реттеу - 100000 тг./жыл
Күн	6 кВт	300 кВт сағ/ай	инверторлар - 2000000 тг, күн панельдері (20 дана) - 3200000 тг., аккумуляторлар (8 дана) - 900000 тг.	күн батареялары - 25 жыл, инверторлар - 10 жыл, аккумулятор - 10 жыл	күн панельдерін тазалау, шағын жөндеу - 50 000 тг./жыл

Материалдық шығындардан басқа, іштен жану қозғалтқышының жұмысы қоршаған ортаға тигізетін экологиялық жүктемені ескеру қажет, 25 жылда 328500 литр дизель отыны жағылады, ал жану өнімдері атмосфераға шығарылады, шамамен 1000 литр май жұмсалады және 1000 сүзгіні кәдеге жарату керек. Күн электр станциясы жұмыс барысында зиянды заттарды бөліп шығармайды, қоршаған ортаны ластамайды, пайдалану шығыстары күн панельдерінің беткі беттерін мерзімді түрде тазартудан және коррозияға ұшыраған түйіспелерді ауыстырудан, 10 жылда бір рет инверторлар мен аккумуляторларды жоспарлы ауыстырудан тұрады [13,14,15].



Сурет 1 – Дизельді және күн электр станциялары шығындарының диаграммасы

Нәтижелер және талқылау

Жоғарыда келтірілген диаграммада көрсетілгендей, тек бірінші жылы дизельді электр станциясының жабдықтары мен пайдалану шығыстарының құны күн электр станциясының жабдықтарының құнынан сәл төмен, ал жұмыстың 3 жылында жабдықтар мен пайдалану шығыстарының құны күн электр станциясының жабдықтарының құнынан асып түседі, сонымен қатар диаграммада сұйық отын бағасының өсуі ескерілмеген. 8 мың сағаттық ресурспен дизельді электр станциясын жыл сайын ауыстыруға тура келеді (жылына 24 х 365 = 8760 сағат) және 25 жыл ішінде 25 дизельді электр станциясын ауыстыруға тура келеді, тіпті егер олар ауыстырылмаса да, күрделі жөндеуден өтсе де (ал жөндеу құны жаңа қондырғының құнына жуық болса), онда жөндеу уақытына оны ауыстыру қажет және т.с.с.

Тұжырымдар

Жүргізілген зерттеу негізінде жасалуы мүмкін қорытынды: күн электр станциялары автономды электрмен жабдықтау үшін мінсіз дерлік экологиялық таза электр көзі болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Все о солнечных батареях и энергии солнца [Электронды ресурс]. – http://www.solnpanels.com/vidy-solnechnyh-batarej/.

2 **Watts, R. G.** Engineering Response to Climate Change. 2nd edn. Boca Raton, FL: CRC Press, 2013.

3 **Quaschning, V.** Understanding renewable energy systems, Eartscan 2005.

4 Сравнение моно, поли и аморфных солнечных панелей [Электронды ресурс]. – http://b-eco.ru/articles/mono_poly_amorphous/.

5 **Andrews, J., et al.** Energy science – principles, technologies and impacts, Oxford : Oxford, University Press, 2013.

6 **Кундас, С. П.** Возобновляемые источники энергии : монография / С. П. Кундас, С. С. Позняк, Л. В. Шенец. – МГЭУ им. А.Д. Сахарова. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 315 с.

7 **Лосюк, Л. А.** Нетрадиционные источники энергии: учеб. пособие / Л. А. Лосюк, В. В. Кузьмич. – Минск : УП «Технопринт», 2005. – 234 с.

8 **Колтовой, Н. А.** Альтернативные источники энергии / Н. А. Колтовой. – М., 2018. – 30 с.

9 Сравнительный анализ дизельных электростанций, солнечных электростанций и ветрогенераторных установок [Электронды ресурс]. – https://energostrana.ru/drugie-novosti/sravnitelnyj-analiz-dizelnyh-elektrostanczij-solnechnyh/.

10 Преимущества и недостатки солнечной энергии [Электронды ресурс]. – http://solarelectro.ru/articles/preimuschestva-i-nedostatki-solnechnoj-energii/.

11 Плюсы и минусы ветровых электростанций [Электронды ресурс]. – https://plusiminusi.ru/plyusy-i-minusy-vetrovyx-elektrostancij/.

12 **Оташехов, Д. И.** Дизель-генераторная установка. Диагностика. Ремонт. Техобслуживание / Д. И. Оташехов. – Издательские решения, 2019. – 770 с.

13 Солнечные электростанции [Электронды ресурс]. – http://solnechnie–electrostancii.ru/.

14 **Куашнинг, Ф.** Системы возобновляемых источников энергии: технология – расчеты - моделирование: учебник : пер. с нем. яз. / Ф. Куашнинг. –Астана: Фолиант, 2013. - 429 с.

15 **Obaideen, K., AlMallahi, M.N., Alami, A.H., et al.** On the contribution of solar energy to sustainable developments goals: case study on Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park. // International Journal of Thermofluids, 2021.

REFERENCES

1 Vse o solnechnykh batareyakh i energii solnca [All about solar panels and solar energy] [Electronic resource]. – http://www.solnpanels.com/vidy-solnechnyh-batarej/.

2 **Watts, R. G.** Engineering Response to Climate Change. 2nd edn. – Boca Raton, FL : CRC Press, 2013.

3 **Quaschning, V.** Understanding renewable energy systems. – Eartscan, 2005.

4 Sravnenie mono poli i amorfnykh solnechnykh panelej [Comparison of the monopoly of amorphous solar panels] [Electronic resource]. – http://b-eco.ru/articles/mono_poly_amorphous/.

5 **Andrews, J.,** et al. Energy science – principles, technologies and impacts, Oxford : Oxford University Press, 2013.

6 **Kundas, S. P.** Vozobnovlyaemye istochniki energii: monografiya [Renewable energy sources : monograph] / S. P. Kundas, S. S. Poznyak, L. S. Shenets. – MGEU named after A. D. Sakharov. – Minsk: A. D. Sakharov Moscow State University, 2009. – 315 p.

7 **Losyuk, L. A.** Netradicionnye istochniki energii: ucheb. posobie [Non-traditional energy sources : study guide] / L. A. Losyuk, V. V. Kuzmich. – Minsk: SG «Technoprint», 2005. – 234 p.

8 **Koltovoj, N. A.** Alternativnye istochniki energii [Alternative energy sources] / N. A. Koltova. – M., 2018. – 30 p.

9 Sravnitelnyj analiz dizelnykh elektrostancij solnechnykh elektrostancij I vetrogeneratornykh ustanovok [Comparative analysis of diesel power plants, solar power plants and wind turbines] [Electronic resource]. – https://energostrana.ru/drugie-novosti/sravnitelnyj-analiz-dizelnyh-elektrostanczij-solnechnyh/.

10 Preimushhestva i nedostatki solnechnoj energii [Advantages and disadvantages of solar energy] [Electronic resource]. – http://solarelectro.ru/articles/preimuschestva-i-nedostatki-solnechnoj-energii/.

11 Plyusy i minusy vetrovykh elektrostancij [Pros and cons of wind farms] [Electronic resource]. – https://plusiminusi.ru/plyusy-i-minusy-vetrovyx-elektrostancij/.

12 **Otashekhov, D. I.** Dizelgeneratornaya ustanovka. Diagnostika. Remont. Tekhobsluzhivanie [Diesel generator set. Diagnostics. Repair. Maintenance] / D. I. Otashekhov. – Publishing solutions, 2019. – 770 p.

13 Solnechnye elektrostancii [Solar power plants] [Electronic resource]. – http://solnechnie – electrostancii.ru/.

14 **Kuashning, F.** Sistemy vozobnovlyaemykh istochnikov energii: tekhnologiya – raschety – modelirovanie: uchebnik per. s nem. yaz. / F. Quashning. – Astana : Foliant, 2013. – 429 p.

15 **Obaideen, K., AlMallahi, M. N., Alami, A. H., et al.** On the contribution of solar energy to sustainable developments goals: case study on Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park. // International Journal of Thermofluids, 2021.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

Н. У. Бижанов[1], Д. Н. Утебаев[2], Т. И. Глущенко[3]
[1,2,3]А.Байтұрсынова атындағы Қостанай өңірлік университеті,
Республика Казақстан, г. Костанай,
Принято к изданию 28.11.23.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Высокие темпы развития солнечной энергетики в современном мире позволяют утверждать, что в ближайшее время она станет одним из главных источников электроэнергии. В статье рассмотрена актуальность использования энергосистем, работающих от возобновляемых источников энергии, для автономного энергоснабжения, в частности применения энергии солнца для производства более экологически чистой и экономически выгодной электроэнергии для потребителей, способствующей укреплению энергетической независимости страны. Рассмотрены основные источники энергии, а именно генератор на жидком топливе, генератор

на газообразном топливе, солнечные электростанции, малогабаритные гидрогенераторы, используемые для автономного энергоснабжения. Приведено технико-экономическое обоснование использования солнечной электростанции в сравнении с дизельной электростанцией с расчетным временем эксплуатации 25 лет. Определены стоимость оборудования и технического обслуживания для систем дизельной и солнечной электростанции. Рассмотрены эксплуатационные расходы электростанции на жидком (дизельном) топливе и солнечной электростанции для автономного энергоснабжения. Представлены различные источники энергии, используемые для систем энергоснабжения. Проведен сравнительный анализ достоинств и недостатков представленных источников энергии для систем автономного энергоснабжения. Отмечены основные преимущества солнечной электростанции, в сравнении с дизельной электростанцией.

Ключевые слова автономная энергия, возобновляемая энергетика, солнечная батарея, солнечная электростанция, дизельная электростанция.

**N. U. Bizhanov[1], D. N. Utebayev[2], T. I. Glushchenko[3]*
[1,2,3]Kostanay Regional University named after A. Baitursynova,
Republic of Kazakhstan, Kostanay.
Accepted for publication on 28.11.23.

FEASIBILITY STUDY OF THE USE OF SOLAR PANELS

The high rates of development of solar energy in the modern world allow us to assert that in the near future it will become one of the main sources of electricity. The article considers the relevance of using energy systems powered by renewable energy sources for autonomous power supply, in particular, the use of solar energy to produce more environmentally friendly and economically profitable electricity for consumers, contributing to strengthening the energy independence of the country. The main energy sources are considered, namely a liquid fuel generator, a gaseous fuel generator, solar power plants, small-sized hydro generators used for autonomous power supply. A feasibility study of the use of a solar power plant in comparison with a diesel power plant with an estimated operating time of 25 years is given. The cost of equipment and maintenance for diesel and solar power plant systems has been determined. The operating costs of a liquid (diesel) fuel power plant and a solar power plant for autonomous power supply are considered. Various energy sources used for power supply systems are presented. A comparative analysis of the advantages and disadvantages of the presented energy sources for autonomous power supply systems is carried out. The main advantages of a solar power plant in comparison with a diesel power plant are noted.

Keywords: autonomous energy, renewable energy, solar battery, solar power plant, diesel power plant.

МРНТИ 58.33.09

https://doi.org/10.48081/LARA2459

***Д. Б. Боргеков[1], А. Л. Козловский[2], Д. И. Шлимас[3]**
А. Н. Бергузинов[4]
[1,2,3]Институт ядерной физики МЭ РК, Республика Казахстан, г. Алматы,
[2,3]Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана;
[4]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар
*e-mail: d.borgekov@inp.kz

СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ Nb_2O_5-MoN-AlN ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

В работе представлены результаты оценки прочностных свойств многослойных тонкопленочных покрытий на основе соединений Nb_2O_5-MoN-AlN, полученных методом магнетронного напыления на поверхности стали марки 316 L. Выбор компонент для покрытий обусловлен возможностью повышения устойчивости к внешним воздействиям за счет высоких показателей прочностных характеристик данных покрытий, а также их структурных особенностей. С применением метода рентгенофазового анализа было установлено, что вариация количества слоев и компонент приводит к формированию аморфных покрытий. В качестве методов для определения прочностных характеристик были применены методы индентирования и определения коэффициента сухого трения. В случае нанесения двухкомпонентных многослойных покрытий, установлено, что твердость увеличивается на 10–20 %, а в случае трехкомпонентных покрытий увеличение твердости составило более чем 50 %. При испытаниях на износостойкость полученных покрытий было установлено, что нанесение на сталь марки 316 L двух-трехкомпонентных покрытий приводит к увеличению устойчивости к износу стали более чем в 7–10 раз, при этом профиль износа значительно меньше за счет высокой устойчивости покрытий к износу.

Ключевые слова: магнетронное напыление, многослойные тонкопленочные покрытия, нитрид алюминия, твердость, упрочнение.

Введение

Разработки в области изучения способов повышения устойчивости материалов к внешним воздействиям, включая механические воздействия, процессам коррозии и охрупчиванию, возникающих в процессе эксплуатации являются одними из ключевых направлений в современном материаловедении [1,2]. При этом повышение устойчивости классических сталей за счет нанесения на них тонкослойных защитных покрытий является одним из наиболее перспективных направлений в данной отрасли. В основе данного направления лежит технология нанесения тонких оксидных, нитридных или карбидных покрытий металлов (кристаллических или аморфных), которые обладают более высокими показателями прочности, твердости, а также являются химически инертными материалами, что в случае воздействия с агрессивными средами приводит к снижению скорости коррозии и деградации металлических сплавов и сталей [3–5]. При этом разнообразие методов нанесения покрытий и тонких пленок позволяет получать структуры с различным фазовым и элементных составом, различной толщины, а также морфологическими особенностями, включая геометрию зерен и форму их соединений [5,6]. При этом вариация условий получения пленок и покрытий также открывает возможности для изменения свойств получаемых покрытий, что в дальнейшем используется для модификации поверхности материалов и увеличения их трибологических характеристик [7–9]. Большой интерес к нитридным и оксидным покрытиям обусловлен возможностями увеличения температуры воздействия на материал, так как данные типы покрытий, в особенности, нитридные обладают высокой термической стабильностью, что позволяет использовать их в экстремальных условиях [10,11]. Также немаловажную роль в определении эффективности повышения прочностных свойств играет вариация компонент составов покрытий или возможность получения покрытий путем варьирования слоев различных компонент, в результате которого получаются многослойные покрытия по типу «сэндвичей». Подобные покрытия обладают повышенной устойчивостью к механическим воздействиям, которое обусловлено граничными эффектами, возникающими при вариации слоев [12,13]. В ряде работ использование подобных структур (многослойных покрытий) позволило получить высокопрочные радиационностойкие покрытия, способные увеличить устойчивость сталей к газовому распуханию [14,15]. В связи с этим интерес к подобным исследованиям, в особенности в последние несколько лет, достаточно большой, так как проблема повышения устойчивости материалов

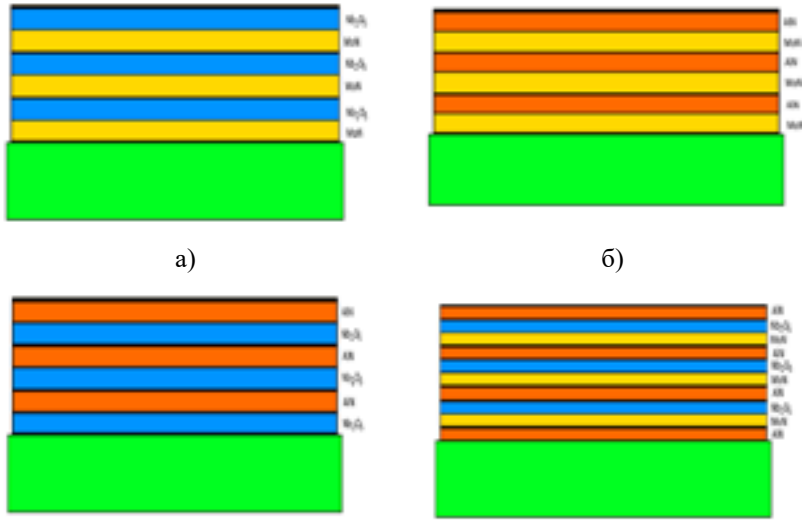
к внешним воздействиям, включая механические воздействия, коррозию и термическое воздействие является ключевой задачей в материаловедении и конструкционных материалах.

Цель данной работы заключается в изучении влияния варьирования количества компонент в многослойных тонкопленочных покрытий на основе Nb_2O_5-MoN-AlN, полученных методом магнетронного напыления на поверхности стали марки 316 L, на изменение прочностных характеристик, а также износостойкость покрытий к механическому трению. Выбор метода магнетронного напыления обусловлен возможностью контролируемого получения многослойных покрытий заданной толщины, с контролируемыми параметрами структуры, а также возможностью получения слоев, обладающих высокими прочностными и коррозионными показателями устойчивости.

Материалы и методы

В качестве объектов для исследований были выбраны многослойные тонкопленочные покрытия на основе Nb_2O_5-MoN-AlN полученные методом магнетронного напыления на поверхности стали 316L. Толщина нанесенных покрытий составляла не более 1 мкм. Определение толщины было осуществлено с применением метода эллипсометрии. Для получения многослойных покрытий были выбраны вариации составов пленок

На рисунке 1 представлено схематичное изображение получаемых многослойных тонкопленочных покрытий на основе Nb_2O_5-MoN-AlN полученных методом магнетронного напыления. Данная схема отражает расположение слоев для получения многослойных покрытий из двух или трех компонент. В случае двухкомпонентных покрытий количество слоев составляло по три каждого из компонент, в случае трехкомпонентных покрытий количество каждого выбранного слоя также составляло по три. Контроль за толщиной слоя осуществлялся на основе априорных данных об условиях напыления, путем соблюдения всех требований к параметру нанесения слоев и последующей смене катодов. Максимальная толщина слоя составляла порядка 150–170 нм.



а) б)

в) г)

Рисунок 1 – Схематичное изображение полученных многослойных тонкопленочных покрытий при варьировании количества слоев (двух и трех компонентных составов): а) Nb_2O_5 – MoN; б) AlN – MoN; в) AlN – Nb_2O_5; г) AlN – Nb_2O_5 – MoN

Для определения структурных особенностей полученных покрытий в зависимости от вариации количества слоев и компонент был применен метод рентгенофазового анализа, который был реализован на рентгеновском дифрактометре D8 Advance ECO (Bruker, Берлин, Германия).

Определение твердости было осуществлено с применением метода индентирования (в качестве индентера использовалась пирамида Виккерса). Измерения проводились с использованием микротвердомера Duroline M1 (Metkon, Бурса, Турция). Нагрузка на индентер составляла порядка 1 кН, выбор величины нагрузки обусловлен условиями измерений на глубине, характерной толщине покрытий.

Испытания на измерение коэффициента сухого трения, а также определения эффективности увеличения устойчивости покрытий к внешним воздействиям было выполнено с использованием трибометра UNITEST 750 (Ducom Instruments, Бенгалуру, Индия). Испытания проводились путем последовательных испытаний с помощью индентера в форме шарика, который воздействовал на поверхность при нагрузке 100 Н. Количество циклов повторений трения составило 20,000.

Определение скорости износа было осуществлено путем сравнительного анализа изменений коэффициента сухого трения образцов в начале испытаний и после 20,000 циклов испытаний с учетом изменений профиля износа, а также прошедшего пути индентера по поверхности образцов.

Результаты и обсуждение

Результаты рентгенофазового анализа исследуемых образцов многослойных покрытий показали отсутствие каких – либо регистрируемых дифракционных рефлексов, характерных для хорошо структурированных кристаллических покрытий, что свидетельствует о рентгеноаморфной природе получаемых покрытий с применением метода магнетронного напыления (см. Рисунок 2). Подобный эффект аморфности получаемых покрытий может быть объяснен либо малыми размерами кристаллитов (порядка нескольких нм), из которых состоят слои наносимых покрытий, что не позволяет зарегистрировать кристаллическую фазу в нанесенных покрытий, либо тот факт, что при получении покрытий степень структурного их упорядочения достаточно низкая, что приводит к отсутствию каких – либо явно проявленных дифракционных рефлексов. Аморфная природа пленок также может быть объяснена тем, что напыление проводилось при комнатной температуре, для которой как было показано в работе [16] наблюдается формирование аморфных структур.

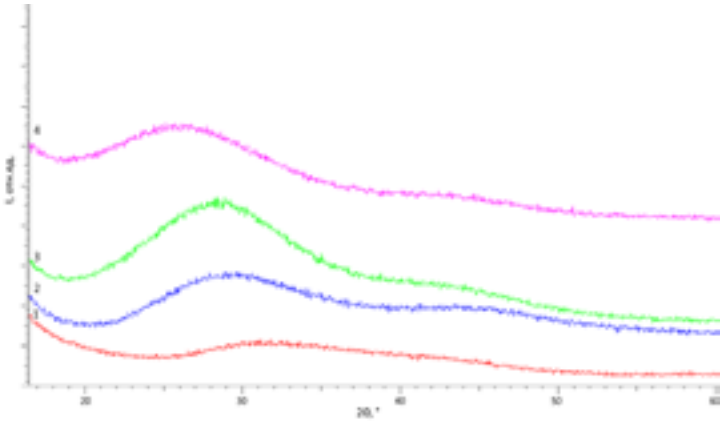


Рисунок 2 – Результаты рентгенофазового анализа исследуемых покрытий: 1) Nb_2O_5 – MoN; 2) AlN – MoN; 3) AlN – Nb_2O_5; 4) AlN – Nb_2O_5 – MoN

Одними из важных характеристик для которых используются покрытия являются прочностные свойства, в том числе повышение твердости образцов,

а также устойчивости к износу при механическом трении или постоянном или длительном воздействии на поверхность деталей.

На рисунке 3 представлены результаты оценки величины твердости, которая была определена методом индентирования. В качестве сравнительной величины представлено значение твердости для стали 316L без нанесенного покрытия. Общий вид представленных данных изменений твердости показал, что в случае использования двухкомпонентных покрытий, варьирование которых при получении многослойных покрытий, приводит к увеличению твердости поверхности с 1.53 Гпа до 1.75–1.8 ГПа, в то время как для трехкомпонентных покрытий твердость увеличивает до 2.46 ГПа. Такое изменение твердости обусловлено прочностными свойствами покрытий, а также вариацией количества слоев, которое приводит к увеличению количества граничных эффектов, оказывающих сопротивление при внешних воздействиях, а также увеличивая трещиностойкость покрытий.

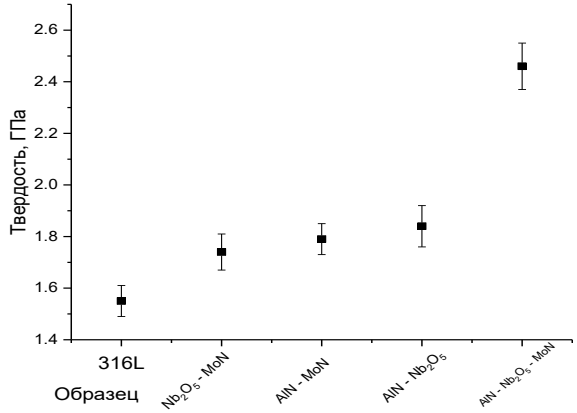


Рисунок 3 – Результаты изменения твердости образцов покрытий в сравнении с результатами для стали 316L

На рисунке 4 представлены результаты оценки упрочнения, которые отражают изменение устойчивости к растрескиванию при внешних воздействиях, которые были рассчитаны на основе данных изменений величин твердости покрытий в сравнении с результатами твердости стали без покрытия.

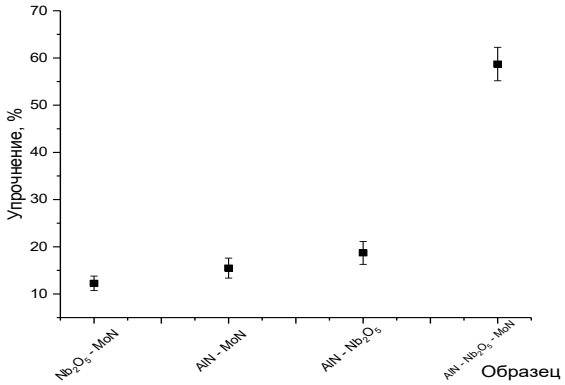


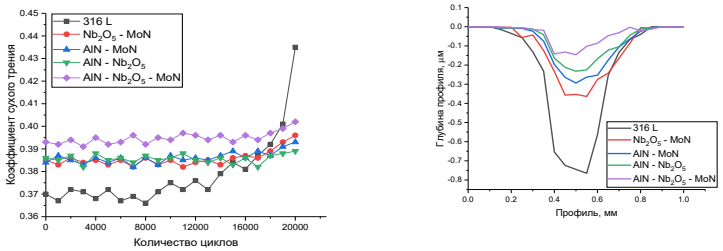
Рисунок 4 – Результаты оценки упрочнения образцов многослойных покрытий в сравнении с данными твердости для стали 316L

Как видно из представленных данных, в случае двухкомпонентных покрытий варьирование типа компонент (замена оксида ниобия на нитрид алюминия или же нитрид молибдена на оксид ниобия) не приводит к существенной разнице в изменении величины упрочнение, изменение которой для двухкомпонентных покрытий составляет порядка 15–20 % в сравнении с величиной твердости для стали 316L. При этом получение трехкомпонентных покрытий приводит к увеличению упрочнения в сравнении со сталью 316L более чем на 50 %, и в 2.5–3 раза выше при сравнении с данными упрочнения в случае двухкомпонентных покрытий. При этом увеличение твердости, и как следствие, упрочнение покрытий при переходе от двух компонентных покрытий к трем компонентным покрытиям с увеличением количества слоев, а также уменьшению их толщины, может быть обусловлено эффектом межслойных границ, увеличение которых в случае трехкомпонентных сплавов обуславливает формирование дополнительных барьеров для распространения трещин при внешних воздействиях.

Эффективность упрочнения за счет вариации количества наносимых слов в многослойных покрытиях была показана в работе [17], согласно которой увеличение количество слоев в двух компонентных сплавах приводит к увеличению устойчивости к растрескиванию, а также твердости наносимых покрытий. В свою очередь в работе [18] также показана эффективность вариации условий напыления на увеличение устойчивости к внешним воздействиям и повышение прочностных характеристик покрытий, что является хорошим подтверждением полученных результатов.

На рисунке 5 представлены результаты изучения прочностных свойств покрытий в ходе ресурсных испытаний на определение износостойкости покрытий при воздействии на них индентера в форме шарика. Количество циклов в ходе испытаний составляло порядка 20,000 циклов, в ходе которых были определены величины коэффициента сухого трения. После испытаний был определен профиль износа (глубина профиля и его ширина).

В случае нанесенных покрытий наблюдается незначительное увеличение коэффициента сухого трения в сравнении со сталью 316L, которое объясняется формированием дополнительной шероховатости при нанесении покрытий, а также в результате вариации количества слоев и типа наносимых компонент.



а) б)

Рисунок 5 – а) Результаты оценки изменений коэффициента сухого трения для исследуемых образцов в зависимости от количества циклов испытаний; б) Результаты оценки профиля повреждений после 20,000 циклов испытаний на устойчивость к трению

Как видно из представленных данных, наиболее явное изменение коэффициента сухого трения наблюдается при достижении более 10,000–12,000 циклов испытаний. При этом наиболее выраженные эти изменения наблюдаются для стали 316L, в то время как для образцов с нанесенными покрытиями увеличение коэффициента сухого трения наблюдается только после 17,000–18,000 циклических воздействий. Анализ профиля износа также явно отражают эффективность устойчивости к внешним воздействиям при механических испытаниях.

На рисунке 6 представлены результаты оценки скорости износа покрытий в сравнении с данными износа для стали марки 316L, полученные в результате испытаний на износ при механическом воздействии индентера

в ходе определения коэффициента сухого трения. Полученные данные отражают устойчивость нанесенных покрытий, а также увеличение устойчивости к износостойкости поверхности, отражающие эффективность упрочнения и повышения стабильности материалов к трению.

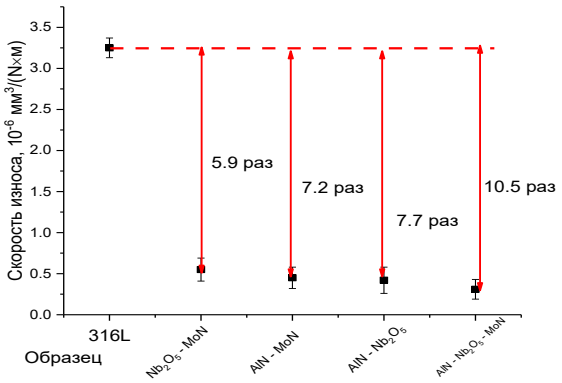


Рисунок 6 – Результаты сравнительного анализа скорости износа стали в зависимости от типа нанесенного покрытия

Общий вид полученных результатов оценки скорости износа при определении коэффициента сухого трения видно, что использование покрытий, нанесенных на поверхность стали 316L приводит к снижению износа более чем в 6–7 раз для двухкомпонентных покрытий, и более чем в 10 раз для трехкомпонентных покрытий. Такое различие в скорости деградации поверхности (скорости износа) свидетельствует о высокой эффективности использования двух и трехкомпонентных многослойных покрытий для повышения устойчивости поверхности стали к износу и механическим воздействиям.

Выводы

В ходе проведенных исследований было установлено, что в случае трехкомпонентных многослойных покрытий наблюдается увеличение твердости и упрочнения выше 50 % в сравнении с образцами стали, а также более чем в 2,5 раза выше, чем полученные значения твердости многослойных покрытий состоящих из двух компонент. При этом в ходе проведенных исследований прочностных характеристик установлено, что увеличение прочности для двухкомпонентных многослойных покрытий величина упрочнения составляет порядка 15–20 % и слабо зависит от

вариации состава компонент. В ходе определения устойчивости покрытий к износостойкости при определении коэффициента сухого трения было установлено, что нанесения покрытий на поверхность стали приводит к снижению скорости износа поверхности в ходе длительного количества циклов испытаний составило более чем в 7–10 раз в сравнении с износом для сталей без покрытий.

Информация о финансировании. Данная работа выполнена в рамках реализации программно-целевого финансирования BR21882390 «Разработка технологии решений создания и модификации высокопрочных, тугоплавких, жаропрочных композитных керамик и ТОТЭ элементов для альтернативной энергетики и приборостроения» при поддержке КН МНВО РК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Baskaran R. et al.** Increased upper critical field for nanocrystalline MoN thin films deposited on AlN buffered substrates at ambient temperature // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2016. – Vol. 49. №. 20. – P. 205304.

2 **Hallett L. et al.** Superconducting MoN thin films prepared by DC reactive magnetron sputtering for nanowire single-photon detectors // Superconductor Science and Technology. – 2021. – Vol. 34. № 3. – P. 035012.

3 **Anğay F. et al.** Structure, stress, and mechanical properties of Mo-Al-N thin films deposited by dc reactive magnetron cosputtering: Role of point defects // Journal of Vacuum Science & Technology A. – 2020. – Vol. 38, № 5. – P.1–10.

4 **Tabbal M. et al.** Pulsed laser deposition of c-axis oriented aluminum nitride thin films on silicon // The European Physical Journal Applied Physics. – 2001. – Vol. 14. № 2. – P. 115-119.

5 **Baskaran R. et al.** Superconducting fluctuations in molybdenum nitride thin films // Physica C: Superconductivity and its Applications. – 2018. – Vol. 545. – P. 5–9.

6 **Kang L. et al.** Fabrication and characterization of NbN, AlN and NbN/AlN/NbN on MgO substrates // Superconductor Science and Technology. – 2003. – Vol. 16. № 12. – P. 1417.

7 **Panwar R., Dhingra A., Kumar D.** Study of thermal stability behavior of MoN & WN thin films in ULSI // International Journal of Advances in Engineering & Technology. – 2011. – Vol. 1. № 3. – P. 55.

8 **Hahn R. et al.** Mechanistic study of superlattice-enabled high toughness and hardness in MoN/TaN coatings // Communications Materials. – 2020. – Vol. 1–№1. – P. 62.

9 **Aita, C. R.** Tailored ceramic film growth at low temperature by reactive sputter deposition // Critical reviews in solid state and materials sciences. – 1998. – Vol. 23. №. 3. – P. 205–274.

10 **Hultman, L.** Thermal stability of nitride thin films // Vacuum. – 2000. – Vol. 57, №. 1. – P. 1–30.

11 **Ren Y. et al.** Effect of Ag contents on the microstructure and tribological behaviors of NbN–Ag coatings at elevated temperatures // Vacuum. – 2022. – Vol. 204. – P. 111330.

12 **Bhardwaj N. et al.** Improved RF-DC characteristics and reduced gate leakage in GaN MOS-HEMTs using thermally grown Nb2O5 gate dielectric // Physica Scripta. – 2022. – Vol. 98. №. 1. – P. 015805.

13 **Silva C.** et al. Interface structures in Al-Nb2O5 nanocomposites processed by high-pressure torsion at room temperature // Materials Characterization. – 2020. – Vol. 162. – P. 110222.

14 **Uglov, V. V. et al.** Structural and Phase Changes in Concentrated V–Nb–Ta–Ti Solid Solutions Irradiated by Helium Ions // Journal of Surface Investigation : X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2023. – Vol. 17. – № 1. – P. 208–215.

15 **Ryskulov, A. E. et al.** Microstructural stability and mechanical properties of the system V-Nb-Ta-Ti under helium ion irradiation // Proceedings of 8th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects. – 2022. – P. 1216–1222.

16 **Haberkorn N. et al.** Synthesis of nanocrystalline δ-MoN by thermal annealing of amorphous thin films grown on (100) Si by reactive sputtering at room temperature // Thin solid films. – 2018. – Vol. 660. – P. 242–246.

17 **Gao, Z. et al.** Ab initio supported development of TiN/MoN superlattice thin films with improved hardness and toughness // Acta Materialia. – 2022. – Vol. 231. – P. 117871.

18 **Bouaouina B. et al.** Correlation between mechanical and microstructural properties of molybdenum nitride thin films deposited on silicon by reactive RF magnetron discharge // Surface and Coatings Technology. – 2018. – Vol. 333. – P. 32–38.

Принято к изданию 28.11.23.

**Д. Б. Боргеков[1], А. Л. Козловский[1,2], Д. И. Шлимас[1,2], А. Н. Бергузинов[3]*
[1]Ядролық физика институты, Қазақстан Республикасы, Алматы қ;
[2]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ;
[3]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

МАГНЕТРОНДЫ БҮРКУ ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН Nb_2O_5-MoN-AlN НЕГІЗІНДЕГІ ЖҰҚА ҚАБЫҚШАЛЫ ЖАБЫНДАРДЫҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ СИПАТТАМАСЫ

Жұмыста 316 L маркалы болат бетіне магнетронды бүрку әдісімен алынған Nb_2O_5-MoN-AlN қосылыстарына негізделген көп қабатты жұқа қабықшалы жабындардың беріктік қасиеттерін бағалау нәтижелері келтірілген. Жабындарға арналған компоненттерді таңдау осы жабындардың беріктік сипаттамаларының жоғары көрсеткіштері, сондай-ақ олардың құрылымдық ерекшеліктері есебінен сыртқы әсерлерге төзімділікті арттыру мүмкіндігіне байланысты. Рентгендік фазалық талдау әдісін қолдана отырып, қабаттар мен компоненттер санының өзгеруі аморфты жабындардың пайда болуына әкелетіні анықталды. Беріктік сипаттамаларын анықтау әдістері ретінде құрғақ үйкеліс коэффициентін анықтау және анықтау әдістері қолданылды. Екі компонентті көп қабатты жабындарды қолданған жағдайда қаттылық 10–20 %-ға артады, ал үш компонентті жабындар жағдайында қаттылықтың жоғарылауы 50 %-дан асады. Алынған жабындардың тозуға төзімділігін сынау кезінде 316 L маркалы болатқа екі-үш компонентті жабындарды қолдану болаттың тозуға төзімділігін 7–10 еседен астам арттыруға әкелетіні анықталды. Бұл жағдайда тозу профилі жабындардың тозуға төзімділігі жоғары болғандықтан айтарлықтай аз болады.

Кілтті сөздер: магнетронды бүрку, көп қабатты жұқа қабықшалы жабындар, алюминий нитрид, қаттылық, қатаю.

**D. B. Borgekov[1], A. L. Kozlovskiy[1,2], D. I. Shlimas[1,2], A. N. Berguzinov[3]*
[1]Institute of Nuclear Physics, Republic of Kazakhstan, Almaty,
[2]L. N. Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan, Astana;
[3]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar,
Accepted for publication on 28.11.23.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF THIN-FILM COATINGS BASED ON Nb_2O_5-MoN-AlN OBTAINED BY MAGNETRON SPUTING METHOD

The paper presents the assessment results of the strength properties of multilayer thin-film coatings based on Nb_2O_5-MoN-AlN compounds obtained by magnetron sputtering on the surface of 316 L steel. The choice of components for coatings is determined by the possibility of enhancing resistance to external influences due to the high strength characteristics of these coatings, as well as their structural features. Using the X-ray phase analysis method, it was found that varying the number of layers and components leads to the formation of amorphous coatings. The methods used to determine the strength characteristics were indentation and determination of the dry friction coefficient. In the case of application of two-component multilayer coatings, it was found that hardness rises by 10–20 %, and in the case of three-component coatings, the growth in hardness was more than 50 %. When testing the wear resistance of the resulting coatings, it was found that application of two-three-component coatings to 316 L steel results in an elevation in the wear resistance of the steel by more than 7–10 times, while the wear profile is significantly smaller due to the high wear resistance of the coatings.

Keywords: magnetron sputtering, multilayer thin-film coatings, aluminum nitride, hardness, hardening.

ҒТФМР 44.29.31

https://doi.org/10.48081/MPPL9167

***Г. Ерболкызы[1], А. Б. Уахитова[2]**
[1,2]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.
e-mail: a.uakhitova@mail.ru

АНЫҚ ЕМЕС ҚАТЫНАСТАР ТЕОРИЯСЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, РЕЛЕЛІК ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ ДҰРЫС ЖҰМЫС ІСТЕМЕУІНІҢ ҰЙЫМДЫҚ СЕБЕПТЕРІН АНЫҚТАУ МОДЕЛІН ӘЗІРЛЕУ

Бұл ғылыми мақалада энергия жүйесіндегі релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдастырушылық себептері қарастырылған. Бұлыңғыр себептер-салдар байланыстары бар теңдеулер жүйесін пайдалана отырып, релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себептерін анықтау моделі әзірленді. Теңдеулер жүйесін шешу кезінде ықтимал ұйымдастырушылық себептердің басымдылығының векторлық бағаны анықталады, оның негізінде релелік қорғаныс пен автоматиканың жұмысындағы ақаулар мен қателерді анықтауға болады. Мақалада ұсынылған үлгі релелік қорғаныс және автоматика құралдарының зақымдануы кезінде дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себебін тез және дәл анықтауға мүмкіндік береді. Жұмыста соңғы жылдардағы статистикалық мәліметтер негізінде релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің негізгі сегіз ұйымдастырушылық себептерінің пайда болу ықтималдығы анықталды. Жүргізілген талдауға сәйкес, релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеу ықтималдығы жоғары ұйымдастырушылық себептерге байланысты туындайтыны анықталды: қажетті шараларды қолданбау немесе олардың уақтылы қабылданбауы, өндірістегі немесе орнатудағы кемшіліктер және басқа да себептер. Сондай-ақ осы мақалада авторлар энергия жүйесіндегі релелік қорғаныс пен автоматиканың сенімділігін арттыруға бағытталған ұсыныстар ұсынылды.

Кілтті сөздер: релелік қорғаныс, анық емес қатынас, себеп-салдар байланысы, техникалық себептер, матрица.

Кіріспе

Релелік қорғаныс және автоматика құрылғылары (РҚА) төтенше жағдайлар кезінде электр желілерінің жабдықтарын автоматты түрде өшіруде маңызды рөл атқарады. РҚА апаттық учаскені оқшаулауға және апаттың желінің басқа учаскелеріне таралуын болдырмауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде электр жабдықтарын үнемдейді және мүмкін болатын қауіптердің алдын алады [1]. Энергетикалық жүйелердегі электр жабдықтары маңызды және қымбат құрамдас болғандықтан, ішкі ақауларды тез анықтай алатын және қауіпсіз жұмыс істеуді қамтамасыз ететін сенімді және жылдам қорғаныс релелерін пайдалану өте маңызды [2, 3]. РҚА тиімді және жылдам әрекеті сәтсіздіктер жағдайында жүйе өнімділігінің нашарлауын болдырмауға көмектеседі. Релелік қорғанысты және автоматика құралдарын қолдану энергетикалық жүйелердегі электр жабдықтарының қауіпсіздігі мен тиімділігін қамтамасыз етеді [4].

Энергетикалық жүйенің сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін релелік қорғаныс құрылғыларының жұмысын жүйелі түрде талдау қажет. Бұл олардың жұмысындағы ықтимал ақауларды анықтауға және оларды жою бойынша шаралар қабылдауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде энергия жүйесінің қауіпсіз және сенімді жұмысын қамтамасыз етеді. Релелік қорғаныс құрылғылары мен кешендерінің жұмысын талдау техникалық шешімдердің сәйкестігін тексеруді, құрылғылардың жұмыс көрсеткіштерін анықтауды, сонымен қатар техникалық есеп нәтижелерін қарауды қамтиды. Сондай-ақ жүйенің сенімді жұмыс істеуі үшін ұйымдастыру шараларының жеткіліктілігін тексеру қажет [5].

Бұл жұмыста релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының сенімділігін арттыру мақсатында анық емес қатынастар теориясына негізделген релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдастырушылық себептерін анықтауға арналған модель әзірленді және релелік қорғаныс құралдарының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдастырушылық себептерін анықтауға арналған модель әзірленді және релелік қорғаныс құралдарының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себептерін анықтауға арналған модель әзірленді және релелік қорғаныс құралдарының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдастырушылық себептерін анықтауға арналған модель әзірленді және бұлыңғыр қатынастар теориясына қатысты ұсыныстар ұсынылды. электр жабдықтарына қызмет көрсететін персоналдың релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдастырушылық себептері. Ұйымдастырушылық себептер деп РҚА

құрылғыларына техникалық қызмет көрсетудегі кемшіліктерден, РҚҚ нұсқаулығындағы кемшіліктерден, РҚҚ құрылғыларының параметрлерін есептеу мен таңдаудағы кемшіліктерден және т.б. туындаған РҚҚ құрылғысының дұрыс жұмыс істемеу себептерін айтады [6].

Материалдар мен тәсілдер

РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себептерін анықтау моделін жасау үшін біз анық емес себеп-салдар байланыстары бар теңдеулер жүйесін қолданамыз. Анық емес қатынастар – белгісіз, нақты емес және анық емес деректерді модельдеу үшін қолданылатын математикалық құрал. Жиынның әрбір элементіне белгілі бір мән берілген дәстүрлі қатынастардан айырмашылығы, анық емес қатынастар элементтер арасындағы қатынастарды көрсетуге мүмкіндік береді, мұнда мәндер анық емес немесе анық емес болуы мүмкін.

Жұмыс контекстінде анық емес қарым-қатынастар көрсетілген техникалық себеп туындаған кезде персоналдың әрбір түріне белгілі бір ұсыныстың ұсынылу дәрежесін сипаттау үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл деректердің белгісіздігі мен анық еместігін есепке алуға және оларды болашақта неғұрлым негізделген шешімдер қабылдауға пайдалануға мүмкіндік береді [7].

РҚА құрылғысының дұрыс жұмыс істемеуі кезінде анықталған ақаулар келесідей болсын:

y_1 – кернеу трансформаторының қайталама тізбектеріндегі ажыратқыштың дұрыс жұмыс істемеуі, бұл қорғаныстың дұрыс жұмыс істемеуіне немесе оның блокталуына әкеліп соғады және авариянның салдарын ауырлатуы мүмкін;

y_2 – желідегі қысқа тұйықталу кезінде жабдықтың уақтылы тоқтатылмауына әкелетін қысқа тұйықталу токтарынан қорғаныстың бұзылуы;

y_3 – трансформатордың қызып кетуіне және оның істен шығуына әкелуі мүмкін шамадан тыс жүктеме қорғанысының істен шығуы;

y_4 – оқшауланған бейтарапты желілерде жерге тұйықталу қорғанысының істен шығуы, бұл жабдықтың бұзылуына, адамдардың кернеудің жоғарылауына әкелуі мүмкін;

y_5 – сыртқы қысқа тұйықталу және маңызды тұтынушыларды өшіру жағдайында жалған жұмыс істеуге әкелуі мүмкін қуат бағыты релесі дұрыс жұмыс істемеуі.

Ұйымдастырушылық себептердің тізімі:

x_1 – реле қорғаныс және автоматика құрылғыларына қызмет көрсетудегі кемшіліктер (реттеу және тексеру әдістемесінің кемшіліктері, сынау құрылғыларындағы кемшіліктер, техникалық қызмет көрсетуді белгіленген

мерзімде орындамау, ағымдағы жөндеу жұмыстарының көлемін нормативтік-техникалық құжаттарға сәйкес орындамау);

x_2 – РҚА бойынша нұсқаулардың кемшіліктері (РҚА бойынша қате нұсқаулар, РҚА бойынша нұсқаулықтардың болмауы, РҚА бойынша нұсқаулықтарға уақтылы енгізілмеуі);

x_3 – реле қорғаныс пен автоматика құрылғыларының параметрлерін есептеу мен таңдаудағы кемшіліктер (алғашқы деректердің дұрыс еместігі, есептеу әдістемес індегі және баптауларды таңдаудағы кемшіліктер);

x_4 – қажетті шараларды қолданбау немесе оларды уақтылы қабылдамау (РҚА құрылғыларының қызмет ету мерзімін ұзарту немесе жабдығы мен қосалқы элементтерін ауыстыру, қосалқы бөлшектермен қамтамасыз ету, РҚА құрылғыларын орнату тапсырмасын шығару, орындау, орындау нормативтік құжаттардың және нұсқаулық құжаттаманың талаптарын, жобалау және жобалау ұйымдарымен, жабдықты өндірушімен, жедел диспетчерлік бақылау субъектісімен, анықталған ақауды немесе ақаулықты жою бойынша шараларды келісу);

x_5 – персоналдың қате немесе дұрыс емес әрекеттері (персоналдың қате немесе дұрыс емес әрекеттері);

x_6 – жобалаудың кемшіліктері (жобаның ақаулары);

x_7– өндірістің немесе монтаждаудың кемшіліктері (конструкцияның, дайындаудың ақаулары, монтаж ақаулары);

x_8 – басқа себептер (басқа ұйымдастырушылық себептер, себеп анықталмаған);

x_i и yi арасында кейбір анықталмаған себептер бар $rij = xi \rightarrow yi$, элементтері бар кейбір R матрицасы ретінде ұсынылуы мүмкін $rij \epsilon [0,1]$. Нақты кірістер (алғышарттар) мен шығулар (қорытындылар) X және Y кеңістігінде бұлыңғыр A және B жиындары ретінде қарастырылуы мүмкін [8].

Бұл анық емес жиындардың қатынасын келесідей белгілеуге болады

$$B = A \bullet R,$$

мұндағы «•» белгісі анық емес тұжырымдардың композиция ережесін білдіреді [9].

Бұл жағдайда қорытындыларға қатысты шешімнің бағыты ережелердің қорытындыларының бағытына кері болады, яғни диагностика кезінде R матрицасы (сарапшылық білім) және кірістер (немесе факторлар) бар. анықталады. Бұлыңғыр қатынастар теориясын пайдалана отырып, себеп-салдар байланыстарын талдап көрейік.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, анық емес қатынастар теориясын және ықтимал ұйымдастырушылық себептердің сараптамалық

бағасын пайдалана отырып, RPA дұрыс жұмыс істемеуі мен олардың ұйымдастырушылық себептері арасындағы анық емес қатынастар матрицаларының блок-схемасын құруға болады.

Кесте 1 – Ұйымдастыру себептері мен зақымдануы керек-жарақтар

		Ұйымдастырушылық себептер							
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Зақым	Y_1	0.8	0.4	0.6	0.2	0.3	0.4	0.2	0.5
	Y_2	0.2	0.7	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.6
	Y_3	0.7	0.6	0.5	0.3	0.4	0.4	0.2	0.4
	Y_4	0.3	0.4	0.4	0.6	0.2	0.3	0.3	0.7
	Y_5	0.5	0.3	0.2	0.1	0.8	0.4	0.2	0.4

Себеп пен салдар арасындағы детерминистік қатынастар 1, байланыстың болмауы 0, басқа бұлыңғыр қатынастар 0 мен 1 арасындағы аралық мәндер ретінде қарастырылады. РҚА құрылғыларын пайдалану жөніндегі сарапшының себептері мен салдарының анық емес қатынастары түріндегі білімі мынадай түрге ие делік

$$R = \begin{array}{c} \\ X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \\ X_8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & Y_4 & Y_5 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0.7 & 0.3 & 0.5 \\ 0.4 & 0.7 & 0.6 & 0.4 & 0.3 \\ 0.6 & 0.3 & 0.5 & 0.4 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.8 \\ 0.4 & 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0.4 \\ 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.5 & 0.6 & 0.4 & 0.7 & 0.4 \end{bmatrix} \end{array}, \quad (1)$$

Мұнда матрицаның әрбір элементі белгілі бір себептің (жолдың) белгілі бір ақауға (бағанға) сәйкес келу ықтималдығын білдіреді. Мысалы, бірінші жолдағы және бірінші бағандағы (0,8) элемент Y_1 істен шығуы (кернеу трансформаторының қайталама тізбектеріндегі ажыратқыштың дұрыс жұмыс істемеуі), себебі X_1 болса (релеге техникалық қызмет көрсетудің болмауы) 0,8 ықтималдығына ие екенін білдіреді).

РҚА пайдалануды ұйымдастыруды тексеру нәтижесінде сарапшы оның ұйымдық жағдайын ықтимал себептер мен салдарлардың келесі қатынастары арқылы бағалайды делік:

$$B = 0.8/Y_1 + 0.4/Y_2 + 0.6/Y_3 + 0.2/Y_4 + 0.3/Y_5. \quad (2)$$

Осы формуладағы 0.8 коэффициенті электр жабдығының техникалық жай-күйін жалпы бағалауға кернеу трансформаторының (y_1) қайталама тізбектеріндегі Автоматты ажыратқыштың ақаулығының үлесін білдіреді. Қандай да бір ақаулық (Y) алдында коэффициент мәні неғұрлым жоғары болса, бұл ақаулық жалпы бағалауға соғұрлым көп үлес қосады. Бұл жағдайда y_1 ақаулығы трансформатордың техникалық күйіне әсер ететін негізгі себептердің бірі болып табылады, сондықтан оның коэффициенті басқа ақауларға қарағанда жоғары.

Мұның мүмкін себебін теңдеу негізінде анықтау қажет

$$A = a_1/X_1 + a_2/X_2 + a_3/X_3 + a_4/X_4 + a_5/X_5 + a_6/X_6 + a_7/X_7 + a_8/X_8.$$

Енгізілген бұлыңғыр жиындардың бұлыңғыр қатынастарының теңдеуін келесідей көрсетуге болады

$$[0.8 \quad 0.4 \quad 0.6 \quad 0.2 \quad 0.3] = [a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad a_4 \quad a_5 \quad a_6 \quad a_7 \quad a_8] \bullet \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0.7 & 0.3 & 0.5 \\ 0.4 & 0.7 & 0.6 & 0.4 & 0.3 \\ 0.6 & 0.3 & 0.5 & 0.4 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.8 \\ 0.4 & 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0.4 \\ 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.5 & 0.6 & 0.4 & 0.7 & 0.4 \end{bmatrix},$$

Немесе бұлыңғыр баған векторлары түрінде транспозициялау арқылы

$$\begin{bmatrix} 0.8 \\ 0.4 \\ 0.6 \\ 0.2 \\ 0.3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} 0.8 & 0.4 & 0.6 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.5 \\ 0.2 & 0.7 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.6 \\ 0.7 & 0.6 & 0.5 & 0.3 & 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0.4 \\ 0.3 & 0.4 & 0.4 & 0.6 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.7 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0.8 & 0.4 & 0.2 & 0.4 \end{bmatrix}$$

(Max – min) – композицияны қолданған кезде (минимумнан максимумды алу) соңғы қатынас түрге айналады

$$0.8=(0.8\wedge a_1)\vee(0.4\wedge a_2)\vee(0.6\wedge a_3)\vee(0.2\wedge a_4)\vee(0.3\wedge a_5)\vee(0.4\wedge a_6)\vee(0.2\wedge a^7)\vee(0.5\wedge a_8)$$
$$0.4=(0.2\wedge a_1)\vee(0.7\wedge a_2)\vee(0.3\wedge a_3)\vee(0.4\wedge a_4)\vee(0.2\wedge a_5)\vee(0.3\wedge a_6)\vee(0.3\wedge a_7)\vee(0.6\wedge a_8)$$
$$0.6=(0.7\wedge a_1)\vee(0.6\wedge a_2)\vee(0.5\wedge a_3)\vee(0.3\wedge a_4)\vee(0.4\wedge a_5)\vee(0.4\wedge a_6)\vee(0.2\wedge a_7)\vee(0.4\wedge a_8)$$
$$0.2=(0.3\wedge a_1)\vee(0.4\wedge a_2)\vee(0.4\wedge a_3)\vee(0.6\wedge a_4)\vee(0.2\wedge a_5)\vee(0.3\wedge a_6)\vee(0.3\wedge a_7)\vee(0.7\wedge a_8)$$
$$0.3=(0.5\wedge a_1)\vee(0.3\wedge a_2)\vee(0.2\wedge a_3)\vee(0.1\wedge a_4)\vee(0.8\wedge a_5)\vee(0.4\wedge a_6)\vee(0.2\wedge a_7)\vee(0.4\wedge a_8)$$

Бұл анық емес теңдеулер жүйесінде ∨ – логикалық максимум операциясы, a∧ – логикалық минимум операциясы.

Алынған теңдеулер жүйесін шеше отырып, біз келесі қорытындыларды аламыз.

Бұлыңғыр теңдеулер жүйесін шешуде бұлыңғыр жиындардың қатынасы қолданылады. Бұл жағдайда теңдеулер жүйесіндегі әрбір айнымалының бұлыңғыр мәні бар, яғни нақты сан емес, керісінше градация немесе мәндер ауқымы. Теңдеулер жүйесін шешуде «∧» логикалық минимум операциясы, «∨» «логикалық максимум операциясы және терістеу операциясы, анық емес жиындардың қатынасы сияқты анық емес логикалық операциялар қолданылады.

Теңдеулер жүйесін шешіп аламыз

$$0.8 \geq 0.8 \wedge a1,\ a1 \leq 1$$
$$0{,}4 \geq 0.7 \wedge a2,\ a2 \leq 0{,}6$$
$$0{,}6 \geq 0.7 \wedge a1,\ a1 \leq 0{,}86$$
$$0{,}2 \geq 0.7 \wedge a8,\ a8 \leq 0{,}3$$
$$0{,}3 \geq 0.8 \wedge a5,\ a5 \leq 0{,}4.$$

Теңдеулер жүйесін шешу ықтимал ұйымдастырушылық себептердің келесі басымдық бағандық векторын (ББВ) береді.

Кесте 2– басымдық бағанының векторы

№	Ұйымдастырушылық себеп	ББВ
1	Релелік қорғаныс құрылғыларына қызмет көрсетудің кемшіліктері	0,86
2	РҚА бойынша нұсқаулардың кемшіліктері	0,6

Ұйымдастырушылық себептің ықтималдығын анықтайық. Соңғы 4 жылдағы әрбір ұйымдастырушылық себептермен байланысты РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеу жағдайларының саны туралы мәліметтерді болашақта техникалық себептердің әрқайсысының пайда болу ықтималдығын бағалау үшін пайдалануға болады (3-кесте) [10].

Болашақта әрбір ұйымдық себептердің ықтималдығын анықтау үшін біз релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуі жағдайларының абсолютті санын пайдаланамыз:

Ықтималдық = соңғы 4 жылдағы осы ұйымдық себеппен байланысты РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеу жағдайларының саны / соңғы 4 жылдағы РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуі жағдайларының жалпы саны.

Соңғы 4 жылда релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеу жағдайларының жалпы саны: 1606 + 1669 + 1681 + 1657 = 6613.

Мысалы, бірінші себеп бойынша «Релелік қорғаныс құрылғыларына техникалық қызмет көрсетудегі кемшіліктер»:

$$\text{Ықтималдық} = 498 / 6613 = 0{,}075$$

Статистикалық деректер бойынша әрбір ұйымдық себептердің пайда болу ықтималдығын есептеу әрбір себеп бойынша ақаулардың қаншалықты жиі болатынын және олардың релелік қорғаныс жүйесі үшін қаншалықты маңызды екенін бағалауға мүмкіндік береді. Бұл қандай себептерге көбірек көңіл бөлуді және олардың алдын алу үшін күш салуды қажет ететінін дәлірек анықтауға мүмкіндік береді. Ол болашақ сәтсіздіктердің ықтималдығын азайту үшін әрекеттерге басымдық беруге көмектеседі. Дегенмен, өткен жылдардағы шектеулі тарихи деректерге негізделгендіктен, ықтималдық болжамы нақты болмауы мүмкін екенін атап өткен жөн.

Кесте 3 – Реле қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдастырушылық себептері

№	РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себептерінің атауы	Код	2019	2020	2021	2022	Жалпы	Ықтималдық	Ықтималдық, %
1	Реле қорғаныс құрылғыларына қызмет көрсетудің кемшіліктері	201 202 203 204	100	109	124	165	498	0,075	7,5
2	РҚА бойынша нұсқаулардың кемшіліктері	205 206 207	20	25	19	16	80	0,012	1,2
3	РҚА құрылғыларының орнату параметрлерін (баптауларын) есептеу және таңдаудың кемшіліктері	208 209	15	33	19	27	94	0,014	1,4
4	Қажетті шараларды қолданбау немесе олардың уақтылы қабылданбауы	210 211 212 213 214 215	414	446	501	472	1833	0,277	27,7
5	Персоналдың қате немесе дұрыс емес әрекеттері	216	192	175	179	165	711	0,108	10,8
6	Жоба кемшіліктері	217	52	28	37	36	153	0,023	2,3
7	Өндірістің немесе монтаж кемшіліктері	218 219	264	243	289	262	1058	0,160	16,0
8	Прочие причины	220 221	549	610	513	514	2186	0,331	33,1

Нәтижелер және талқылау

Осы деректер негізінде РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеу қаупін азайту үшін ықтимал әрекеттерді қарастыруға болады. Біріншіден, сіз қандай себептердің ең ықтимал екенін анықтап, олардың алдын алуға назар аударуыңыз керек. Бұл жағдайда ықтималдық тұрғысынан ең ықтимал себептер 4, 7 және 8 болып табылады.

Релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің 4, 7 және 8-ші ұйымдастырушылық себептерінің пайда болу ықтималдығы жоғары. Осыған сүйене отырып, жағдайды жақсарту үшін қабылданатын қосымша шараларды қарастыру керек:

– №4 ұйымдастырушылық себептерге байланысты тозған бөлшектерді уақытылы жөндеуді және ауыстыруды жақсы ұйымдастыру ұсынылады. Сондай-ақ, ақауларды тез анықтауға және RPA құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуіне дер кезінде жол бермеуге мүмкіндік беретін қосымша тексерулер жүргізу мүмкіндігін қарастыруға болады.

– № 7 техникалық себептерге байланысты дайындалған немесе орнатылған схемалар мен құрылғыларды мұқият тексеру, диагностикалау ұсынылады. Сондай-ақ, істен шыққан жағдайда ақаулы тізбектің сақтық көшірмесін жасай алатын артық, артық тізбектерді қосымша сынау қарастырылуы мүмкін.

– № 8 техникалық себеп бойынша РҚА құрылғыларының жұмысындағы ақауларды тудыратын себептерге тереңірек талдау жасау, РҚА құрылғылары жұмыс істегеннен кейін мұқият талдау жүргізу ұсынылады. Сондай-ақ, нақты қысқа тұйықталулардың қолда бар авариялық осциллограммаларымен зертханалық жағдайларда қосымша тексерулер жүргізу, модельдеу мүмкіндігін қарастыруға болады, бұл қорғаныс схемалары мен логикасындағы кемшіліктерді анықтай алады және сол арқылы РҚА-ның дұрыс жұмыс істемеуіне жол бермейді. болашақ. Сонымен қатар, қызметкерлерді РҚА құрылғыларына техникалық қызмет көрсету және диагностикалау бойынша оқытуды жүйелі түрде жүргізу, сондай-ақ ұсыныстардың орындалуын бақылау ұсынылады.

Қорытынды

Бұл жұмыста бұлыңғыр себеп-салдар байланыстары бар теңдеулер жүйесін пайдалана отырып, релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдастырушылық себептерін анықтауға арналған модель әзірленді. Бұлыңғыр байланыстар теориясын және ықтимал зақымдану себептерін сарапшылық бағалауды пайдалана отырып, зақымданулар мен олардың ұйымдық себептері арасындағы анық емес байланыстар матрицасының блок-схемасы құрастырылды. Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, электр жабдықтарында немесе RPA құрылғыларында ақаулардың кейбір белгілері болса, сондай-ақ осы белгілердің лингвистикалық анық емес бағасы болса, сарапшылар RPA құрылғыларының жұмыс істеуіне себеп болған техникалық себептер туралы негізгі қорытындыларды жасай алады. Ұсынылған модель RPA құрылғыларының белгілі бір зақымданулар кезінде дұрыс жұмыс істемеуінің техникалық себебін тез және дәл анықтауға мүмкіндік береді.

Релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің негізгі 8 ұйымдық себебінің пайда болу ықтималдығы соңғы жылдардағы статистикалық мәліметтер бойынша анықталды. Жүргізілген талдауға сәйкес, релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің жоғары ықтималдығы ұйымдастырушылық себептерге байланысты туындайтыны анықталды: қажетті шараларды қолданбау немесе олардың уақтылы қабылданбауы; өндірістегі немесе орнатудағы кемшіліктер; басқа себептер (тиісінше 27,7 %, 16 %, 33,1 %). РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдастырушылық себептерін талдауға сәйкес РҚА

сенімділігін арттыруға бағытталған ұсыныстар ұсынылады. Кадрлар үшін өндіруші зауыттың оқу орталықтарында білім деңгейін және техникалық даярлығын арттыру ұсынылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Ataei, M. A.** Multi-agentbased protection scheme using current-only directional overcurrent relays for looped/meshed distribution systems / M. A. Ataei, M. Gitizadeh, M. Lehtonen, R. Razavi-Far // IET Generation, Transmission & Distribution. – 2022. – № 16. – P. 1567–1581.

2 **Bkhaitawi, A. H.** Presenting an adaptive restraint method to improve performance of ground differential protection of power transformer / A.H. Bkhaitawi, A. A. Abdoos, A. Ebadi // International Journal of Engineering. – 2022. – № 35. –P. 2213–2219.

3 **Gurevich, V.** Reliability of microprocessor-based relay protection devices: Myths and reality / V. Gurevich // Serbian Journal of Electrical Engineering. – 2009. № 6. – P. 167–186.

4 **Ying, L.** Research on state evaluation and risk assessment for relay protection system based on machine learning algorithm / L. Ying, Y. Jia, W. Li // IET Generation, Transmission & Distribution. – 2020. – № 14. – P. 3619–3629.

5 ГОСТ Р 56865-2016. Оперативно-диспетчерское управление. релейная защита и автоматика. технический учет и анализ функционирования. – М. : Стандартинформ, 2016. – С. 22.

6 Инструкция по учету и оценке работы релейной защиты и автоматики электрической части энергосистем: РД 34.35.516-89. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1990. – С. 27.

7 Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide COPYRIGHT. 1995–2016.

8 **Манусов, В. З.** Анализ технического состояния электроо-борудования систем электроснабжения на основе нечетких признаков / В. З., Манусов, Д. С., Ахьёев, Д. В. Орлов // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2017. – № 3. – С. 109–123.

9 **Manusov, V. Z.** Technical diagnostics of electric equipment with the use of fuzzy logic models / V. Z., Manusov, J. S. Ahyoev // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – № 792. – P. 324–329. https:// doi.org10.4028/www.scientific.net/AMM.792.324.

10 [Электронный ресурс]. – https://www.so-ups.ru/functioning/tech-base/rza/rza-account-analys/rza-results-info/ 2022/

REFERENCES

1 **Ataei, M. A.** Multi-agentbased protection scheme using current-only directional overcurrent relays for looped/meshed distribution systems / M.A. Ataei, M. Gitizadeh, M. Lehtonen, R. Razavi-Far // IET Generation, Transmission & Distribution. – 2022. – № 16. – P. 1567–1581.

2 **Bkhaitawi, A. H.** Presenting an adaptive restraint method to improve performance of ground differential protection of power transformer / A.H. Bkhaitawi, A. A. Abdoos, A. Ebadi // International Journal of Engineering. – 2022. – № 35. – P. 2213–2219.

3 **Gurevich, V.** Reliability of microprocessor-based relay protection devices: Myths and reality / V. Gurevich // Serbian Journal of Electrical Engineering. –2009. – № 6. – P. 167–186.

4 **Ying, L.** Research on state evaluation and risk assessment for relay protection system based on machine learning algorithm / L. Ying, Y. Jia, W. Li // IET Generation, Transmission & Distribution. – 2020. – № 14. – P. 3619–3629.

5 GOST R 56865-2016. Unified energy system and isolated energy systems. Operational dispatch control. Relay protection and automation. Technical accounting and analysis of functioning [Operativno_dispetcherskoe upravlenie. releinaya zaschita i avtomatika. tehnicheskii uchet i analiz funkcionirovaniya]. – Moscow : Standartinform, 2016. – P 22.

6 Instructions for recording and evaluating the operation of relay protection and automation of the electrical part of power systems: RD 34.35.516-89 [Instrukciya po uchetu i ocenke raboti releinoi zaschiti i avtomatiki elektricheskoi chasti energosistem]. – Moscow : SPO Soyuztehenergo, 1990. – P 27.

7 Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide COPYRIGHT. 1995–2016.

8 **Manusov, V. Z.** Analiz tehnicheskogo sostoyaniya elektrooborudovaniya sistem elektrosnabjeniya na osnove nechetkih priznakov [Analysis of the technical condition of electrical equipment of power supply systems based on fuzzy features] / V.Z. Manusov, D.S. Akhyoev, D.V. Orlov // Collection of scientific papers of the Novosibirsk State Technical University. – 2017. – No. 3. – P. 109–123.

9 **Manusov, V. Z.** Technical diagnostics of electric equipment with the use of fuzzy logic models / V.Z., Manusov, J. S. Ahyoev // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – № 792. – P. 324–329. https:// doi.org1 10.4028/www.scientific.net/AMM.792.324.

10 [Electronic resourse]. – https://www.so-ups.ru/functioning/tech-base/rza/rza-account-analys/rza-results-info/ 2022/

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

**Г. Ерболкызы[1], А. Б. Уахитова[2]*
[1,2]Казахский агротехнический исследовательский университет
имени С.Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана
Принято к изданию 28.11.23.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ПРИЧИН НЕПРАВИЛЬНОЙ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ РЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ ОТНОШЕНИЙ

В данной научной статье рассмотрены организационные причины неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики в энергетической системе. Разработана модель определения организационных причин неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики с использованием системы уравнений с нечеткими причинно-следственными отношениями. При решении системы уравнений определен вектор столбец приоритетности возможных организационных причин, на основе которого можно выявить неисправности и ошибки в работе релейной защиты и автоматики. Предложенная в статье модель позволяет быстро и точно определить организационную причину неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики при возникновений повреждений. В работе, на основе статистических данных за последние годы, была определена вероятность возникновения основных восьми организационных причин неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики. Согласно проведенному анализу установлено, что высокая вероятность неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики возникает из-за организационных причин: непринятие необходимых мер или несвоевременное их принятие, недостатки производства или монтажа, прочие причины. Также в данной статье авторы представили рекомендации, направленные на повышение надежности релейной защиты и автоматики в энергосистеме.

Ключевые слова: релейная защита, нечеткая связь, причинно-следственная связь, технические причины, матрица.

**G. Yerbolkyzy[1], A. Uakhitova[2]*
[1]S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University,
Republic of Kazakhstan, Astana,
Accepted for publication on 28.11.23

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR IDENTIFYING ORGANIZATIONAL CAUSES OF MALFUNCTIONS IN PROTECTION RELAYS AND AUTOMATION DEVICES USING FUZZY RELATION THEORY

This scientific article explores the organizational causes of malfunctions in protection relays and automation devices in the energy system. A model for identifying organizational causes of malfunctions in protection relays and automation devices is developed using a system of equations with fuzzy causality relations. By solving the system of equations, a priority vector of possible organizational causes is determined, which allows detecting faults and errors in the operation of protection relays and automation devices. The proposed model in the article enables a quick and accurate identification of the organizational cause of malfunction in the event of damage. Based on statistical data from recent years, the work determines the probability of the eight main organizational causes of malfunction in protection relays and automation devices. The analysis shows that the high probability of malfunction in protection relays and automation devices arises from organizational causes such as failure to take necessary measures or delayed action, production or installation defects, among others. The article also proposes recommendations to improve the reliability of protection relays and automation devices in the power system.

Also in this article, the authors presented recommendations aimed at improving the reliability of relay protection and automation

Keywords: relay protection, fuzzy connection, cause-and-effect relationship, technical reasons, matrix.

МРНТИ 71.37.75

https://doi.org/10.48081/SYJH8588

***Д. Д. Есимова[1], А. В. Белый[2], А. А. Фаурат[3], А. Қ. Есім[4], М. Р. Джанаргалиева[5]**

[1,2,3,5]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[4]ЕНУ имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана
*e-mail: dika-73@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТУРИЗМА, КАК ВКЛАД В ДЕКАРБОНИЗАЦИЮ ОТРАСЛИ

С момента принятия Парижского соглашения в 2015 г. декарбонизация занимает все более значимое место в повестке дня государств, регионов и бизнеса во всем мире. В настоящее время страны находятся на пути отвязки ВВП от выбросов парниковых газов (ПГ) и добиваются значительных успехов в этом процессе.

Повышение энергоэффективности зданий, транспортных средств, приборов и оборудования – это простой и малозатратный способ масштабного снижения загрязнения климата, в том числе выбросов углекислого газа (CO_2). Фактически, для масштабного снижения выбросов, необходимого для достижения нулевого уровня и борьбы с изменением климата, требуется повсеместная адаптация энергоэффективности.

В данной статье рассмотрена Концепция перехода РК к зеленой экономике: цели и анализ текущей ситуации – высокий уровень выбросов в энергетическом секторе ввиду с широким использованием ископаемого топлива, на долю которого в 2017 году приходилось 98,6 % от общего объема первичной энергии, тогда как доля альтернативных источников энергии составляла всего 1,4 %. Проанализирован вопрос повышения энергоэффективности инфраструктуры туристской отрасли в Республике Казахстан, проблемы, оказывающие влияние на низкую энергоэффективность зданий в стране и пути их решения. Также приведен наглядный пример использования зеленых источников энергии в рамках пилотного проекта зеленых инвестиций в детский оздоровительный центр «ПАРУС», которые позволят снизить расходы

на отопление на 50 %, снизить расходы на освещение и подогрев воды на 75 %, а также уменьшению себестоимости номера на 30–40 %.

Ключевые слова: декарбонизация, энергоэффективность, низкоуглеродное развитие, углеродный след, туризм.

Введение

Декарбонизация – это стратегическое сокращение антропогенных выбросов углекислого газа (CO_2) для борьбы с серьезными последствиями глобального потепления.

По данным компании McKinsey, в настоящее время основным виновником выбросов CO_2 является наше энергопотребление, на долю которого приходится 83 % от общемирового объема выбросов. Удивительно, но в атмосферу ежегодно выбрасывается более 34 млрд. метрических тонн углекислого газа [1].

В результате коллективных усилий 195 стран ратифицировали Парижское соглашение 2015 года, обязавшись к 2100 году сдержать рост глобальной температуры до уровня ниже 2 °C по отношению к доиндустриальному уровню. Впрочем, в 2018 году МГЭИК ООН выдвинула более сложную задачу, установив пороговое значение на уровне 1,5 °C.

Достижение пересмотренного предельного значения 1,5 °C требует сокращения глобальных выбросов на 45 % к 2030 году и достижения чистого нуля к 2050 году. Это означает, что ежегодное глобальное сокращение выбросов составит около 7,6 % [1].

Переход экономической инфраструктуры и технологий от ископаемого топлива является серьезной задачей, но вполне достижимой. Однако эффективность этого перехода во многом зависит от коллективной решимости общества и политиков.

Международная группа экспертов по изменению климата разработала 4 сценария модели RCP (Representative Concentration Pathway) для прогнозирования влияния выбросов углерода на глобальную температуру Земли:

RCP8.5: этот сценарий отражает вероятный результат, если не предпринимать усилий по сокращению выбросов парниковых газов.

RCP6 и RCP4.5: эти два сценария описывают, что может произойти, если не удастся действовать достаточно быстро. Согласно последним данным, в настоящее время мы находимся между сценариями 6 и 4,5.

RCP2.6: это единственный сценарий, при котором цели Парижского соглашения будут достигнуты. Следование по этому пути означает достижение нулевого или ниже нулевого уровня чистых выбросов CO_2 вскоре после 2050 года (рисунок 1).

Хотя шансы на это невелики, тем не менее, у человечества есть шанс ограничить глобальное потепление до 2 °C (или ниже) к 2100 г.: глубокая декарбонизация.

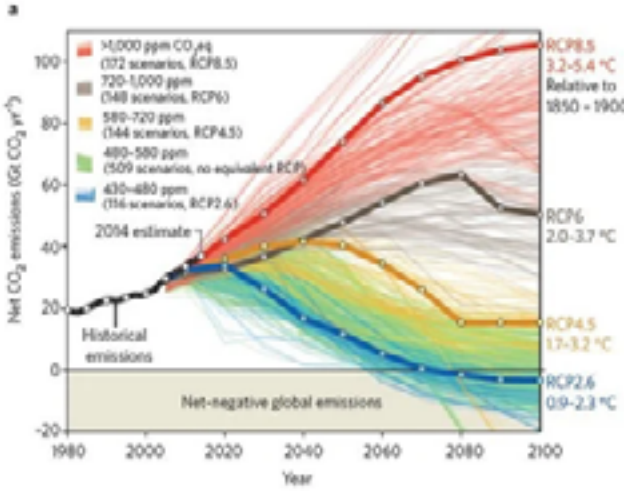


Рисунок 1 – Репрезентативные пути концентрации (RCP) МГЭИК [2]

Материалы и методы

Низкоуглеродные перспективы Казахстана были обозначены в декабре 2020 года на глобальном саммите по климатическим амбициям, приуроченном к пятилетней годовщине принятия парижского соглашения по климату, где Президент Казахстана Касым-Жомарт Токаев подтвердил приверженность Казахстана борьбе с изменением климата и заявил о поставленной цели для Казахстана достичь углеродной нейтральности к 2060 году. В связи с ужесточением правил и стандартов парижского соглашения, для приближения к цели по достижению углеродной нейтральности к 2060 году была разработана Концепция низкоуглеродного развития Республики Казахстан-2021 (КНУР РК) [8]. При разработке данной концепции, а также при качественном анализе Концепции перехода РК к зеленой экономике, специалистами было отмечено, что к задача этого проекта связана не только с климатом, но также возможно рассмотрение вопроса под углом дальнейшего безуглеродного экономического развития страны [3].

Как известно, выбросы парниковых газов в Казахстане, в основном, связаны с производством электроэнергии и тепла: в этом секторе сосредоточены 82 % всех предприятий, образующих выбросы в стране.

Высокий уровень выбросов в энергетическом секторе обусловлен широким использованием ископаемого топлива, на долю которого в 2017 году приходилось 98,6 % от общего объема первичной энергии, тогда как доля альтернативных источников энергии составляла всего 1,4%. Широкое использование в стране твёрдого топлива для получения энергии, включая обеспечение теплоснабжением и принимая во внимание суровый климат, обуславливает формирование высокого уровня загрязнения воздуха в городах и промышленных центрах, вызывая справедливые нарекания общественности (около 1/3 населения страны проживает в населенных пунктах с высоким уровнем загрязнения воздуха по показателю комплексного индекса загрязнения атмосферы).

Беря во внимание высокую обеспеченность республики топливно-энергетическими ресурсами, следует отметить, что общая мировая тенденция на декарбонизацию снизит потенциальный спрос на топливо, что в свою очередь, приведет к внутренним экономическим потрясениям. В целях избежания подобных последствий следует менять привычные механизмы на принципы зеленой экономики, ссылаясь на зарубежный опыт. Иными словами, переориентировать экономику на более «зеленые активы» и избежать потерянных инвестиций в ближайшем будущем.

Экономическая модель Казахстана, основанная на ископаемом топливе, в будущем будет становиться все более неустойчивой, и назреет необходимость в глубоких переменах. Таким образом вопросы декарбонизации для Казахстана выходят далеко за пределы чисто экологической проблематики, они чрезвычайно важны, как для социально-экономического развития отдельных предприятий, отраслей, так и в целом для всей экономики страны.

Основной целью Концепции является достижение устойчивого развития экономики Казахстана к изменению климата и углеродной нейтральности к 2060 году. Среднесрочная цель Стратегии (в соответствии с ОНУВ РК) - сокращение выбросов ПГ к 2030 году на 15 % относительно уровня выбросов 1990 года (безусловная цель) и доведение сокращения на 25 % при условии получения международной поддержки на декарбонизацию экономики (условная цель) [3].

Для эффективности работы и своевременного достижения поставленных целей и задач главную роль играет привлечение инвестиций. Привлечение дополнительных частных инвестиций из внутренних и международных источников для перехода к «зеленой» и углеродно-нейтральной экономике станет приоритетной стратегической задачей для страны [4].

Одним из способов получить количественное представление о влиянии наших действий, как хороших, так и плохих, является так называемый «углеродный след».

Углеродный след выражается в эквиваленте углекислого газа (CO_2).

МГЭИК (Межправительственная группа экспертов по изменению климата) определила более 40 парниковых газов. Наибольшие выбросы приходятся на следующие парниковые газы [5]:

- Диоксид углерода (CO_2);
- Метан (CH_4) ;
- Озон (O_3) ;
- Закись азота (N_20) ;
- Фторированные газы: Гидрофторуглерод (ГФУ), Перфторуглерод (ПФУ), Гексафторид серы (SF6).

Ниже приведены способы того, как можно рассчитать углеродный след [5]:

1) Физические коэффициенты:

В случае физического коэффициента выбросов можно указать количество CO2, выделяемого на единицу потребляемой продукции. Это относится, в частности, к транспорту или сельскохозяйственному производству.

2) Денежные коэффициенты:

Денежный коэффициент выбросов позволяет оценить содержание CO2 в продукте или услуге, исходя из его цены.

3) Онлайн-инструменты:

Вот некоторые из них:

- Ecolab (ADEME)
- GoodPlanet
- MicMac (Climate Future)
- A2DM;

4) Приложения для измерения углеродного следа:

В последние годы появилось множество приложений для расчета углеродного следа: от Karbon для измерения углеродного следа наших продуктов питания до 90 дней, помогающих улучшить наше воздействие на окружающую среду. Однако наиболее инновационным является подход, предложенный компанией Greenly: автоматический расчет выбросов CO_2 на основе банковских расходов.

5) Система маркировки расходов:

Данная система меток позволяет разработать оптимальные расчетные коэффициенты для каждой категории расходов.

Результаты и обсуждение

На долю туризма приходится около 8 % мировых выбросов углекислого газа. Начиная с авиаперелетов и морских прогулок и заканчивая продажей сувениров и проживанием в гостиницах, различные мероприятия вносят свой вклад в «углеродный след» туризма (рисунок 2). Большая часть этого следа приходится на туристов из стран с высоким уровнем доходов, причем

первое место в этом списке занимают путешественники из США. По мере роста числа людей, которые могут позволить себе путешествовать, будет расти и экологический след туризма [6].

Рисунок 2 – Углеродный след от туризма [7]

С увеличением числа путешественников и направлений туризма необходимость решения этих экологических проблем становится как никогда актуальной.

Внедрение стратегий энергоэффективности дает ряд преимуществ, в том числе:

- Сокращение выбросов углекислого газа;
- Экономия затрат;
- Повышение репутации.

В туристической отрасли реализуются различные стратегии, направленные на достижение энергоэффективности и минимизацию воздействия на природные ресурсы. Среди них можно выделить следующие [10]:

- Энергоэффективная инфраструктура и проектирование;
- Устойчивый транспорт;
- Обучение и привлечение посетителей:

1-Предоставление туристам информации о рациональном использовании энергии с помощью брошюр, веб-сайтов и указателей на объектах;

2-Организация образовательных программ и семинаров по энергосбережению и ответственному туризму;

3-Поощрение экологического выбора, например, предоставление скидок путешественникам, выбирающим энергосберегающие гостиницы.

Исследование Всемирной туристской организации (UNWTO) показало, что повышение энергоэффективности на 20 % может привести к сокращению выбросов углекислого газа в секторе на 14 %.

Республика Казахстан, являясь в числе больших стран мира обладает богатым разнообразием природных ресурсов – это леса, степи, горы, водные объекты, уникальные памятники природы и другие. Не менее интересным является наличие исторических достопримечательностей кочевой культуры от древних народов до современного образа жизни сельского жителя Казахстана. Именно эти составляющие и определяют возможности развития экологического туризма, этнотуризма и агротуризма в Казахстане.

Особо следует отметить проблему развития туристской инфраструктуры страны, которая непосредственно связана с данными видами туризма и ключевым моментом здесь является доступность услуг туристской отрасли, в цене которой присутствует энергетическая составляющая. При анализе ситуации энергопотребления объектами туристской отрасли доля энергорасходов в структуре себестоимости услуг может доходить до 50 % в отдельные сезоны года.

Причина столь высоких затрат на энергию в туристской отрасли кроется в:

1) изношенной инфраструктуре и отсутствием доступа к эффективным коммунальным системам, а именно:

– здания и помещения объектов (в большей части прежних лет постройки) имеют низкие показатели теплозащиты ограждающих конструкций, что ведет к потере энергии через стены и окна, повышенному потреблению топлива, дисбалансу комфортной температуры для отдыхающих (перетопы и недотопы в различных частях зданий) и др.;

– автономные систем отопления и горячего водоснабжения имеют физический износ и низкие показатели КПД, отсутствие или ненадлежащую работу автоматики теплопотребления, что так же ведет к повышенному потреблению энергоресурсов и самое главное – увеличивает загрязнение окружающей среды зон отдыха выбросами от котельного оборудования;

– в системах освещения применяются устаревшие виды осветительных приборов и регулирующих освещение устройств, что также влияет на высокое потребление энергии и ненадлежащий уровень светового комфорта для отдыхающих.

2) низким уровнем осведомленности применения и использования уже зарекомендовавших себя технико-технологических решений экономии энергии;

3) отсутствием механизмов стимулирования, технической и финансовой поддержки применения энергосберегающих технологий и технологий возобновляемой энергетики (ВИЭ) [9].

В совокупности все эти проблемы напрямую влияют в первую очередь на упущенную выгоду в виде экономии и высокую цену услуг.

Для того, чтобы Казахстан реализовал стратегию энергоэффективности, устойчивости туризма необходимо реализовать различные Start-Up, зеленые проекты, предлагаемые населением республики, а именно ее специалистами отдельных отраслей, профессорами. Ниже представлен пилотный проект, который связан с зелеными инвестициями в туристическую инфраструктуру на примере детского оздоровительного центра «ПАРУС» (рисунок 3). Разработка подобных пилотных проектов достаточно энергозатратный процесс, требующий комплексного, качественного финансирования.

Рисунок 3 – Пилотный проект зеленых инвестиций в детский оздоровительный центр «ПАРУС»

Информация о финансировании

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19676336)

Выводы

Данные мероприятия требуют немалых затрат, что подразумевает необходимость государственной поддержке: финансирования, выделение субсидий и прочего.

Стратегии энергоэффективности имеют важнейшее значение для формирования экологически чистого туризма и минимизации воздействия отрасли на природные ресурсы. Внедрение энергоэффективной инфраструктуры, ответственное управление водными ресурсами и отходами, устойчивый транспорт и просвещение посетителей могут внести значительный вклад в сохранение окружающей среды.

Важно, чтобы все заинтересованные стороны туристической отрасли, включая предприятия, туристов и правительства, сотрудничали и уделяли приоритетное внимание энергоэффективности как основополагающей составляющей устойчивого туризма. Тем самым мы сможем сделать значительный шаг к более экологичному и устойчивому будущему.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Decarbonization : meaning, technology and goals [Электронный ресурс] – URL: https://greenly.earth/en-us/blog/company-guide/decarbonization-meanings-technology-and-goals

2 What is decarbonisation, and why do we urgently need it? [Электронный ресурс] – URL: https://www.virta.global/blog/decarbonisation

3 Об утверждении Стратегии достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года. Указ Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 года № 121 [Электронный ресурс] – URL:https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121#z350

4 What is a carbon footprintr and how to measure yours [Электронный ресурс] – URL: https://www.nationalgeographic.com/environment/article/what-is-a-carbon-footprint-how-to-measure-yours

5 Carbon Footprint : Definition and Calculation Method [Электронный ресурс] – URL: https://greenly.earth/en-us/blog/company-guide/carbon-footprint-definition-and-calculation-method

6 Energy Efficiency and Sustainable Tourism Preserving Natural Resources [Электронный ресурс] – URL: https://energy5.com/energy-efficiency-and-sustainable-tourism-preserving-natural-resources

7 Carbon Footprint of Tourism [Электронный ресурс] – URL: https://sustainabletravel.org/issues/carbon-footprint-tourism/

8 **Новикова, А., Белый, А.** Декарбонизация и углеродная отчетность: современные тенденции и возможности для бизнеса Казахстана [Текст] – AvantGarde Group, 2021

9 **Белый, А.** Раздел «Жилищный сектор» (многоквартирные жилые дома) в Концепции развития сферы энергосбережения и повышения энергоэффективности Республики Казахстан на 2023–2029 годы» [Текст] – FELICITY II – Программа Восточного парстнерства и Центральной Азии, 2023

10 **Manfred Lenzen, Ya-Yen Sun, Futu Faturay, Yuan-Peng Ting, Arne Geschke, Arunima Malik** The carbon footprint of global tourism, 2018 [Электронный ресурс]. – URL: https://doi.org/10.1038/s41558-018-0141-x

REFERENCES

1 Decarbonization : meaning, technology and goals [Electronic resource] – URL: https://greenly.earth/en-us/blog/company-guide/decarbonization-meanings-technology-and-goals

2 What is decarbonisation, and why do we urgently need it? [Electronic resource] – URL: https://www.virta.global/blog/decarbonisation

3 Ob utverzhdenii Strategii dostizheniya uglerodnoj nejtral`nosti Respubliki Kazaxstan do 2060 goda. Ukaz Prezidenta Respubliki Kazaxstan ot 2 fevralya 2023 goda № 121 [On Approval of the Strategy for Achieving Carbon Neutrality of the Republic of Kazakhstan until 2060. Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated February 2, 2023 № 121] [Electronic resource]. – URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121#z350

4 What is a carbon footprint—and how to measure yours [Electronic resource] – URL: https://www.nationalgeographic.com/environment/article/what-is-a-carbon-footprint-how-to-measure-yours

5 Carbon Footprint : Definition and Calculation Method [Electronic resource]. – URL: https://greenly.earth/en-us/blog/company-guide/carbon-footprint-definition-and-calculation-method

6 Energy Efficiency and Sustainable Tourism Preserving Natural Resources [Electronic resource] - URL: https://energy5.com/energy-efficiency-and-sustainable-tourism-preserving-natural-resources

7 Carbon Footprint of Tourism [Electronic resource]. – URL: https://sustainabletravel.org/issues/carbon-footprint-tourism/

8 **Novikova, A., Belyi, A.** Dekarbonizaciya i uglerodnaya otchetnost`: sovremenny`e tendencii i vozmozhnosti dlya biznesa Kazaxstana [Decarbonization and Carbon Reporting : Current Trends and Opportunities for Kazakhstan Businesses] [Text] – AvantGarde Group, 2021

9 **Belyi, A.** Razdel «Zhilishhny`j sektor» (mnogokvartirny`e zhily`e doma) v Koncepcii razvitiya sfery` e`nergosberezheniya i povy`sheniya e`nergoe`ffektivnosti Respubliki Kazaxstan na 2023–2029 gody`» [Section «Housing Sector« (apartment buildings) in the Concept of Development of Energy Saving and Energy Efficiency Improvement of the Republic of Kazakhstan for 2023-2029»] [Text] – FELICITY II – Programma Vostochnogo parstnerstva i Central`noj Azii, 2023 [East Partnership and Central Asia Program, 2023]

10 Manfred Lenzen, Ya-Yen Sun, Futu Faturay, Yuan-Peng Ting, Arne Geschke, Arunima Malik The carbon footprint of global tourism, 2018 [Electronic resource]. – URL: https://doi.org/10.1038/s41558-018-0141-x

Принято к изданию 28.11.23.

**Д. Д. Есимова[1], А. В. Белый[2], А. А. Фаурат[3], А. Қ. Есім[4], М. Р. Джанаргалиева[5]*
[1,2,3,5]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
[4]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

САЛАНЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИЯЛАУҒА ҮЛЕС РЕТІНДЕ ТУРИЗМ ОБЪЕКТІЛЕРІНІҢ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

2015 жылы Париж келісімі қабылданғаннан бері декарбонизация бүкіл әлемдегі мемлекеттердің, аймақтардың және Бизнестің күн тәртібінде маңызды орын алды. Қазіргі уақытта елдер ЖІӨ-ні парниктік газдар шығарындыларынан (ПГ) ажырату жолында және бұл процесте айтарлықтай жетістіктерге жетуде.

Ғимараттардың, көлік құралдарының, аспаптар мен жабдықтардың энергия тиімділігін арттыру – бұл климаттың ластануын, соның ішінде көмірқышқыл газының (CO_2) шығарындыларын жаппай азайтудың қарапайым және арзан әдісі. Шын мәнінде, нөлдік деңгейге жету және климаттың өзгеруімен күресу үшін қажет шығарындыларды жаппай азайту үшін энергия тиімділігін кеңінен бейімдеу қажет.

Бұл мақалада ҚР - ның жасыл экономикаға көшу тұжырымдамасы қарастырылған: ағымдағы жағдайдың мақсаты мен талдауы–2017 жылы бастапқы энергияның жалпы көлемінің 98,6 % – приход құрайтын, ал баламалы энергия көздерінің үлесі небәрі 1,4 % –. құрайтын қазбалы отынды кеңінен пайдалана отырып, энергетика секторындағы шығарындылардың жоғары деңгейі. Қазақстан

Республикасындағы туристік сала инфрақұрылымының энергия тиімділігін арттыру мәселесі, елдегі гимараттардың энергия тиімділігінің төмендігіне әсер ететін проблемалар және оларды шешу жолдары талданған. Сондай-ақ, «ПАРУС» балалар сауықтыру орталығына жасыл инвестициялар пилоттық жобасы шеңберінде жасыл энергия көздерін пайдаланудың көрнекі мысалы келтірілген, бұл жылыту шығындарын 50 %-ға төмендетуге, жарықтандыру және суды жылыту шығындарын 75 %-ға төмендетуге, сондай-ақ бөлменің өзіндік құнын 30-40 % - ға төмендетуге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: декарбонизация, энергия тиімділігі, төмен көміртекті даму, көміртегі ізі, туризм.

**D. D. Yessimova[1], A. V. Belyi[2], A. A. Faurat[3], A. Q. Yessim[4], M. R. Janargaliyeva[5]*
[1,2,3,5]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[4]L. N. Gumilev Eurasian National University, Republic of Kazakhstan, Astana.
Accepted for publication on 28.11.23

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF TOURISM FACILITIES AS A CONTRIBUTION TO THE DECARBONIZATION OF THE INDUSTRY

Since the adoption of the Paris Agreement in 2015, decarbonization has been increasingly high on the agenda of nations, regions and businesses around the world. Countries are now on the path to decoupling GDP from greenhouse gas (GHG) emissions and are making significant progress in the process.

Improving the energy efficiency of buildings, vehicles, appliances and equipment is a simple and low-cost way to reduce climate pollution, including carbon dioxide (CO_2) emissions, on a large scale. In fact, widespread energy efficiency adaptation is required to make the large-scale emission reductions needed to reach net-zero and combat climate change.

This article considers the Concept of transition of the RK to a green economy: objectives and analysis of the current situation – high level of emissions in the energy sector due to the extensive use of fossil fuels, which in 2017 accounted for 98.6 % of total primary energy, while the share of alternative energy sources was only 1.4 %. The issue of improving the energy efficiency of the infrastructure of the tourism industry in the Republic of Kazakhstan, the problems affecting the low energy efficiency of buildings in the country and ways to solve them are analyzed. Also given a clear example of the use of green energy sources in the pilot project of green investments in children's health center «PARUS», which will reduce heating costs by 50 %, reduce lighting and water heating costs by 75 %, as well as reduce the cost of the room by 30–40 %.

Keywords: decarbonization, energy efficiency, low-carbon development, carbon footprint, tourism.

SRSTI 53.49.13

https://doi.org/10.48081/EUZC9755

***A. Zhakupov[1], A. Zhakupova[2]**
[1,2]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar
*e-mail: alibek_j85@mail.ru

INFLUENCE OF DEPENDENCE EQUATION TYPE ON THE ACCURACY OF CORRELATION BETWEEN MAGNETIC AND MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL PRODUCTS

This article presents the results of the steel products properties research through non-destructive testing, based on the dependence of mechanical properties on magnetic ones. The objective of the research was to increase the accuracy of determining the mechanical properties of steel products in a non-destructive way through the use of a polynomial dependence. The correlations used in this work were obtained using regression analysis in Excel. The reliability of increasing the accuracy of determining mechanical properties through the structure-sensitive parameters of the magnetic hysteresis loop (coercive force, maximum magnetic permeability and residual magnetic induction) using a polynomial dependence is confirmed by experimental data. The output parameters of the regression equations were the basic mechanical properties: tensile strength, yield strength and elongation. The use of a polynomial dependence, compared to a linear one, made it possible to reduce the error in determining the properties of steel products from 4 % to less than 1 %.

Keywords: polynomial dependence, non-destructive testing, mechanical properties, regression, error.

Introduction

The development of magnetic methods for assessing stresses in elements of steel structures is one of the urgent problems of non-destructive testing. A large number of works are devoted to studying the influence of elastic and plastic deformations on the magnetic properties of steels. The most sensitive magnetic properties are the initial μa and maximum μmax magnetic permeabilities, coercive force Hc, residual induction B0, hysteresis losses and others [1-3].

Coercive force is one of the best known structure-sensitive magnetic parameters due to the relative ease of its measurement, regardless of the geometry of the research object [4, 5].

Another parameter of the magnetic hysteresis loop that has a good correlation with mechanical stresses is the residual magnetic induction. Often the deformation dependences of the residual induction are close in appearance to the inverse deformation dependences of the coercive force. Monotonous changes in the residual induction, observed with an increase in the elastic stresses acting on the ferromagnet, make it possible to estimate their magnitude [6, 7].

Due to the fact that many parameters of the limiting hysteresis loop and the magnetization curve are sensitive, including to the stress-strain state, it is possible to establish a correlation between internal stresses and magnetic properties [8]. However, when establishing a regression equation, a linear function is generally used. At the same time, the measurement error for this reason can be more than 10 %. In this regard, in this work, a research was carried out the influence of the function type on the degree of correlation dependence of mechanical properties on magnetic ones, in order to determine the accuracy and reliability of measurements through the use of more approximate complex functions (power, exponential, logarithmic and others) [9–11]. As a comparison, a polynomial dependence was used.

Materials and research methods

The object of the research were samples of pipe billets made of 09G2S steel, the chemical composition of which is given in Table 1. The chemical composition was determined on a DFS-500 in accordance with GOST 18895-97 «Method of photoelectric spectral analysis».

Table 1 – Chemical composition of pipe billets made of steel 09G2S

Steel	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	V	Cu
09G2S	0,11	0,62	1,45	0,15	0,004	0,004	0,18	-	-	0,17

Measurement of magnetic indicators (coercive force and residual magnetic induction) was carried out on a KIM-2M coercimeter in accordance with GOST 8.268-77 «Measurement technique for determining the static magnetic characteristics of hard magnetic materials» The value of the maximum magnetic permeability was determined by the ratio of the maximum intensity to the maximum magnetization.

To determine the mechanical properties (tensile strength, yield strength, relative elongation), uniaxial tension was used on a WDW-200 tensile testing machine in accordance with GOST 1497-84 «Metals. Tensile test methods».

Results and discussion

The task was achieved in the following way. At the beginning, the values of the magnetic parameters were determined by measuring the coercive force Hc, the maximum magnetic permeability μmax and the residual magnetic induction B0 of ferromagnetic samples. Next, using regression analysis, we determined the coefficients according to a polynomial equation of the form:

$$y=a_0+a_1x_1+a_2x_2+a_3x_3+a_{12}x_1x_2+a_{13}x_1x_3+a_{23}x_2x_3+a_{11}x_1^2+a_{22}x_2^2+a_{33}x_3^2.$$

where y – mechanical property indicator;

x_1– coercive force value, A/m;

x_2– maximum magnetic permeability value, H/m;

x_3– value of residual magnetic induction, T;

$a_i a_{3k}$– regression coefficients.

In order to confirm the reliability of the proposed method for determining mechanical properties (tensile strength σв, yield strength σт and relative elongation δ) and reduce its error according to this dependence, 5 (five) samples were taken from one hardened product made of steel 09G2S, the values of magnetic properties were measured, and then, the actual values of the mechanical properties were determined through a mechanical tensile test. As a result, the following values were obtained (table 2).

Table 2 – Mechanical and magnetic properties values

Sample №	$\sigma_в$, MPa	$\sigma_т$, MPa	δ, %	H_c, A/m	μ_{max} H/ m	B_0, T
1	720	662	11,2	13,5	620	1,11
2	731	628	12,0	12,3	645	1,05
3	719	582	11,8	12,9	596	0,95
4	688	594	11,1	11,9	682	1,18
5	695	588	11,9	12,9	590	1,13

Next, using the data obtained, according to Table 2, we conducted a regression analysis, obtaining the following dependencies (Table 3):

Table 3 – Correlation dependencies

Linear dependence	σв=433,892077+19,862914H_c+0,359444μ_max-185,219939B_ост
	σ_т=-941,287900+72,551000H_c+1,068626μ_max-35,895388B_ост
	δ=27,538906-0,574766H_c-0,011632μ_max-1,246337B_ост

Polynomial dependence	$\sigma_в$=540,422470+0,609844H_c μ_max-0,165024μ_max Вост-14,606285H_c2--0,005591μ_{max}2
	$\sigma_т$=-211,011428+1,073648H_c μ_max+0,183059μ_{max} ост-24,252918H_c^2-0,009936μ_max^2
	δ=18,835729+0,013212H_c μ_max+0,001204μ_max $B_{ост}$- 0,356325H_c2-0,000141μ_max^2

To identify the error of the proposed method for determining mechanical properties using a polynomial dependence, the calculated values of tensile strength, yield strength and elongation were compared with the actual values obtained during tensile testing (Table 4).

Table 4 – Error in applying linear and polynomial functions

Parameter	Sample №	Actual values (tensile test)	Calculated by dependencies			
			linear dependence		polynomial dependence	
			value	error, %	value	error, %
$\sigma_в$, MPa	1	720	719,30	0,097	720,07	0,010
	2	731	715,57	2,111	731,08	0,011
	3	719	728,39	1,306	719,07	0,010
	4	688	696,84	1,285	688,09	0,013
	5	695	692,90	0,302	695,06	0,009
$\sigma_Т$, MPa	1	662	660,85	0,174	661,91	0,014
	2	628	602,66	4,035	627,90	0,016
	3	582	597,42	2,649	581,92	0,014
	4	594	608,52	2,444	593,89	0,019
	5	588	584,55	0,587	587,92	0,014
δ, %	1	11,2	11,18	0,179	11,11	0,804
	2	12,0	11,66	2,833	11,90	0,833
	3	11,8	12,01	1,780	11,72	0,678
	4	11,1	11,30	1,802	10,99	0,991
	5	11,9	11,85	0,420	11,82	0,672
Error interval, %	-	-	-	0,097-4,035	-	0,010-0,991

As can be seen from the results of Table 4, the determination of mechanical properties using the proposed method minimizes the measurement error and confirms the reliability of the control.

Funding information

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan by the (Grant No. AP13268736 – Non-destructive method for determining the mechanical properties of steel products)

Conclusions

As a result of the research, an increase in the accuracy of determining mechanical properties was achieved by establishing a closer relationship between input and output parameters. Ensuring increased accuracy in determining the mechanical properties of ferromagnetic products was achieved through the use of a polynomial relationship between magnetic and mechanical properties, providing the best approximation of the relationship between dependent and independent variables. At the same time, the measurement error decreased from 4.035 to 0.991 %.

REFERENCES

1 **Schapova, E. A., Stashkov, A. N., Afanasyev, S. V., Nichipuruk, A . P.** Magnetic properties and the structure of eutectoid steel with different pearlite morphology // The Physics of Metals and Metallography. – 8. – 2021. – P. 796–802.

2 **Stashkov, A., Nichipuruk, A., Kuleev, V., Schapova, E.** Magnetic non-destructive testing of residual stresses in low-carbon steels // Journal of Physics: Conference Series. – 1389. – 2019. – P. 012032.

3 **Ryu, K. S., Nahm, S. H., Park, J. S.** A new non-destructive method for estimating the remanent life of a turbine rotor steel by reversible magnetic permeability // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 251. – 2002. – P. 196–201.

4 **Lee, E.W.** Magnetostriction. Reports of progress in physics // The physical society. University of Southamton. – 18. – 1955. – P. 184–229.

5 **Buttle, D. J., Moorthy, V., Shaw, B.** Determination of residual stresses by magnetic methods // Measurement Good Practice Guide. – 88. – P. 56.

6 **Rossini, N. S., Dassisti, M., Benyounis, K. Y., Olabi, A. G.** Review methods of measuring residual stresses in components // Material and Design. – 35. – 2012. – P. 572 – 588.

7 **Perevertov, O.** Detection of spring steel surface decarburization by magnetic hysteresis measurements // NDT&E International – 2011. – V. 44. – P. 490–494.

8 **Kikuchi, H.** Feasibility study for nondestructive evaluation of magnetic properties and hardness of two-layered specimens by magnetic single-yoke probe // NDT&E International – 2012. – V. 46. – P. 1–6.

9 **Buschow, K. H. J.** Physics of Magnetism and Magnetic Materials. – USA : Springer US, 2004. – 182 p.

10 **Langman, R.** Magnetic properties of mild steel under conditions of biaxial stress // IEEE transactions on magnetics – 1990. – V. 26. – № 4. – P. 1246–1251.

11 **Zhakupov, A., Zhakupova, A., Bogomolov, A.** Dependence of electromagnetic parameters of products from steel 09g2s on their mechanical properties // Bulletin of Toraighyrov University – Energetics. series – № 3. – 2022. – P.304–312.

Accepted for publication on 28.11.23.

А. Н. Жакупов, А. Т. Жакупова
Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

БОЛАТ БҰЙЫМДАРЫНЫҢ МАГНИТТІК ЖӘНЕ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ КОРРЕЛЯЦИЯ ДӘЛДІГІНЕ ТӘУЕЛДІЛІК ТЕҢДЕУІ ТҮРІНІҢ ӘСЕРІ

Мақалада механикалық қасиеттердің магниттік қасиеттерге тәуелділігіне негізделген бұзбайтын бақылау арқылы болат бұйымдарының қасиеттерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеудің мақсаты полиномды тәуелділікті қолдану арқылы болат өнімдерінің механикалық қасиеттерін бұзбай анықтау дәлдігін арттыру болды. Берілген жұмыста қолданылатын корреляциялық тәуелділіктер Excel-де регрессиялық талдау арқылы алынды. Полиномды тәуелділікті пайдалана отырып, магниттік гистерезис ілмегінің (коэрцитивтік күш, максималды магниттік өткізгіштік және қалдық магниттік индукция) құрылымдық-сезімтал параметрлері есебінен механикалық қасиеттерді анықтау дәлдігін арттырудың дұрыстығы эксперименттік деректермен расталады. Регрессия теңдеулерінің шығыс параметрлері негізгі механикалық қасиеттер болды: беріктік шегі, аққыштық шегі және салыстырмалы ұзарту. Желілік тәуелділікпен салыстырғанда полиномды тәуелділікті қолдану болат өнімдерінің қасиеттерін анықтау қателігін 4 %-дан 1 %-ға дейін төмендетуге мүмкіндік берді.

Кілтті сөздер: полиномды тәуелділік, бұзбайтын бақылау, механикалық қасиеттер, регрессия, қателік.

А. Н. Жакупов[1], А. Т. Жакупова[2]
[1,2]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г.Павлодар
Принято к изданию 28.11.23.

ВЛИЯНИЕ ВИДА УРАВНЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ НА ТОЧНОСТЬ КОРРЕЛЯЦИИ МАГНИТНЫХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В статье представлены результаты исследования свойств стальных изделий посредством неразрушающего контроля, основанного на зависимости механических свойств от магнитных. Целью исследования было повышение точности определения механических свойств стальной продукции неразрушающим способом за счет использования полиномиальной зависимости. Корреляционные зависимости, использованные в данной работе, были получены с помощью регрессионного анализа в Excel. Достоверность повышения точности определения механических свойств за счет структурно-чувствительных параметров петли магнитного гистерезиса (коэрцитивной силы, максимальной магнитной проницаемости и остаточной магнитной индукции) с использованием полиномиальной зависимости подтверждена экспериментальными данными. Выходными параметрами уравнений регрессии были основные механические свойства: временное сопротивление, предел текучести и относительное удлинение. Использование полиномиальной зависимости по сравнению с линейной позволило снизить погрешность определения свойств стальной продукции с 4 % до менее 1 %.

Ключевые слова: полиномиальная зависимость, неразрушающий контроль, механические свойства, регрессия, погрешность.

ҒТАМР 49.31.29

https://doi.org/10.48081/UWOI2794

А. К. Жумалиева[1], Б. Т. Бахтияр[2], Г. У. Турсынбаева[3], М. А. Маханова[4]
[1,2,3,4]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехнкалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.,
e-mail: zhumaliyeva1990@list.rual

БИОГАЗ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫНА ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ТҮРЛЕРІ

Республикада мал шаруашылығы саласының әлеуеті жылдан жылға артып келеді. Бұл саланың қалдықтары қоршаған ортаның ластануының әртүрлі түрлерін тудырады. Биогаз өндіру қоршаған ортаға теріс әсерді азайтуға мүмкіндік береді. Бұл мақаланың мақсаты биогаз қондырғысына қызмет көрсету түрлері талқылануда. Биогаз қондырғыларының конструктивті және пайдалану параметрлері олардың сенімділігі мен тиімділігін бағалаудың негізгі критерийі болып табылады. Биогаз қондырғысын пайдалану кезеңінде жаңа көңді жүктеудің тәуліктік дозасы және оны енгізу жиілігі үлкен маңызға ие. Жүктеу дозасы – тұрақсыз болып келеді және шикізат түрінде болады, ашыту температурасына және құрғақ заттардың концентрациясына байланысты толық қарастырылады. Сонымен қатар, биогаз өндірісінің тиімділігін арттыруға бағытталған қарапайым биогаз қондырғысын салу кезінде тәртіпті сақтау ұсынылады және биогаз қондырғыларының жұмысы мен қызмет көрсетуіне тоқталады. Реактор құрылғыға тоқтала келгенде, металдан да, құрылыс материалдарынан да жасалуы мүмкін, мысалы: кірпіш, цемент, тас. Қалай болғанда да, реактор герметикалық және коррозияға төзімді болуы керек. Бірінші кезекте тиеу және түсіру құбырларын монтаждау жүргізілуі және сұлбасы ұсынылған. Биогаз қондырғысын іске қосу жолдары.

Кілтті сөздер: биогаз, термофильді режим, доза, мезофильді режим, ашыту процесі, реактор, қондырғы.

Кіріспе

Биогаз қондырғысын пайдалану кезеңінде жаңа көңді жүктеудің тәуліктік дозасы және оны енгізу жиілігі үлкен маңызға ие. Жүктеу дозасы – тұрақсыз болып келеді және шикізат түрінде болады, ашыту температурасына және құрғақ заттардың концентрациясына байланысты.

Термофильді режимде жұмыс істейтін қондырғылар үшін жүктеудің тәуліктік дозасы жүктелетін шикізаттың толық көлемінің 20 % жетуі мүмкін.

Мезофильді режимде жұмыс істеген кезде жүктеменің аз дозалары 1–5 %, 10–20 % дозаларға қарағанда биогаздың төмен бөлінуін қамтамасыз етеді. Алайда, үлкен дозаларда биогаздағы метан мөлшері азаяды, ал көмірқышқыл газы көбейеді. Биогаздың калориялық құндылығы тұрғысынан алынған тәуліктік жүктеменің оңтайлы дозасын қондырғының мезофильді режимі үшін 6–10 % деп санауға болады. Тәуліктік доза реакторға тұтастай емес, бірте-бірте тәулігіне 4–6 рет бірдей уақыт аралығында тең бөліктерде енгізілуі керек. Шикізаттың жүктелетін бөлігі мүмкіндігінше қыздырылуы керек. Қондырғының психрофильді жұмыс режимі үшін жүктелетін шикізаттың дозасы жаңа шикізатты тәулік сайын қосқанда 2 %–дан аспауы тиіс. Егер бөлшектеп тиеу әдісі қолданылса, онда реактор бірден 2/3-ке жүктеледі және шикізат 40 немесе одан да көп күн бойы жаңа көң қоспай өңделеді [1].

Материалдар мен әдістер

Ашыту процесі күрделі биохимиялық құбылыс. Сондықтан биогаз қондырғысын сәтті пайдаланудың міндетті шарты метан ашыту процесін қамтамасыз ететін организмдердің дамуы үшін қажетті жағдайларды жасау болып табылады.

Бактериялардың әр түрлі штамдары әр түрлі оңтайлы өмірлік температураға ие. Психрофильді бактерияларда өндірілетін биогаздың максималды көлемі +23 градус температурада байқалады, мезофильді бактерияларда - +35 градус, термофильді бактерияларда - +55 градуста байқалады. Тәулік бойы температураның ауытқуы психофильді ашыту режимі үшін екі градустан, мезофильді режим үшін бір градустан және термофильді режимдер үшін 0,5 градустан аспауы керек.

Психофильді температуралық режимде шикізатты ашыту ұзақтығы 30–40 және одан да көп тәулікті, мезофильді режимде – 10–20 тәулікті, термофильді режимде-5–10 тәулікті құрайды [1].

Реактордағы оңтайлы температураны ұстап тұрудан басқа, шикізатты араластыру маңызды, бұл жүктелетін шикізаттың таралуының біркелкілігін және оның микроорганизмдермен тұрақты байланысын сақтауға, сондай-ақ реактордың бүкіл көлеміндегі температураны теңестіруге мүмкіндік береді. Ол бос бетте қыртыстың пайда болуына және түбінде қозғалмайтын

шөгінділердің пайда болуына жол бермейді. Ашыту процесінің қалай жүретінін биогаздың бөліну қарқындылығымен, сондай-ақ реактордан шыққан кезде ашытылған массаның түсімен бағалауға болады.

Биогаздың болмауы немесе оның әлсіз түзілуі микроорганизмдердің белсенділігінің төмендігін көрсетеді және ашытылған шикізаттың сұр түсімен анықталуы мүмкін. Мұның себебі микроорганизмдердің жетіспеушілігі болуы мүмкін, бұл процестің әлсіреуіне әкеледі, оны қалпына келтіру үшін жақсы газ түзілу мүмкіндігі бар қоректік ерітінділерді енгізу қажет [2].

Артық қоректік заттармен қышқылдардың пайда болуы және микроорганизмдердің белсенділігінің төмендеуі мүмкін. Бұл жағдайда ашытылған шикізаттың түсі қара түске өзгереді және оның бетінде ақ пленка пайда болуы мүмкін. Метакислиттерді өсімдік күлін немесе әк суын енгізу арқылы бейтараптандыруға болады.

Егер ашытылған масса қара қоңыр түске ие болса және көбік пайда болса, онда қалыпты ашыту процесі жүреді деп санауға болады [2].

Қауіпсіздік ережелері

Биогаз қондырғысын пайдалану кезінде келесілерге назар аудару керек:

Биогазды ұзақ уақыт бойы көп мөлшерде ингаляциялау улануды тудыруы мүмкін, өйткені биогаздағы күкіртті сутегі өте улы. Тазартылмаған биогаз шіріген жұмыртқаның иісін сезеді, бірақ тазартылғаннан кейін оның иісі болмайды. Сондықтан биогазды қолданатын тұрмыстық техника тұрған барлық бөлмелерді үнемі желдетіп отыру керек. Газ құбырлары герметикалығын үнемі тексеріп, зақымданудан қорғалуы керек. Газдың ағып кетуін анықтау сабын эмульсиясымен немесе арнайы құралдармен жүргізілуі керек. Газдың ағып кетуін анықтау үшін ашық отты қолдануға тыйым салынады [3].

*600 °С немесе одан жоғары температурада тұтану көзі болған кезде 5 %-дан 15 %-ға дейінгі пропорцияда ауамен араласқан Биогаз жарылысқа әкелуі мүмкін. Ашық өрт аудадағы биогаз концентрациясы 12 %-дан асқанда қауіпті. Осылайша, қондырғының жанында темекі шегуге және от жағуға тыйым салынады. Дәнекерлеу жұмыстарын жүргізу кезінде газ жабдығына дейінгі қашықтық кемінде 10 метр болуы тиіс. Жөндеу жүргізу үшін биогаз қондырғыларынан шикізатты төгіп тастағаннан кейін реакторды желдету керек, өйткені биогаз бен ауа қоспасының жарылу қаупі бар [3].

Газ құбыры арқылы тұтыну орнына берілетін газдың қысымы 0,15 МПа (1,5 кг/см2) аспауы тиіс, ал газ аспаптарының алдында 0,13 кг/см^2 аспауы тиіс. Реактор қажет болған жағдайда оны магистральдық газ құбырынан ажырата алатын ысырмалармен, су тығындарымен жабдықталуы тиіс. Реакторда нормадан жоғары көтерілген жағдайда газ жүйесінде артық қысымды автоматты түрде босату клапаны болуы тиіс.

Пайдаланылатын электр жабдықтары жерге тұйықталуы тиіс. Жерге қосу сымының кедергісі 4,0 Ом аспауы керек [4].

Санитарлық қауіптің негізгі көздері сұйық көң мен көң ағындарында гельминт жұмыртқаларының, бактериялық топтарының және басқа патогендік микрофлораның болуы болып табылады. Сондықтан инфекцияның алдын алу үшін қауіпсіздік шараларын сақтау қажет. Сонымен, ферма бөлмесінде және биогаз қондырғыларының жанында тамақ жеуге болмайды.

Реактор мен био тыңайтқыш қоймасы адамның ішке құлау қаупін болдырмау үшін салынуы керек [4].

Қарапайым биогаз қондырғысын салу кезінде келесі тәртіпті сақтау ұсынылады:

1 Шаруашылықта жиналатын көңнің тәуліктік көлемін анықтау;
2 Реактордың қажетті көлемін анықтау;
3 Орнату орнын таңдау;
4 Реакторға арналған материалдарды дайындау;
5 Тиеу және түсіру құбырларын монтаждау;
6 Реакторды орнатуға арналған шұңқырды дайындау;
7 Реакторды орнату;
8 Жүктеу бункерін орнату;
9 Газ бұрғысын монтаждау;
10 Люк қақпағын орнату;
11 Реактордың герметикалығын тексеру;
12 Қондырғыны бояу және жылу оқшаулауды орнату;
13 Биогаз қондырғысын іске қосу [5].

Дайындық жұмыстары

Орнату орнын таңдау бірнеше факторларға байланысты – бос алаңдардың болуы, тұрғын үй-жайлардан, қалдықтарды сақтау орындарынан және жануарларды ұстау орындарының орналасуы. Жер асты суларының тереңдігіне, шикізатты тиеу мен түсірудің ыңғайлылығына байланысты реактор жер үсті, ішінара немесе толығымен көмілген күйге ие болуы мүмкін.

Мүмкіндігінше жерасты орналастыру ұсынылады, өйткені ол инвестицияларды азайтуға мүмкіндік береді және шикізатты тиеу үшін қосымша жабдықты пайдалануды болдырмайды. Терморегуляция сапасы едәуір жақсарады, сонымен қатар саз бен сабан арзан жылу оқшаулағыш материалдарды пайдалану мүмкіндігі бар [6].

Жылу оқшаулағыш материалдар жақсы оқшаулау қасиеттеріне ие, арзан және қол жетімді болуы керек. Қолайлы материалдар-сабан, саз, шлак, құрғақ көң. Оқшаулау қабат-қабат жасалады, алдымен сабан қабаты, содан кейін саз және т. б. реактордың жоғарғы жағына дейін, содан кейін қалыңдығы

кем дегенде 300 мм. шлакпен сазды себіңіз оқшаулау мен жердің жанасуын болдырмау үшін полиэтилен пленкасы қолданылады [6].

Реакторды құрастыру

Реактор металдан да, құрылыс материалдарынан да жасалуы мүмкін, мысалы: кірпіш, цемент, тас. Қалай болғанда да, реактор герметикалық және коррозияға төзімді болуы керек. Бірінші кезекте тиеу және түсіру құбырларын монтаждау жүргізіледі. Олар жаңа шикізат түсірілімге түспеуі үшін реактордың қарама-қарсы жағында орналасқан. Ол үшін диаметрі кемінде 150 мм құбырлар қолданылады. тиеу құбыры металдан немесе бетоннан жасалуы мүмкін тиеу бункеріне қосылады. Осыдан кейін реакторды іргетасқа орнатуға және жылу оқшаулауға болады [2].

Сурет 1 – Биоредактор сұлбасы

Газ бұрғысын монтаждау

Газ жүйесі реактор орнатылып, жалпы монтаж аяқталғаннан кейін ғана салынады. Тұтынушыға газ беруге арналған құбыр бүлінуден қорғалуы тиіс. Газды бұру реактордың жоғарғы бөлігінде жүргізіледі. Газды бұру үшін диаметрі кемінде 25 мм болат құбырлар қолданылады. Газды бұру жүйесіне судың жартысына дейін толтырылған ыдыс болып табылатын су қақпасы кіреді. Кіріс құбыры суға батырылады, ал газды ағызатын құбыр судың үстінде орналасқан [8].

Биогаз қондырғыларының жұмысы және қызмет көрсетуі

Іске қосуға дайындық

Дайындық кезеңі реактор мен газ жүйесінің тығыздығын тексеруді қамтиды. Ол үшін манометр газ жүйесіне қосылады, барлық крандар реактордағы артық ауа қысымын манометрмен өлшеуге болатындай етіп жабылады.

Сорғы немесе автоцистерна көмегімен реактор жұмыс деңгейіне дейін сумен толтырылады. Артық ауа қауіпсіздік клапаны арқылы шығарылады. Осыдан кейін су манометрінің көрсеткіштері жазылады және толтырылған реактор бір күнге қалдырылады [1].

Егер тәулік өткеннен кейін манометрдің көрсеткіші өзгермеген немесе шамалы өзгерген болса, онда газ жүйесі мен реактордың жеткілікті тығыздығы бар деп санауға болады. Реактор мен газ жүйесіндегі қысымды жоғалтқан кезде ағып кетуді табу және жою қажет [9].

Нәтижелер мен талқылау

Биогаз қондырғысын іске қосу

Биогаз қондырғысын іске қосу жөніндегі жұмыстар орнату тұтастай алғанда және оның элементтері қауіпсіз пайдалану талаптарына сәйкестік бөлігінде пайдалануға жарамды деп танылған кезде ғана басталуы мүмкін.

Жүктеуге арналған көң балғындық пен бөлшектердің болуына тексерілуі керек.

Орнатуды бастау үшін 5 күннен асқан көңді пайдалану ұсынылмайды. Көңді ұзақ сақтаған кезде оның құрамындағы қышқылдар көбейеді. Мұндай шикізат ашыту процесіне теріс әсер етеді, өйткені ол реактордағы микроорганизмдердің оңтайлы қатынасын өзгертеді, нәтижесінде процестің қалыпты жүрісі бұзылуы мүмкін [10].

Құм, малтатас, саз және цемент сияқты Бейорганикалық шыққан қатты фрагменттер шөгінділердің пайда болуына себеп болады, ал қатты өсімдік фрагменттері қыртыстың пайда болуына ықпал етеді. Бұл газдың азаюына және биогаздың азаюына әкеледі.

Тексеруден кейін көң қабылдау бункеріне салынып, жазда 92–95 % және қыста 85 % ылғалдылыққа дейін сумен сұйылтылады. Қажетті ылғалдылыққа жету үшін шикізат сумен сұйылтылған. (5-кестені қараңыз). Біртектілікті алғаннан кейін шикізат реакторға жүктеледі, ол ішкі көлемнің 2/3 бөлігінен аспауы керек. Қалған бос орын биогазды сақтау үшін қолданылады [11].

Кесте 1 – 100 кг көңге қажетті ылғалдылыққа жету үшін су мөлшері

Қажетті ылғалдылық	Шикізаттың бастапқы ылғалдылығы						
	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %
85 %	166 литр	133 литр	100 литр	67 литр	33,5 литр		-
92 %	400 литр	337 литр	275 литр	213 литр	150 литр	87,5 литр	25 литр

Ірі қара мен шошқа көңінің бастапқы ылғалдылығы – 65 %, ал құс тамшылары – 75 %.

Реакторға салынған шикізат суық болмауы керек және оның температурасы оңтайлы ашыту температурасына жақындауы керек.

Биогаз қондырғысы сәтті жұмысы реакторда метан түзетін микроорганизмдер штаммдарының болуына байланысты, олардың көп мөлшері ірі қара малдың (ірі қара) жаңа көңінде болады.

Ашыту процесін оңтайландыру үшін кейбір белгілі бастау әдістерін қолдануға болады:

1 Қалыпты әрекет ететін реактордан белсенді ашытқы реакторына енгізу;

2 Әк, көмірқышқыл газы, сілті және басқалары сияқты реагенттерді қосу;

3 Реакторды жылы сумен толтыру және оған көң ағындарын біртіндеп қосу;

4 Реакторды жаңа көң ағындарымен толтыру;

5 Реакторды ыстық газдармен толтыру және көң ағындарын біртіндеп тиеу [1].

Жүктелген шикізатты жылытудың бастапқы кезеңінде микроорганизмдердің тұрақты өсуін қамтамасыз ету үшін ол біртіндеп, тәулігіне 2-3 градустан аспауы керек және қажетті температураға жеткізілуі керек. Қыздыру процесінде шикізатты қарқынды араластыру қамтамасыз етілуі керек.

7–8 күннен кейін реактордағы микроорганизмдердің белсенді тіршілік әрекеті басталады. Бірінші биогаз құрамында аз мөлшерде метан бар және тұрақсыз күйеді. Кейіннен метан түзілуі күшейіп, биогаз қарқынды күйе бастайды. Реактор тек ірі қара малдың қалдықтарымен ғана емес, шошқалардың, құстардың қалдықтарымен және нәжіс ағындарымен де жүктеледі [12].

Қорытынды

Бұл мақалада биогаз қондырғысына техникалық қызмет көрсету түрлері талқыланды. Биогаз қондырғысын іске қосу жөніндегі жұмыстар орнату тұтастай алғанда және оның элементтері қауіпсіз пайдалану талаптарына сәйкестік бөлігінде пайдалануға жарамды деп танылған кезде ғана басталуы мүмкін.

Орнатуды бастау үшін 5 күннен асқан көңді пайдалану ұсынылмайды. Көңді ұзақ сақтаған кезде оның құрамындағы қышқылдар көбейеді. Мұндай шикізат ашыту процесіне теріс әсер етеді, өйткені ол реактордағы микроорганизмдердің оңтайлы қатынасын өзгертеді, нәтижесінде процестің қалыпты жүрісі бұзылуы мүмкін. Тексеруден кейін көң қабылдау бункеріне салынып, жазда 92-95 % және қыста 85 % ылғалдылыққа дейін сумен сұйылтылады. Қажетті ылғалдылыққа жету үшін шикізат сумен сұйылтылған. Біртектілікті алғаннан кейін шикізат реакторға жүктеледі, ол ішкі көлемнің 2/3 бөлігінен аспауы керек. Қалған бос орын биогазды сақтау үшін қолданылады.

Биогаз қондырғысын салу және іске қосу кезінде бар тәртіпті, қауіпсіздік ережелерін сақтау ұсынылды.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Мақала 2022 жылғы 20 мамырдағы № 126-КМЗ келісімшарты бойынша «биоотынды пайдалана отырып, жаңғыртылған қазандық базасында эксперименттік энергетикалық кешенді әзірлеу» IRN AP13068541 жобасы шеңберінде Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің ҒК қаржылық қолдауымен орындалды.

ПАЙДАЛЫНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Орумбаев, Р. К., Бахтияр, Б. Т., Умышев, Д. Р., Отынчиева, М. Т., Акимбек, Г. А.,** «Қазандықтың жылу алмасу беттерінің күл тозуын эксперименттік зерттеу», Энергетика, 2021, 215, 119119

2 **Орумбаев, Р. К., Кибарин, А. А., Бахтияр, Б. Т., Касимов, А. С. Коробков, М. С.** «Зерттеу режимдерін жану кезінде послойном жағу шубаркульді көмір колосникалық торда қолмен жағуды су жылытқыш қазандығы КСВР-0,43» // Мерзімдік басылым. – 2020. 17(36). Б 856–870

3 **Соколов С. Я.,** Жылу және жылу желілері, – М. : Энергоатомиздат, 1982, – 360 б.

4 **Елизаров Д. П.,** Электр станцияларының жылу электр станциялары, – М. : Энергоатомиздат, 1982. – 264 б.

5 **Волков Е.П., Ведяев В. А., Обрезков В. И.,** Электр станцияларының электр станциялары. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 280 б.

6 **Орумбаев, Р. К., Бахтияр, Б. Т., Умышев, Д. Р., Отынчиева, М. Т., Акимбек Г. А.** Қазандықтың жылу алмасу беттерінің күл тозуын эксперименттік зерттеу // Энергетика, 2021. 215. – 119119

7 **Авербух, А. М.,** Шешімдері мен мысалдары бар есептердегі Релелік қорғаныс, – М. : Энергия, 1975. – 416 б.

8 **Чернобров, Н. В., Семенов, В. А.** Электр энергетикалық жүйелерді релелік қорғау, М. : Энергия, 1998. – 610 б.

9 **Шабад, М. А.** Релелік қорғаныс есептеулері. – М. : Энергия, 1986. – 243 б.

10 **Князевский, Б. А.,** Еңбекті қорғау. / 2-ші басылым., қайта өңдеу. және қосымша. – М. : Жоғары.

11 **Рыжкин, В. Я.,** Жылу электр станциялары: жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған. 3-ші басылым. – М. : Энергоатомиздат, 1987.– 328 б.

12 **Гиршфельд, В. Я., Князев, А. М., Куликов, В. Е.** Робот режимдері және ЖЭС-ті пайдалану. – М. : Энергия, 1973.

REFERENCES

1 **Orumbayev, R. K., Bakhtiyar, B. T., Umyshev, D. R., Otynchiyeva, M. T., Akimbek, G. A.,** «Experimental study of ash wear of heat exchange surfaces of the boiler», Energythis link is disabled, – 2021. – 215, 119119

2 **Orumbayev, R. K., Kibarin, A. A., Bakhtiyar, B. T., Kassimov, A. S., Korobkov M. S.** «Research of combustion modes during layer-burning of shubarkul coal on the fire grate with the hand furnace of the ksvr-0.43 hot water boiler», Periodico Tche Quimica. – 2020. – 17(36), P. 856–870.

3 **Sokolov, S. Ya.** «Otoplenie i teplovye seti», [Heating and heat networks]. – Moscow: Energoatomizdat, 1982. – 360 p.

4 **Elizarov, D. P.** «Teplovye elektrostancii elektrostancij» [Thermal power plants of power plants], – Moscow, Energoatomizdat, 1982. – 264 p.

5 **Volkov, E. P., Vedyaev, V. A., Obrezkov, V. I.** «Silovye ustanovki elektrostancij», [Power plants of power plants]. – Moscow : Energoatomizdat, 1983. – 280 p.

6 **Orumbayev, R. K., Bakhtiyar, B. T., Umyshev, D. R., Otynchiyeva, M. T., Akimbek, G. A.** «Eksperimental›noe issledovanie zol›nogo iznosa teploobmennyh poverhnostej kotla», [Experimental study of ash wear of heat exchange surfaces of the boiler] // Energy. – 2021 – 215 – 119119.

7 **Averbukh, A. M.** «Relejnaya zashchita v zadachah s resheniyami i primerami» [Relay protection in problems with solutions and examples], – Moscow : Energiya, 1975. – 416 p.

8 **Chernobro, N. V., Semenov, V. A.,** «Relejnaya zashchita elektroenergeticheskih system» [Relay protection of electric power systems]. Moscow : Energiya, 1998. – 610 p.

9 **Shabad, M. A.** «Raschety relejnoj zashchity» [Calculations of relay protection]. – Moscow : Energiya, 1986. – 243 p.

10 **Knyazevsky, B. A.,** «Ohrana truda» [Labor protection] 2nd ed., reprint. and additional]. – Moscow : Higher.

11 **Ryzhkin, V. Ya.,** «Teplovye elektricheskie stancii : Dlya studentov vuzov. 3-e izd.» [Thermal power stations: For university students. 3rd ed.]. – Moscow : Energoatomizdat, 1987. – 328 p.

12 **Girshfeld, V. Ya., Knyazev, A. M., Kulikov, V. E.,** «Rezhimy roboty i ekspluataciya TES» [Operating modes and operation of thermal power plants]. – Moscow : Energy, 1973.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

**А. К. Жумалиева[1], Б. Бахтияр[2], Г. У. Турсунбаева[5], М. А. Маханова[4]*
[1,2,3,4]Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана,
Принято к изданию 28.11.23.

ВИДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ РАБОТЫ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Потенциал отрасли животноводства в республике растет из года в год. Отходы этой отрасли вызывают различные виды загрязнения окружающей среды. Производство биогаза позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду. Целью данной статьи является обсуждение видов обслуживания биогазовой установки. Конструктивные и эксплуатационные параметры биогазовых установок являются основным критерием оценки их надежности и эффективности. В период эксплуатации биогазовой установки большое значение имеет суточная доза загрузки свежего навоза и частота его внесения. Дозировка загрузки-нестабильна и присутствует в сыром виде, подробно рассматривается в зависимости от температуры брожения и концентрации сухих веществ. Кроме того, рекомендуется соблюдать порядок при строительстве простой биогазовой установки, направленной на повышение эффективности производства биогаза, и остановиться на работе и обслуживании биогазовых установок. Реактор может быть изготовлен как из металла, так и из строительных материалов, например: кирпича, цемента, камня. В любом случае реактор должен быть герметичным и устойчивым к коррозии. В первую очередь производится монтаж погрузочно-разгрузочных труб и представлена схема. Пути запуска биогазовой установки.

Ключевые слова: биогаз, термофильный режим, дозировка, мезофильный режим, процесс ферментации, реактор, установка.

**A. K. Zhumaliyeva[1], B. Bakhtiyar[2], G. U. Tursunbaeva[3], M. A. Makhanova[4]*
[1,2,3,4]Kazakh AgroTechnical Research University named after S. Seifullina, Republic of Kazakhstan, Astana,
Accepted for publication on 28.11.23.

TYPES OF MAINTENANCE OF BIOGAS PLANTS

The potential of the livestock industry in the republic is growing from year to year. Waste from this industry causes various types of environmental pollution. The production of biogas reduces the negative impact on the environment. The purpose of this article is to discuss the types of maintenance of a biogas plant. The design and operational parameters of biogas plants are the main criterion for assessing their reliability and efficiency. During the operation of the biogas plant, the daily dose of fresh manure loading and the frequency of its application are of great importance. The loading dosage is unstable and is present in raw form, it is considered in detail depending on the fermentation temperature and the concentration of dry substances. In addition, it is recommended to observe the order during the construction of a simple biogas plant aimed at increasing the efficiency of biogas production, and stop at the operation and maintenance of biogas plants. The reactor can be made of both metal and building materials, for example: brick, cement, stone. In any case, the reactor must be sealed and resistant to corrosion. First of all, loading and unloading pipes are installed and a diagram is presented. Ways to start a biogas plant.

Keywords: biogas, thermophilic regime, dosage, mesophilic regime, fermentation process, reactor, installation.

МРНТИ 49.29.17

https://doi.org/10.48081/AKQZ7832

***А. С. Звонцов[1], А. П. Кислов[2], Л. Н. Кириченко[3], У. К. Жалмагамбетова[4] , О. А. Андреева[5]**

[1,2,4]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[3]Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана қ.
e-mail: trigal@mail.ru

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ОПТИЧЕСКИХ СВЕТОВОДАХ

В статье рассмотрены физические основы волновой и геометрической оптики, используемые в метрологическом обеспечении оптических световодов и оптической связи.

Показаны зависимости одного из главного параметра систем передачи информации – скорости – от физического строения стекловолокна.

Ввиду неоднородного показателя преломления оптического тракта групповой световой сигнал движется с различной скоростью, что приводит к увеличению длительности импульса, лежащего в основе изучения дисперсионных явлений.

Определено, что световой импульс состоит из ряда лучей, которые распространяются не только вдоль оси вололкна, но и под некоторым угловым наклоном.

Представлены полные расчеты, показывающие искажение и затухание оптических сигналов

Определен принцип действия оптического рефлектометра и дан анализ мощности оптического излучения, показывающий потери оптического соединения на границе раздела различных видов производителей оптоволокна.

Проанализированы импульсы прохождения и отражения сигнала при распространении в прямом и обратном направлениях.

Даны передаточные характеристики, показывающие принцип двулучепреломляемости светового луча, и появляющиеся в результате данного процесса луч проходящий и луч отраженный.

Имеющиеся показатели показывают различие в характере отражения на границе раздела с плоскими и закругленными краями контактов световодов.

Ключевые слова: явление двулучепреломляемости, коэффициент широкополосности, световая апертура, показатель профиля преломления, оптический волновод, монохромное излучение, световой импульс.

Введение

Предельный объем информации, которую можно передать по волокну единичной длины, определяется его полосой пропускания. Для оценки данного параметра оценивают обратную величину – дисперсию, связанную с временными задержками сигнала на входе и выходе волновода.

В дальнейшем будет показано, что с увеличением эффективной длины многогодового тракта хроматическая дисперсия на участке будет возрастать, а полоса пропускания – уменьшаться.

Увеличение величины хроматической дисперсии говорит о задержке между передающими и принимаемыми импульсами. Учитывая, что она носит нежелательный характер, в технике передачи предусмотрены методы уменьшения ее влияния через материальную и волноводную дисперсии.

В первом случае необходимо использовать волокна с градиентным показателем преломления.

Во втором случае будет рассмотрена апертура светового луча, явление двулучепреломляемости способы уменьшения отраженного сигнала для уменьшения интерференции на лазерный источник излучения.

Материалы и методы

Метрология обнаружения разъемных механических соединителей и оценка потерь на границе раздела двух сред.

Одно из главных свойств геометрической оптики, нашедшей применение в оптических волноводах – отражение света и вследствие этого, ввод термина «коэффициент отражения» по отношению к проходящему лучу от участков волокна вблизи воздушного зазора на границе перехода.

При условии входа светового импульса под определенным углом в оптически более плотную среду (мы рассматриваем полимерное стекло) из оптически менее плотной (воздушная среда) его направление распространения по отношению к оси волновода изменяется ввиду наличия кварцевой сердцевины с показателем преломления и ее окружающей оболочки с коэффициентом преломления .

На этом процессе основано явление полного внутреннего отражения

$$\sin\alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

Для волоконно-оптических линий связи критический угол $\alpha_0 \approx 42°$.

Выделим 3 возможных хода геометрии светового луча.

Если угол между лучом и нормалью является критическим, то вводимый луч будет распространяться вдоль границы «сердцевина-оболочка».

При условии $\alpha_0 > 42°$ луч будет проходить в оболочке волновода.

Соблюдая параметр $\alpha_0 < 42°$ свет будет проходить влодь сердцевины путем многократного отражения.

Данное отношение необходимо при проектировании ввода оптического лазерного диода в канал передачи данных.

В системах лазерной связи учитывается данный угол α_0, близкий к критическому, который при проходе через торцы волноводов будет неоднократно отражаться, и ввиду дисперсии волнового импульса, с разной групповой скоростью распространения моды.

Если граница раздела двух сред намного меньше рабочей длины волны $\Delta \ll \lambda$ мощность прохождения имеет вид

$$P_{пр} = \frac{4 \cdot n_1^2 \cdot n^2}{4 \cdot n_1^2 \cdot n^2 + (n_1^2 - n^2)^2 \cdot \sin^2(2\pi n\Delta/\lambda)} \quad (2)$$

где n_1 – показатель преломления используемого оптоволокна;

n – показатель преломления воздуха;

Δ – граница раздела двух сред, нм;

λ – граница раздела двух сред, нм;

$$P_{отр} = \frac{(n_1^2 - n^2)^2 \cdot \sin^2(2\pi n\Delta/\lambda)}{4 \cdot n_1^2 \cdot n^2 + (n_1^2 - n^2)^2 \cdot \sin^2(2\pi n\Delta/\lambda)} \quad (3)$$

Коэффициент отражения может быть рассчитан соответственно как

Исходя из выражений, требуемая длина волны для коэффициента прохождения может быть найдена как

Для коэффициента отражения соответственно

$$\lambda = \frac{2\pi n\Delta}{\sin^{-1}\sqrt{\frac{4 \cdot n_1^2 \cdot n^2 - P_{пр} 4 \cdot n_1^2 \cdot n^2}{P_{пр}(n_1^2 - n^2)^2}}} \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{2\pi n\Delta}{\sin^{-1}\sqrt{\frac{P_{отр} 4 \cdot n_1^2 \cdot n^2}{(1 - P_{отр}) \cdot (n_1^2 - n^2)^2}}}$$

При переходе стекло-воздух из показателя преломления n_1=1.5 в n= 1при расстоянии границы раздела двух сред Δ в 800 нм и использовании рабочей длина волны лазерного излучения λ в 1300 нм получим значения показатедя по формуле (1) коэффициента прохождения $P_{пр}$=0,92 и коэффициента отражения 0,079 соответственно.

В таблице 1 даны практические значения физических показателей используемых конструкций соединения.

Таблица 1 – Параметры физического тракта и оптимальная длина волны пр наличии физического соединителя

Границы раздела двух сред Δ, нм	Рабочая длина волны λ, нм	Коэффициент прохождения
800	1300	0,92
78	1300	0,97
50	1300	0,9901
50	1550	0,99301

Анализируя формулы (2) и (3) можно сделать вывод что расстояние между волноводами должно быть намного меньше длины источника излучения для достижения практически безвозвратного хода луча

Например, если 100 мкВт энергии достигает конца волокна, то около 8 мкВт отражается назад к источнику, что соответствует плоским торцам на границах раздела

Потери световой энергии, распространяющейся в прямом направлении могут быть определены логарифмическим соотношением

$$\rho_{\varphi} = -10\lg P пр \quad (5)$$

Данная величина по умолчанию равна 0,35 дБ, что соответствует рекомендациям стандарта G.651 и потерям в большинстве современных конструкций соединителей и соответствует коэффициенту прохождения $P_{пр}$=0.92 согласно (2) и при увеличении проходящей мощности потери для одного разъема уменьшаются.

В таблице 2 показаны потери в разъемных соединителях для муфтового соединения.

Таблица 2 – Потери в разъемных соединителях для муфтового соединения

Уровень качества	Потери для одного разъема, ll_cДБ
1	0,75
2	0,4
3	0,2
4	0,1

Обратные отраженные потери, распространяющиеся в противоположном направлении к основному, определяют как

$$\rho_{пр} = 10\lg P\text{отр} \quad (6)$$

Для значения в 8 мкВт значение $\rho_{пр}$ составляет -11 дБ, показывающая, что отраженная мощность меньше падающей на 11 дБ.

Результаты и обсуждение

Обнаружение разъемных соединителей, равно как и измерение оптических возвратных потерь и обратного отражения на участке регенерации возможно с помощью рефлектометра.

Еще одним важнейшим оптическим параметром является величина обратного отражения$RL_{об}$, измеряемая в децибеллах с помощью оптического рефлектометра, которая особенно велика в случае, если торцы волокон в разъемном соединении разделены воздушным зазором.

На сетях связи общего пользования выделяют следующие уровни качества обратного отражения в оптических соединителях, показатели которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Коэффициенты обратного отражения разъемных оптических соединителей до уровня суперполировки FC, SC и LC типов

Уровень качества	$RL_{об}$, дБ
1	-20
2	-30

3	-32
4	-35

В логарифмическом масштабе обратные потери, оценивающие интенсивность отраженного луча, идущего навстречу основному определяют по соответствующему отношению $RL_{об}$=10lg $P_{отр}$ Учитывая показатели формулы (5), в нашем случае $RL_{об}$=10lg0.079

Используя уровень качества сигнала 2, получим 10lg $P_{отр}$=-30, что соответствует коэффициенту отражения 0,001 или 0,1% соответственно.

Таким образом полировка торцов на границах и стыках стекловолокон позволяет значительно снизить (менее 0,1 %) коэффициент отражения мощности поступаемого информационного сигнала.

Для различных комплектаций муфтовых соединителей нормированы допуски отражения сигнала, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Предельные величины оптических возвратных потерь и предельные величины обратного отражения

Количество кассет N, ед.	Уровень качества сигнала	Предельные оптические возвратные потериORL, дБ	Предельные величины обратного отражения RL, дБ
2	1	13,99	17,99
	2	23,99	27,99
	3	25,99	29,99
	4	28,99	32,99
3	1	12,23	16,23
	2	22,23	26,23
	3	24,23	28,23
	4	27,23	31,23
4	1	10,98	14,98
	2	20,98	24,98
	3	22,98	26,98
	4	25,98	29,98
5	1	10,01	14,01
	2	20,01	24,01
	3	22,01	26,01
	4	25,01	29,01
6	1	9,22	13,22
	2	19,22	23,22
	3	21,22	25,22
	4	24,22	28,22

Ввиду того, что электромагнитные волны инфракрасного диапазона способны распространяться в диэлектрической среде, в технике передачи данных широко применяются волоконно-оптические линии связи, где источником распространения электромагнитных волн служит стекловолокно, а источником оптического излучения – лазерные диоды.

Учитывая, что частота световой волны находится как

$$f = \frac{c}{\lambda} \tag{7}$$

Соответственно изменение частоты вызывает изменение длины волны

$$df = -\frac{c}{\lambda^2} d\lambda \tag{8}$$

Учитывая, что в реальной технике передачи информации излучение лазера не является монохроматическим, а передается волновым пакетом – распространением отдельных волн с различными скоростями. Данную скорость называют групповой скоростью.

Существует и определенный групповой показатель преломления физической среды. Для полимерного стекла

$$n_{\text{гр}} = n - \lambda \frac{dn}{d\lambda} \tag{9}$$

Показатель преломления зависит от длины волны света. С помощью модуляции данного волнового пакета возможно передать информацию.

Учитывая нисходящий наклон коэффициента $\frac{dn}{d\lambda}$, делаем вывод что групповой показатель преломления для любых применяемых волн больше отдельно взятых показателей сердцевины и оболочки.

Зависимость задержки импульсов может быть передставлена в виде коэффициента хроматической дисперсии, пс/км*нм.

$$D_\lambda = \frac{1}{L} \frac{d\tau(\lambda)}{d\lambda} \tag{10}$$

где

L – длина линии, км;

λ – длина волны, нм;

τ(λ) – время длительности хроматической дисперсии,пс

Величина хроматической дисперсии вычисляется исходя из формулы Селмейера, пс/км

$$\tau_\lambda = \left| \frac{S_0}{4} \left(\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3}\right) \right| \tag{11}$$

где λ_0– длина волны нулевой дисперсии, равная 1300 нм для кабеля категории OM4 и 1550 нм для категории OM3 соответственно.

S_0– крутизна характеристики дисперсии на длине волны λ_0, равная 10^{-5} $\frac{пс}{м \cdot мкм}$

λ– фактическая длина волны в технике параллельной передачи, равная 850 нм.

Определение параметров предельной эффективной длины многомодового тракта в модульно-кассетном решении имеет следующий вид

$$E = l \cdot A + IL + 2{,}24 \cdot \frac{f_{\text{пр}}}{f_0} - 0{,}6 + r_{\text{пд}} \tag{12}$$

В таблице 5 представлены различные значения дисперсии для предельных длин тракта передачи с учетом характеристик волокон SSF без дополнительных мероприятий по компенсации дисперсии

Таблица 5– Результаты оценки дисперсии и максимальная протяженность трактов

Скорость передачи данных, Гб/с	1	10	40	100	500	1000
Энергетический потенциал оптического сетевого Интерфейса E, дБ	5,85					
Недисперсионный штраф по мощности $r_{пд}$, дБ	0,98					
Допустимые потери для оптоволокна IL, дБ	1,039					
Ожидаемая величина затухания A, дБ/км	3,4					
Эффективная длина многомодового тракта l, м	905	243	71	29,7	5,96	2,98
Полоса пропускания, МГц	2358	8773	30157	72900	358043	714440

Хроматическая дисперсия на участке, τ_i псек/км	72	19	56	23	47	24

Результирующая дисперсия тракта может быть найдена как

$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\tau_i)^2} \qquad (13)$$

В нашем случае

$\tau_{\Sigma} = \sqrt{72^2 + 19^2 + 56^2 + 23^2 + 47^2 + 24^2} = 74$ псек/км псек/км

На практике часто используют другой статистический параметр – среднеквадратическое отклонение (RMS) дисперсии

$$\tau_{\delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\tau_i - \bar{\bar{\tau}}_i)^2}{n}} \qquad (14)$$

где τ_i – среднее арифметическон ряда данных хроматической дисперсии

В приведенном примере

$$\tau_{\delta} = 25 \text{ псек/км}$$

Выводы

В больших трактах передачи информации необходимо решать проблемы, связанные с затуханием и рассеянием импульса.

Затухание волны в оптических волокнах вызывается расходом энергии на возбуждение колебаний электронов. В конечном счете при прохождении через оптоволокно происходит рассеяние электромагнитных волн, которое может быть значительным из-за отсутствия закругленных краев торцов световодов, в том числе в противоположном направлении идущего луча.

Ввиду анизотропности строения среды передачи данных многомодовые и одномодовые световоды различаются в зависимости от профиля показателей преломления от сердцевины к оболочке.

Оптическая оболочка с большим значением показателя преломления сердцевины и большим значением допустимого угла ввода способна принять большой импульс электромагнитной волны.

Однако ввиду неспособности лазерного источника излучения генерировать когерентный монохромный импульс имеет место наблюдаемая в одномодовых и многомодовых волокнах явление хроматической дисперсии.

Представлены полные расчеты, показывающие искажение и затухание оптических сигналов ввиду зависимости показателя преломления от длины используемого лазерного излучения.

Полученные результаты расчетов оптических коэффициентов лучей совпадают с применяемыми в настоящее время разъемными оптическими соединителями с соответствующим уровнем полировки торцевых поверхностей волокон в оптических разъемах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Криворучко, В. А., Звонцов, А. С.** Управление физическим уровнем инфокоммуникационной сетевой модели ISO OSI [Текст]: научный журнал/М. :Современная гуманитарная академия, 2014. №10. – С. 57–69

2 **Звонцов, А. С., Кислов, А. П.** Метрологическое обеспечение пассивных компонентов волоконно-оптических линий связи [Текст]: научный журнал вестник Торайгыров университета, 2021. №3. – С.50-62

3 **Olzhas Talipov. Alexandr Kislov, Alexandr Neftissov, Alexey Zvontsov, Lalita Kirichenko,** Metrological Support of Passive Components of Fiber-Optical Communication Lines for Determining the Parameters of the Effective Length of a Multi-Mode Tract Taking Into Account Dispersional Characteristics. //2022 Smart Information Systems and Technologies (SIST) 28-30 April, 2022, Nur-Sultan, Kazakhstan p.482-486

4 **Артюшенко, В. М.** Проектирование и расчет мультисервисных кабельных систем : учебное пособие / В.М. Артюшенко, А.Б. Семенов,

Т.С. Аббасова; под ред. А.Б. Семенова. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 174 с. – (Высшее образование: Бакалавриат).

5 **Портнов, Э. Л.** Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. – М. : Горячая линия – Телеком, 2009.

6 **Семенов, А. Б.** Введение в структурированные кабельные системы [Текст]: учеб.пособие / А.Б. Семенов, В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова; под ред. А.Б. Семенова. – М. : Научный консультант, 2018. – 206 с.

7 **Семенов, А. Б.** Волоконно-оптические подсистемы современных СКС [Текст] /А.Б. Семенов.– М. : ДМК Пресс; Компания «АйТи», 2015. – 632с.

8 **Фриман, Р.** Волоконно-оптические системы связи. – М. : ЗАО «РИЦ «Техносфера», 2003

9 **Хромой, Б. П.** Метрология и измерения в телекоммуникационных системах. – М. : ИРИАС. 2008. – 560 с.

10 **Мандель, А. Е.** Метрология в оптических телекоммуникационных системах : учебное пособие [Текст] А. Е. Мандель. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 139 с. – Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [Электронный ресурс]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/72128.html.

11 **Фокин, В. Г.** Волоконно-оптические системы передачи: практикум / В. Г. Фокин. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. – 58 с. – Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/35603.html

12 **Бородихин, М. Г.** Волоконно-оптические системы передачи: практикум [Текст] М. Г. Бородихин, К. Е. Заславский; под редакцией К. Е. Заславский. – Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2010. – 139 с. – // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS :[Электронный ресурс]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/55443.html

REFERENCES

1 **Krivoruchko, V. A., Zvontsov, A. S.** Upravlenie fizicheskim urovnem infokommunikacionnoj setevoj modeli ISO OSI [Management of info-communication network ISO OSI model's physical level] [Text].// nauchnyj zhurnal Moscov : Sovremennaya gumanitarnaya akademiya, 2014. – № 10. – P. 57–69

2 **Zvontsov, A. S., Kislov, A. P.** [Metrologicheskoe obespechenie passivnyh komponentov volokonno-opticheskih linij svyazi] Metrological support of passive components of fiber-optical communication lines [Text]: // Vestnik Torajgyrov universiteta, – 2021. – №3. – P. 50–62.

3 **Olzhas Talipov. Alexandr Kislov, Alexandr Neftissov, Alexey Zvontsov, Lalita Kirichenko,** Metrological Support of Passive Components of Fiber-Optical Communication Lines for Determining the Parameters of the Effective Length of a Multi-Mode Tract Taking Into Account Dispersional Characteristics. // 2022 Smart Information Systems and Technologies (SIST) 28–30 April, 2022. Nur-Sultan, Kazakhstan P. 482–486.

4 **Artyushenko, V. M.** Proektirovanie i raschet mul'tiservisnyh kabel'nyh sistem : uchebnoe posobie [Design and calculation of multiservice cable systems] – [Text]. – V. M. Artyushenko, Ed by A. B. Semenov, T. S. Abbasova; A. B. Semenova. – Moscow : INFRA-M, 2020. – P.174 . – (Vysshee obrazovanie : Bakalavriat).

5 **Portnov, E. L.** Principy postroeniya pervichnyh setej i opticheskie kabel'nye linii svyazi. [Principles of construction of primary networks and optical cable communication lines] [Text]. – Moscow : Goryachaya liniya – Telekom, 2009.

6 **Semenov, A. B**. Vvedenie v strukturirovannye kabel'nye sistemy – [Introduction to structured cabling system] [Text]. – : ucheb.posobie / A. B. Semenov, V. M. Artyushenko, T. S. Abbasova; Ed by A. B. Semenov. – Moscow : Nauchnyj konsul'tant, 2018. – 206 p.

7 **Semenov, A. B.** Volokonno-opticheskie podsistemy sovremennyh SKS [Fiber-optic subsystems of modern SCS] – [Text]. – / A. B. Semenov.– Moscow : DMK Press; Kompaniya «AjTi», 2015. – 632 p.

8 **Friman, R.** Volokonno-opticheskie sistemy svyazi. [Fiber-optic communication systems] – [Text]. – Moscow : ZAO «RIC «Tekhnosfera», 2015.

9 **Hromoj, B. P.** Metrologiya i izmereniya v telekommunikacionnyh sistemah. [Metrology and measurements in telecommunication systems]. – Moscow : IRIAS, 2008. – 560 p.

10 **Mandel, A. E.** Metrologiya v opticheskikh telekommunikaczionny`kh sistemakh : uchebnoe posobie [Metrology in optical telecommunication systems: a tutorial] [Text]./ A. E. Mandel. – Tomsk : Tomskij gosudarstvenny`j universitet sistem upravleniya i radioe`lektroniki, 2014. – 139 p. – // E`lektronno-bibliotechnaya sistema IPR BOOKS : [Electronic resource]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/72128.htm

11 **Fokin, V. G.** Volokonno-opticheskie sistemy peredachi : praktikum [Fiber optic transmission systems: workshop] [Text]. / V. G. Fokin. – Novosibirsk : Sibirskij gosudarstvennyj universitet telekommunikacij i informatiki, 2011. – 58 p. – [Tekst: elektronnyj] // Elektronno-bibliotechnaya sistema IPR BOOKS: [Electronic resource]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/35603.html

12 **Borodihin, M. G.** Volokonno-opticheskie sistemy peredachi : praktikum[Fiber optic transmission systems: workshop] [Text]./ M. G. Borodihin, K. E. Zaslavskij; pod redakciej K. E. Zaslavskij. – Novosibirsk : Sibirskij gosudarstvennyj universitet telekommunikacij i informatiki, 2010. – 139 p. – [Text: electronic] // Electronic library system IPR BOOKS: [website].– [Electronic resource]. URL: https://www.iprbookshop.ru/55443.html

Принято к изданию 28.11.23.

А. С. Звонцов[1], А. П. Кислов[2], Л. Н. Кириченко[3], У. К. Жалмагамбетова[4] О. А. Андреева[5]

[1,2,4]Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

[3]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ОПТИКАЛЫҚ ТАЛШЫҚТАРДАҒЫ ТОЛҚЫНДЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ ФИЗИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІН МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Мақалада оптикалық талшықтар мен оптикалық байланыстарды метрологиялық қамтамасыз етуде қолданылатын толқындық және геометриялық оптиканың физикалық негіздері қарастырылады.

Ақпаратты тасымалдау жүйелерінің негізгі параметрлерінің бірі – жылдамдықтың шыны талшықтарының физикалық құрылымына тәуелділіктері көрсетілген.

Оптикалық жолдың біртекті емес сыну көрсеткішіне байланысты топтық жарық сигналы әртүрлі жылдамдықпен қозғалады, бұл импульс ұзақтығының ұлғаюына әкеледі, бұл дисперсиялық құбылыстарды зерттеуге негіз болады.

Жарық импульсі талшықтың осі бойынша ғана емес, сонымен қатар белгілі бір бұрыштық еңіспен таралатын сәулелер қатарынан тұратыны анықталды.

Оптикалық сигналдардың бұрмалануын және әлсіреуін көрсететін толық есептеулер ұсынылған.

Оптикалық рефлексометрдің жұмыс принципі анықталады және оптикалық талшықты өндірушілердің әртүрлі типтерінің интерфейсіндегі оптикалық байланыс жоғалуларын көрсететін оптикалық сәулелену қуатының талдауы беріледі.

Тура және кері бағытта таралу кезіндегі сигналдың берілу және шағылысу импульстері талданады.

Жарық сәулесінің қос сыну принципін көрсететін беріліс сипаттамалары және осы процестің нәтижесінде пайда болатын өтетін сәуле және шағылған сәуле келтірілген.

Қолда бар индикаторлар талшықты контактілердің тегіс және дөңгелек жиектері бар интерфейстегі шағылысу сипатының айырмашылығын көрсетеді.

Кілтті сөздер: қос сыну құбылысы, кең жолақты коэффициент, жарық апертурасы, сыну көрсеткіші, оптикалық толқын өткізгіш, монохромды сәулелену, жарық импульсі.

P. Kislov[1], A. S. Zvontsov[2], L. N. Kirichenko[3], U. K. Zhalmagambetova[4]
O. A. Andreyeva[5]
[1,2,4]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[3]AgroTechnical Research University named after S. Seifullin,
Republic of Kazakhstan, Astana.

Accepted for publication on 28.11.23.

THE ARTICLE DISCUSSES THE PHYSICAL FOUNDATIONS OF WAVE AND GEOMETRIC OPTICS USED IN THE METROLOGICAL SUPPORT OF OPTICAL FIBERS AND OPTICAL COMMUNICATIONS

The dependences of one of the main parameters of information transmission systems – speed – on the physical structure of glass fiber are shown.

Due to the inhomogeneous refractive index of the optical path, the group light signal moves at different speeds, which leads to an increase in the pulse duration, which is the basis for the study of dispersion phenomena.

It has been determined that the light pulse consists of a series of rays that propagate not only along the axis of the fiber, but also at a certain angular inclination.

Complete calculations are presented showing distortion and attenuation of optical signals

The operating principle of an optical reflectometer is determined and an analysis of optical radiation power is given, showing optical connection losses at the interface of different types of optical fiber manufacturers.

The pulses of transmission and reflection of the signal during propagation in the forward and reverse directions are analyzed.

Transmission characteristics are given that show the principle of birefringence of a light beam, and the transmitted beam and reflected beam that appear as a result of this process.The available indicators show the difference in the nature of reflection at the interface with flat and rounded edges of fiber contacts.

Keywords: birefringence phenomenon, broadband coefficient, light aperture, refractive index, optical waveguide, monochrome radiation, light pulse.

ГРНТИ 45.01.85

https://doi.org/10.48081/YNII3770

***Н. А. Исупова[1], А. В. Дробинский[2], О. М. Талипов[3]**
[1]НИУ «Московский энергетический университет»,
Российская Федерация, г. Москва;
[2,3]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.
*e-mail: natashaisu@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ НА ВОЗДУШНЫХ СУДАХ

Развитие микропроцессорной техники повлекло за собой внедрение автоматизированных и автоматических систем управления во все сферы жизни, что позволило повысить точность и надежность управления снижая затраты и время на него при этом снижая нагрузку на оператора.

Новые системы управления на основе микропроцессоров и контроллеров широко распространяются и на воздушном транспорте, что значительно снижает нагрузку на экипаж, облегчая их работу и повышает надежность работы бортового оборудования при выполнении полетного задания.

В статье показаны особенности систем управления энергетическим оборудованием (электротехническими системами) на воздушних судах и трудности, возникающие в связи с этим, при разработке проектной документации.

Показана реакция системы оповещения (табло на панели управления) на режимы работы системы управления технологическим процессом.

Выявлена невозможность с помощью известных способов выполнения проектной документации показать функционирование системы оповещения на воздущном судне.

Предложен вариант изображения сигналов о состоянии системы управления на функциональных схемах автоматизации технологическими процессами на воздушных судах. Он может использоваться при составлении проектной документации систем управления оборудованием как на воздушных судах так и управлением технологическими процессами в наземных условиях.

Ключевые слова: система автоматизации, воздушное судно, летательный аппарат, система кондиционирования, функциональная схема автоматизации

Введение

В настоящее время автоматизированное управление технологическими процессами проникло во все сферы жизни и деятельности человека. Не исключением являются и воздушные суда. На их бортах находится оборудование, обеспечивающее [1–4]:

– взлет, управляемый полет и посадку судна;
– жизнедеятельность экипажа и пассажиров;
– безопасность полета;
– энергетические потребности бортовой аппаратуры;
– выполнение задач, связанных с назначением воздушного судна.

Главным требованием ко всем этим видам оборудования является надежность. А автоматизированное управление ими позволит кроме повышения надежности, улучшить контроле пригодность, технико-экономические показатели и упростить управление.

При проектировании систем автоматизации, в которых, с помощью исполнительных механизмов (электрического оборудования), поддерживаются на определенном уровне значения регулируемых параметров авторы статьи столкнулись с определенными трудностями, связано это с отсутствием информации по данному вопросу и спецификой работы оборудования на летательных аппаратах. Одна из них – это разработка проектной документации – функциональной схемы, а именно визуализация работы табло на панели управления. В статье это показано на примере системы кондиционирования на турбореактивном дальнемагистральном пассажирском самолёте межконтинентальной дальности.

Материалы и методы

Правила и нормативные документы по проектированию систем автоматизации, проектная документация – известные функциональные схемы, требования к электрооборудованию летательных аппаратов.

Результаты и обсуждения

Процесс отбора воздуха от компрессора двигателя входит в систему кондиционирования воздуха (СКВ) на воздушных судах, являющейся одной из важнейших систем жизнеобеспечения. Отбираемый для системы кондиционирования воздух должен иметь давление 18 кгм/см^2 и температуру

до 500 °С. Регулированием данных параметров занимается система ограничения параметров воздуха, которая предназначена для:

– понижения давления отбираемого воздуха и его поддержания, выполняет регулятор избыточного давления (РИД);

– ограничения количества отбираемого воздуха, выполняет ограничитель расхода воздуха (ОРВ);

– понижение температуры воздуха до 270 °С, выполняет автоматический регулятор температуры (РТА) [5].

Управление и контроль процессом отбора воздуха осуществляется с панели управления, которая находиться в кабине пилота, рисунок 1.

Табло контроля, находящееся на панели управления и сигнализирующее о режиме работы системы и выходе за номинальные значения параметров показано на рисунке 2.

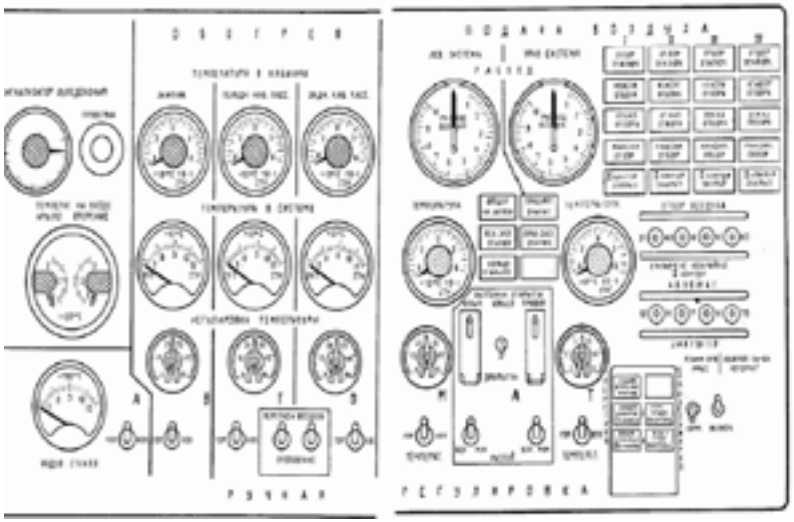


Рисунок 1 – Панель управления системой кондиционирования

Система отбора воздуха работает следующим образом. В ней последовательно уставлены две заслонки: сначала заслонка РИД, затем заслонка ОРВ, которые управляются одним переключателем «Отбор воздуха» и работают в трех режимах:

Первый режим. Переключатель «Отбор воздуха» устанавливается в положение «Отключено» медленно закрывается заслонка РИД. При закрытом положении обеих заслонок (или одной из них) загорается красное табло «Отбор отключен».

I	II	III	IV
ОТБОР ОТКЛЮЧ.	ОТБОР ОТКЛЮЧ.	ОТБОР ОТКЛЮЧ.	ОТБОР ОТКЛЮЧ.
НЕИСПР. ОТБОРА	НЕИСПР. ОТБОРА	НЕИСПР. ОТБОРА	НЕИСПР. ОТБОРА
ОТКАЗ ОТБОРА	ОТКАЗ ОТБОРА	ОТКАЗ ОТБОРА	ОТКАЗ ОТБОРА
МАКСИМ. ОТБОРА	МАКСИМ. ОТБОРА	МАКСИМ. ОТБОРА	МАКСИМ. ОТБОРА
▯ КОНТУР ОТБОРА	▯ КОНТУР ОТБОРА	▯ КОНТУР ОТБОРА	▯ КОНТУР ОТБОРА

Рисунок 2 – Табло контроля на панели управления

Второй режим. Переключатель «Отбор воздуха» устанавливается в положение «Включено», заслонка РИД открывается быстро, заслонка ОРВ – одновременно, но медленно. При открытии обеих заслонок гаснет красное табло «Отбор отключен».

Третий режим. Переключатель «Отбор воздуха» устанавливается в положение «Отключено-аварийно» обе заслонки закрываются быстро, загорается красное табло «Отбор отключен».

Режимы работы заслонок РИД и ОРВ и оповещения о них на табло сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Положение заслонок и реакции табло на режимы работы

Установка переключателя «Отбор воздуха»	Функции заслонок	Положение заслонок		Сообщение на табло	Цвет табло
		РИД	ОРВ		
Отключено	медленное закрытие заслонки РИД	закрыто	закрыто	«Отбор отключен»	красный
		закрыто	открыто		
		открыто	закрыто		
Включено	открытие: РИД - быстро, ОРВ- медленно	открыто	открыто	нет	нет
Отключено-аварийно	закрываются быстро	закрыто	закрыто	«Отбор отключен»	красный

При выходе за номинальные значения регулируемых параметров система ограничения параметров воздуха сигнализирует об этом следующим образом.

При повышении давления воздуха за заслонкой РИД более 11±0,6 кгс/см2 загорается желтое мигающее табло «Неисправность отбора».

При повышении давления за заслонкой ОРВ более 11±0,6 кгс/см2 включается красное мигающее табло «Отказ отбора» и звенит звонок.

При выходе из строя регулятора температуры, производится выдача сигнала на открытие заслонки, включение на постоянное горение красное табло «Отказ отбора», выдача сигнала на звонок.

Если заслонка второго контура закрыта, то горит желтое сигнальное табло «II контур закрыт».

Оповещение на табло при выходе параметров за номинальные значения показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Оповещение на табло при выходе параметров за номинальные значения

Регулятор	Величина параметра	Оповещение на табло	Цвет табло	Вид свечения	Звуковая сигнализация
РИД	более 11ұ0,6 кгс/см^2	«Неисправность отбора»	желтое	мигающее	нет
РТА	290ұ4 ^{o}C	«Неисправность отбора»	желтое	постоянное	нет
РТА	350ұ8 ^{o}C	«Отказ отбора»	красное	постоянное	звонок

Как следует из таблиц 1 и 2, каждое поле на табло имеет свое значение и в активном состоянии загорается. А загорается оно разным цветом: желтым и красным и разным свечением: постоянным, мигающим. При составлении функциональной схемы автоматизации это вызывает определенные трудности, т.к. надо указать название поля табло, цвет и вид свечения которые будут включаться контурами регулирования. Обычно, при управлении технологическими процессами, происходящими в наземным условиях, такое количество информации не надо показывать на функциональных схемах автоматизации.

Например, на рисунке 3 изображена нижняя часть функциональной схемы технологического процесса, происходящего в наземных условиях на которой показаны функции контуров и их возможность управлять цифровыми и световыми сигналами, а цвет и вид свечения указывать не надо. И все известные авторам данной статьи функциональные схемы несут небольшую информативность о сигнализации, о ходе технологического процесса. Тогда встал вопрос как всю информацию о работе табло показать, не нарушив правила построения функциональных схем, и при этом сохранить ее читабельность [6–10].

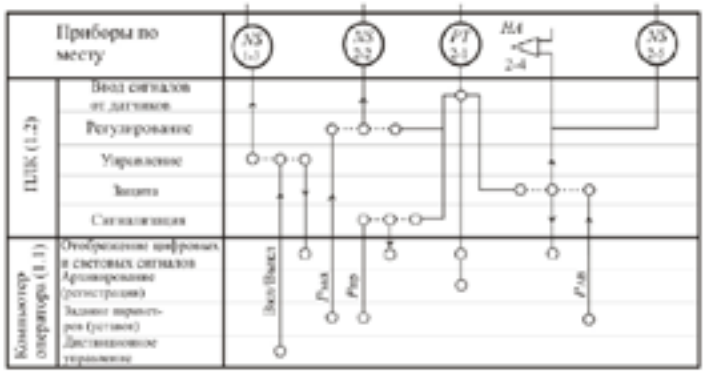
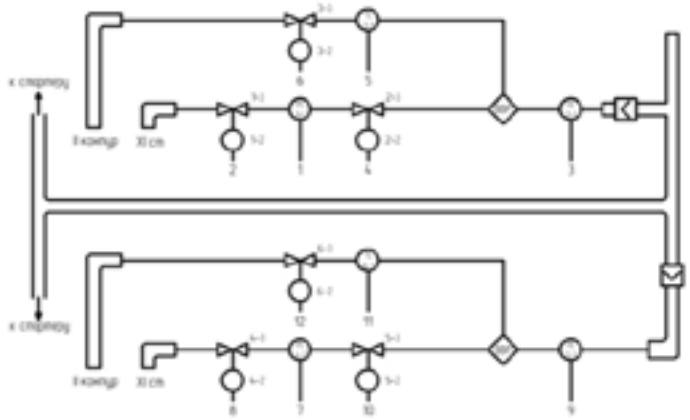


Рисунок 3 – Пример функциональной схемы автоматизации



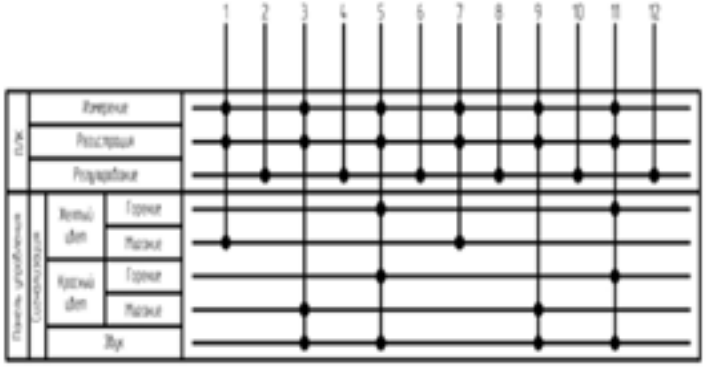


Рисунок 4 – Разработанная функциональная схема автоматизации

В результате была разработана функциональная схема, показанная на рисунке 4 [4]. На ней первый контур (линии 1–2 и 7–8) служит для регулирования давления (РИД). Датчик избыточного давления 1–1 этого контура подает сигнал о текущем значении давления отбираемого воздуха на контроллер, который регистрирует и сравнивает данное значение давления с текущим. В случае их недопустимой разности срабатывает сигнализация (желтый цвет, мигание) и сигнал управления поступает на исполнительный механизм 1–2, который управляет заслонкой 1–3.

Второй контур (линии 3-4 и 9-10) ограничивает количество отбираемого воздуха (ОРВ). Датчик расхода 2–1 измеряет расход подаваемого воздуха в систему кондиционирования и подает в контроллер эту информацию, которая регистрируется и сравнивается с заданным значением количества отбираемого воздуха. В случае недопустимой разности этих значений срабатывает сигнализация (красный цвет, мигание; звонок) и сигнал управления с контроллера подается на исполнительный механизм 2–2 и регулирующий орган 2–3.

Третий контур (линии 5-6 и 11-12) служит для охлаждения отбираемого воздуха до определенной температуры (РТА). Для этого датчик температуры 3–1 подает текущее значение температуры воздуха на контроллер, где значение параметра регистрируется и сравнивается с заданным значением. В случае ее превышения выше заданных пределов срабатывает сигнализация (желтый цвет, горение; красный цвет, горение; звонок) и сигнал управления подается на исполнительный механизм 3–2 который приводит управляет заслонкой 3-3. [11]

На схеме сигнализация делится по цветам, а цвета по видам свечения (горение, мигание). Если есть необходимость показать поле табло, которое будет светится, то его можно показать в панели управления между сигнализацией и ее цветами (желтый цвет, красный цвет).

Выводы

На летательных аппаратах в связи со спецификой условий работы электрического и другого оборудования, а также повышенным требованием к надежности их работы, контроль за их состоянием ведется особенно тщательно. Любые изменения в работе технологического процесса должны быть известны экипажу воздушного судна. Поскольку места для расположения приборов контроля на судне ограничены, то один сигнализирующий прибор может показывать разные режимы работы оборудования.

Разработанная функциональная схема автоматизации изображения табло на панели управления с сигнализацией о ходе технологического процесса на воздушном судне путем изменения цвета и вида свечения обеспечивает показ разных режимов работы оборудования.

Проверка работоспособности функциональной схемы автоматизации подтверждена в лабораторных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Грузков, С. А.** Электрооборудование летательных аппаратов. – М. : Издательство МЭИ, 2005 – Том 1. 568 с.

2 **Грузков, С. А.** Электрооборудование летательных аппаратов. – М. : Издательство МЭИ, 2005 – Том 2. 568 с.

3 **Грузков, С. А.** Летательный аппарат: назначение и области применения. Ч1 – М. : Издтельство МЭИ, 1997. 200 с.

4 **Грузков, С. А.** Летательный аппарат: назначение и области применения. Ч2 – М.: Издательство МЭИ, 1997. 200 с.

5 **Гришкова, В. Н.** Электрооборудование самолета ИЛ-62 М и его летная эксплуатация. М. : Транспорт, 1988. 199 с.

6 ГОСТ 21.208-2013. Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. Введ. 2014-11-01. – М. : Стандартинформ, 2020. – 27 с.

7 **Селевцов, Л. И.** Автоматизация технологических процессов. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 352 с.

8 **Благовещенская, М. М.** Информационные технологии систем управления технологическими процессами. – М. : Высш. Ук., 2005.–768 с.

9 **Бондарь, Е. С.** Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха. – К. : ТОВ «Видавничий будинок Аванпост-Прим» 2005. – 560 с.

10 **Бородин, И. Ф., Судник, Ю. А.** Автоматизация технологических процессов. – М. : КолосС, 2004. – 344 с.

11 **Горельская, Ю.И.** Система кондиционирования воздушного судна: дис. ... магист. по специальности «Электротехнические, электромеханические и электронные системы автономных объектов».– Москва: НИУ МЭИ, 2022. – 59 с.

REFERENCES

1 **Gruzkov, S. A.** E`lektrooborudovanie letatel`ny`x apparatov [Aircraft electrical equipment]. Moscow : MEI Publishing House, 2005. – Volume 1. P. 568.

2 **Gruzkov, S.A.** E`lektrooborudovanie letatel`ny`x apparatov [Aircraft electrical equipment]. Moscow : MEI Publishing House, 2005. – Volume 2. P. 568.

3 **Gruzkov, S. A.** Letatel`ny`j apparat : naznachenie i oblasti primeneniya. [Aircraft: purpose and scope]. Ch1 – Moscow : Izdatelstvo MPEI, 1997. – 200 p.

4 **Gruzkov, S. A.** Letatel`ny`j apparat : naznachenie i oblasti primeneniya. [Aircraft : purpose and scope]. Ch2 – Moscow : Izdatelstvo MPEI, 1997. – 200 p.

5 **Grishkova, V. N.** E`lektrooborudovanie samoleta IL-62 M i ego letnaya e`kspluataciya. [Electrical equipment is covered with IL-62 M and its summer operation]. Moscow : Transport, 1988. P. 199.

6 GOST 21.208-2013. Sistema proektnoj dokumentacii dlya stroitel`stva. Avtomatizaciya texnologicheskix processov. Oboznacheniya uslovny`e priborov i sredstv avtomatizacii v sxemax. Vved. 2014-11-01 [System of design documents for construction. Automation of technological processes. Designations of conditional devices and means of automation in schemes. Introduction 11/01/2014]. – Moscow : Standartinform, 2020. – P. 27.

7 **Selevtsov, L. I.** Avtomatizaciya texnologicheskix processov [Automation of technological processes]. – Moscow : Publishing Center «Academy», 2014. – 352 p.

8 **Blagoveshchenskaya, M. M.** Informacionny`e texnologii sistem upravleniya texnologicheskimi processami. [Information technology of process control systems]. – Moscow : Higher. Uk., 2005.–768 p.

9 **Bondar, E. S.** Avtomatizaciya sistem ventilyacii i kondicionirovaniya vozduxa [Automation of ventilation and air conditioning systems]. – K. : TOV «Vidavnichiy booth Avanpost-Prim» 2005. - 560 p.

10 **Borodin, I. F., Sudnik, Yu. A.** Avtomatizaciya texnologicheskix processov [Automation of technological processes]. – Moscow : KolosS, 2004. – 344 p.

11 **Gorelskaya, Y. I.** Sistema kondicionirovaniya vozdushnogo sudna: dis. ... magist. po special`nosti «E`lektrotexnicheskie, e`lektromexanicheskie i e`lektronny`e sistemy` avtonomny`x ob``ektov» [Aircraft air conditioning system: dis. ... master. in the specialty [Electrotechnical, electromechanical and electronic systems of autonomous objects]. – Moscow : NRU MPEI, 2022. – p. 59.

Принято к изданию 28.11.23.

**Н. А. Исупова[1], А. В. Дробинский[2], О. М. Талипов[3]*
[1]ҰЗУ «Мәскеу энергетикалық университеті»,
Ресей Федерациясы, Мәскеу қ;
[2,3]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ҰШАҚТАҒЫ ЭЛЕКТР ЖАБДЫҚТАРЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЖОБАЛЫҚ ҚҰЖАТТАРЫН ҚҰРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Мақалада әуе кемелеріндегі энергетикалық жабдықты (электротехникалық жүйелер) басқару жүйелерінің ерекшеліктері және осыған байланысты жобалық құжаттаманы әзірлеу кезінде туындайтын қиындықтар көрсетілген.

Процесті басқару жүйесінің жұмыс режимдеріне ескерту жүйесінің жауабы (басқару панеліндегі дисплей) көрсетілген.

Конструкторлық құжаттаманы жүзеге асырудың белгілі әдістерін пайдалана отырып, әуе кемесіндегі ескерту жүйесінің жұмысын көрсету мүмкін емес екені анықталды.

Әуе кемелеріндегі технологиялық процестерді автоматтандырудың функционалдық диаграммаларында басқару жүйесінің күйі туралы сигналдарды бейнелеу нұсқасы ұсынылған.

Кілтті сөздер: автоматтандыру жүйесі, ұшақтар, ұшақтар, ауаны баптау жүйесі, автоматиканың функционалдық схемасы

**N. A. Isupova[1], A. V. Drobinsky[2], O. M. Talipov[3]*
[1]NRU «Moscow Power Engineering University», Russian Federation, Moscow;
[2,3]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Accepted for publication on 28.11.23.

FEATURES OF CONSTRUCTION OF DESIGN DOCUMENTATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROL SYSTEMS ON AIRCRAFT

The article shows the features of control systems for power equipment (electrotechnical systems) on aircraft and the difficulties that arise in connection with this in the development of project documentation.

The response of the warning system (display on the control panel) to the operating modes of the process control system is shown.

It has been revealed that it is impossible to show the functioning of the warning system on an aircraft using known methods for the implementation of design documentation.

A variant of the representation of signals about the state of the control system on the functional diagrams of automation of technological processes on aircraft is proposed.

Keywords: automation system, aircraft, aircraft, air conditioning system, functional diagram of automation.

МРНТИ 44.29.31

https://doi.org/10.48081/CAKA9312

***А. Г. Калтаев**
Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар
*e-mail: abdulla911@mail.ru

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ N ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

Показано, что современные защиты электодвигателей на магниточувствительных элеметах обладают неоспоримым преимуществом перед традициоными защитами, использующими металлоемкие и громоздкие трансформаторы тока. Предложено устройство для защиты N электродвигателей от коротких замыканий, которое в отличие от традиционных защит использует в качестве датчиков тока – герконы. Отмечены достоинства предложной групповой защиты N электродвигателей. Показан алгоритм действия защиты, основанный на контроле одновременного срабатывания поляризованных герконов, установленных вблизи одноимённых токопроводов фаз питающего ввода и токопроводов фаз N электродвигателей, при повреждениях на шинах питающего ввода и на электродвигателях. Предложена конструкция для крепления герконов в коробке выводов мощных электродвигателей, а также описан способ крепления конструкции в коробке выводов, а именно на её внутренней крышке, что значительно облегчает монтаж датчиков тока вблизи токопроводов фаз электродвигателя. Предложено для повышения надежности функционирования устройства контролировать целостность катушек управления герконов, обрыв которых может привести к ложному замыканию контактов поляризованных герконов, или к залипанию их контактов, что приводит к ложному срабатыванию или не срабатыванию защиты.

Ключевые слова: релейная защита, групповая защита, электродвигатели, герконы, диагностика.

Введение

Принцип сравнения фаз токов уже давно используется при построении защит линий, трансформаторов [1, 2], шин [3], а также элементов подстанции.

При этом считается, что в нормальном режиме работы все токи направленные к шинам, находятся в одной фазе, как и все токи направленные от шин [4]. По такому принципу уже были построены модели групповых централизованных защит [5, 6], реагирующих как при повреждении на шинах, так и на выводах присоединений, в частности электродвигателей (ЭД). Однако все они используют в качестве датчиков тока – трансформаторы тока (ТТ), которые громоздки и металлоемки (на высоковольтных ЭД), а также подвержены погрешностям при насыщении. Для построения групповой релейной защиты ЭД без ТТ могут быть использованы магниточувствительные элементы, например герконы, как это сделано в [7, 8]. При этом все вышеперечисленные защиты не могут похвастаться надежностью и при этом не оснащены ни функциональной, ни тестовой диагностиками. В данной статье предлагается устройство для защиты из n электродвигателей от коротких замыканий (КЗ) лишенное вышеперечисленных недостатков.

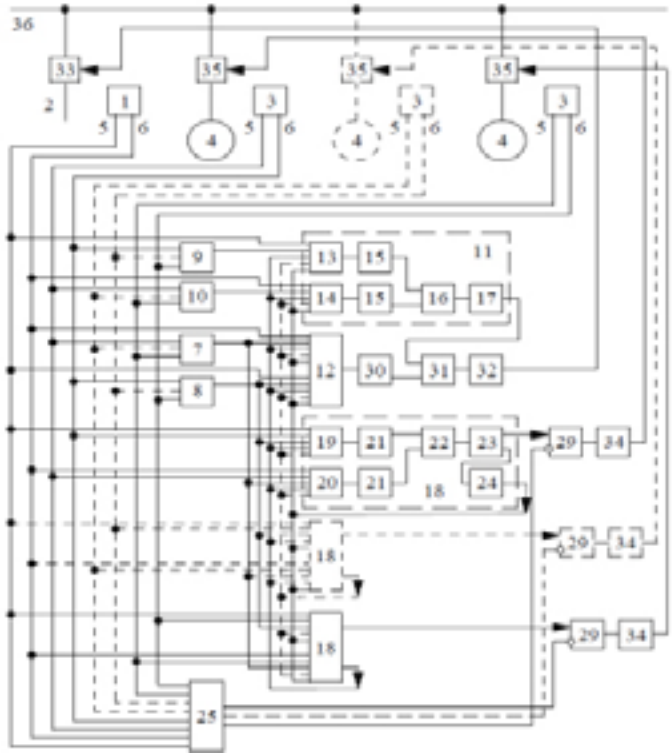


Рисунок 1 – Функциональная схема устройства защиты

Материалы и методы

На рисунке 1 приведена функциональная схема устройства защиты n электродвигателей для одной фазы, способная выявлять как междуфазные КЗ в обмотке статоров ЭД, так и КЗ на шинах их питающих.

Устройство для защиты из n электродвигателей от КЗ содержит для каждой фазы датчики 1 тока, установленные в магнитном поле токопроводов фаз питающего ввода 2, и датчики 3 тока, установленные в магнитном поле токопроводов фаз n ЭД 4, и выполненные в виде первого и второго поляризованных герконов, выходы которых являются первым 5 и вторым 6 выходами этих датчиков, первый 7 и второй 8 элементы ИЛИ, первый 9 и второй 10 элементы ИЛИ-НЕ. Первый 11 и второй 12 блоки логической защиты питающего ввода 2, каждый из которых содержит первый 13 и второй 14 элементы И, первые элементы ВРЕМЯ 15, третий элемент ИЛИ 16, первый элемент ПАМЯТЬ 17. Блок 18 логической защиты каждого i-го ЭД 4 содержит третий 19 и четвертый 20 элементы И, вторые элементы ВРЕМЯ 21, четвертый элемент ИЛИ 22, второй элемент ПАМЯТЬ 23, элемент НЕ 24.

Блок 25 диагностики содержит пятый 26 и шестые 27 элементы ИЛИ (рис. 2), третьи элементы ВРЕМЯ 28. Выход элемента ИЛИ 26 подключен к цепям сигнализации, а выходы элементов ИЛИ 27 – к цепям сигнализации и к инверсному входу пятого элемента И 29.

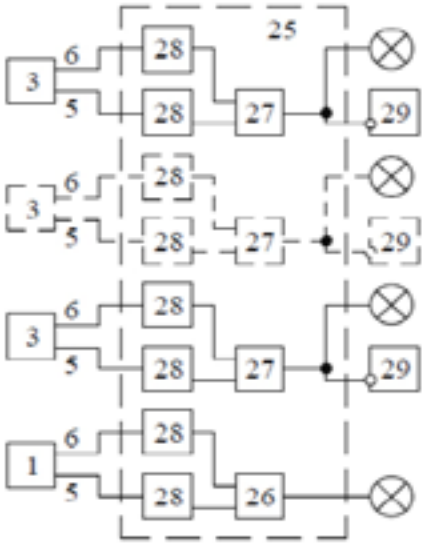


Рисунок 2 – Функциональная схема блока диагностики

Выход второго блока 12 логической защиты питающего ввода 2 через четвёртый элемент ВРЕМЯ 30 и выход первого блока 11 подключены к входам седьмого элемента ИЛИ 31, выход которого подключен к исполнительному органу 32 выключателя 33 питающего ввода 2, а первый выход блока 18 каждого i-го ЭД 4 через прямой вход элемента И 29 – к исполнительному органу 34 выключателя 35 i-го ЭД 4.

Результаты и обсуждение

Предложенная схема устройства работает следующим образом.

В нормальном режиме работы ЭД 4 контакты первого и второго поляризованных герконов (на рис. 1, 2 не указано) датчиков 1 и 3 тока разомкнуты (так как контакты первого и второго герконов нормально замкнуты при отсутствии магнитных потоков и настроены так, что первый срабатывает в положительную полуволну, а второй – в отрицательную). Защита не срабатывает.

При КЗ на шинах 36, к которым подключены токопроводы питающего ввода 2 и токопроводы n ЭД 4, например в положительную полуволну переменного тока когда величина тока подпитки от неповрежденных ЭД 4 окажется недостаточной для замыкания контактов геркона датчиков 3 тока всех n ЭД 4, замкнутся контакты первого поляризованного геркона датчика 1 тока питающего ввода 2 и на выходе элемента 13 блока 11 появится сигнал, который поступит на элемент 15 (рис. 1). Если длительность сигнала превысит 5-9 мс, то элемент 15 через элемент 16 подаст его на элемент 17, который запомнит сигнал на время, достаточное для отключения выключателя. Элемент 17 через элемент 31 и исполнительный орган 32 подаст сигнал на отключение выключателя 33, и отключит питающий ввод 2. Защита сработала.

При КЗ на шинах 36, к которым подключены токопроводы питающего ввода 2 и токопроводы n ЭД 4, например в положительную полуволну переменного тока когда величина тока подпитки от неповрежденных ЭД 4 окажется достаточной для замыкания контактов геркона датчиков 3 тока любого из n ЭД, замкнутся контакты первого поляризованного геркона датчика 1 тока питающего ввода 2 и контакты второго поляризованного геркона датчиков 3 тока ЭД 4 (т.к. они перешли в режим генераторов) (рис. 1). На выходе второго элемента 14 блока 12 появится сигнал, который поступит на элемент 15. Если длительность сигнала превысит 5-9 мс, то элемент 15 через элемент 16 подаст его на элемент 17. Элемент 17 подаст сигнал на элемент 30. Если через время t_1 равное 0,5с сигнал не пропадет, то элемент 30 через элемент 31 и исполнительный орган 32 подаст сигнал на отключение выключателя 33, и отключит питающий ввод 2. Защита сработала.

При КЗ, например на выводах одного из ЭД 4 в положительную полуволну переменного тока, замкнутся контакты первого поляризованного геркона датчика 3 тока поврежденного ЭД 4, а также контакты второго поляризованного геркона датчиков 3 тока неповрежденных ЭД 4 (т.к. они перешли в режим генераторов) и датчика 1 тока питающего ввода 2 (рис. 1). На выходе элемента 20 блока 18 появится сигнал, который поступит на элемент 21. Если длительность сигнала превысит 5-9 мс, то второй элемент 21 через четвертый элемент 22 подаст его на элемент 23, который запоминает сигнал на время, достаточное для отключения выключателя. Элемент 23 подает сигнал на прямой вход элемента 29 и на элемент 24, блокирующего работу первого 11 и второго 12 блоков и блоков 18 других неповрежденных ЭД 4. Сигнал с элемента 29 через исполнительный орган 34 поступит на выключатель 35, и отключит поврежденный ЭД 4. Защита сработала. При КЗ в отрицательную полуволну защита работает аналогично.

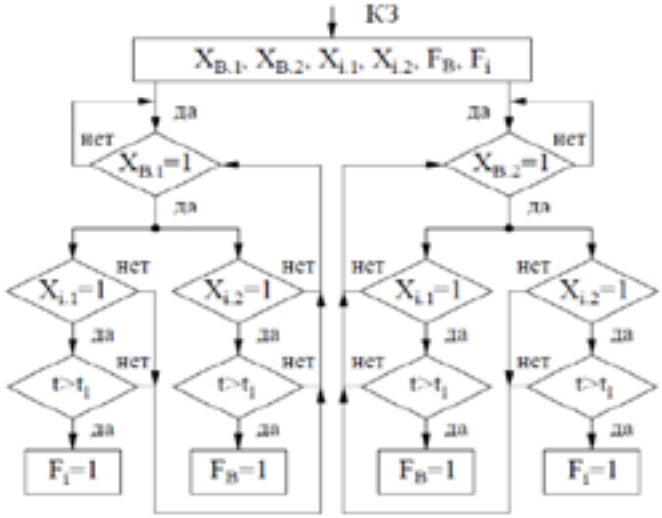


Рисунок 3 – Алгоритм функционирования устройства при КЗ.

Алгоритм функционирования схемы устройства защиты от КЗ можно записать при помощи операторов алгебры логики, где каждая логическая переменная и функция может принимать значение «1» или «0». Тогда обозначив сигнал на отключение выключателя i-го ЭД за F_i, сигнал на отключение выключателя питающего ввода – за F_B, сигналы от срабатывания первых герконов питающего ввода и i-го ЭД – за $X_{B.1}$ и $X_{i.1}$, а их вторых

герконов – за $X_{B.2}$ и $X_{B.2}$, соответственно, получим следующий алгоритм работы схемы устройства при КЗ (рис. 3).

При неисправности датчика 1 тока питающего ввода 2 или датчика 3 тока любого i-го ЭД 4, например обрыв катушки управления, что приведёт к замыканию контактов первого или второго поляризованных герконов, либо залипание их контактов, с первого 5 и второго 6 выходов этих датчиков сигналы поступят в блок 25 диагностики на входа элементов 28 каждый (рис. 2). Если длительность сигнала превысит время $t_2=t_{P3}t_{0.B}.+\Delta t$ (t_{P3} и$t_{0.B}$ – время действия релейной защиты и отключения её выключателей; Δt – время запаса), то элемент 28 через пятый 26 или шестые 27 элементы подаст сигнал в цепи сигнализации, предупреждая о неисправности датчиков тока. Одновременно с этим с элемента 27, неисправного датчика 3 тока i-го ЭД 4, сигнал поступит на инверсный вход элемента 29, запрещая возможное ложное отключение i-го ЭД 4. Запрещающий сигнал будет снят после устранения неисправностей в датчиках оперативным персоналом.

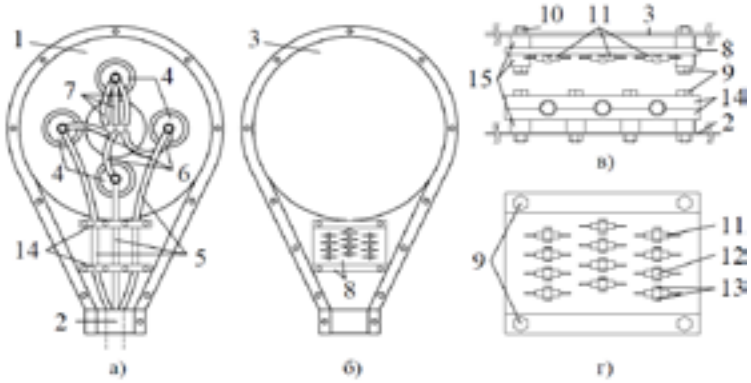


Рисунок 4 – Конструкция для крепления герконовых реле в коробке выводов ЭД: а) коробка выводов вид изнутри, б) крышка коробки выводов вид изнутри, в) конструкция крепления вид сбоку, г) пластина с герконовыми реле

Для реализации предлагаемого устройства на практике могут быть использованы универсальные конструкции для крепления герконов на кабеле [9–11]. Но наиболее подходящей, на наш взгляд, будет конструкция для крепления поляризованных герконов в коробке выводов ЭД серий А4, ДА304, ДАЗО, АОК, СДС [12]. На рисунке 4 приведена конструкция, которая содержит: коробку 1 выводов, питающий кабель 2, крышку 3 коробки выводов,

изоляторы 4, токопроводы 5 фаз питающего кабеля, токопроводы 6 обмотки статора со стороны питающего кабеля, токопроводы 7 обмотки статора со стороны нулевых выводов, пластину 8, болты 9, гайки 10, герконовые реле 11, хомуты 12, винты 13, узел 14 крепления, резиновые накладки 15. Монтаж конструкции прост и осуществляется путём снятия крышки 3 и закреплении на ней с внутренней стороны пластины 8 с герконовыми реле 11. При этом токопроводы 5 фаз питающего кабеля при помощи узлов 14 крепления надежно зафиксированы под соответствующими герконовыми реле.

Информация о финансировании

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP15473215).

Выводы

1 Предложенная схема устройства позволяет осуществить групповую защиту ЭД, на ресурсосберегающих датчиках тока, а именно – герконах, которые в отличие от схем традиционных групповых защит на трансформаторах тока, обладают малыми габаритами и стоимостью.

2 Использование второго блока логической защиты питающего ввода, а также блока диагностики позволяет, по сравнению с прототипом, повысить надежность срабатывания предложенной модели защиты при КЗ и предотвратить её ложную работу при неисправностях в датчиках тока.

3 Предложенная конструкция довольно проста и позволяет осуществить крепление герконов вблизи выводов мощных ЭД.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Багинский, Л. В., Глазырина, Г. М.** О применении дифференциально-фазного принципа для защиты трансформаторов. // Prace instytutu elektroinergetyki is teromania ukladow Politichniki Slaskej. Cliwice, 1976.

2 **Багинский, Л. В.** К выбору принципа работы быстродействующей защиты основных элементов электрических станций и подстанций // Электрические станции. – 1978. – №5. – С. 41-45.

3 **Кужеков, С. Л., Синельников, В. Л.** Защита шин электростанций и подстанций. – М. : Энергоиздат, 1983. – 184 с.

4 **Поляков, В. Е., Клецель, М. Я.** Алгоритмы некоторых централизованных защит подстанций и свойства функций их описывающих // Известия вузов. Серия Энергетика. – 1979. – №9. – С. 90–93.

5 **Каплан, С. Ю., Клецель, М. Я., Поляков, В. Е., Симонов, С. Н.** Устройство для дифференциально-фазной защиты группы электродвигателей // Авторское свидетельство СССР № 681494; опубл. 25.08.79, бюл. № 31. – 6 с.: ил.

6 **Алишев, Ж. Р., Клецель, М. Я., Мусин, В. В.** Устройство для токовой защиты группы из n электродвигателей. // Авторское свидетельство СССР № 1833937; опубл. 15.08.93, бюл. № 30. – 4 с.: ил.

7 **Клецель, М. Я.** Устройство для защиты элементов подстанции от короткого замыкания // Авторское свидетельство СССР № 1527683; опубл. 07.12.89, бюл. № 45. – 4 с.: ил.

8 **Клецель, М. Я., Калтаев, А. Г., Амангелді, А. Б., Каримов, С. К.** Устройство для защиты n электродвигателей от коротких замыканий. // Патент РК № 35210; опубл. 23.07.2021, бюл. № 29. – 10 с.: ил.

9 **Калтаев, А. Г., Клецель, М. Я., Машрапов, Б. Е., Нефтисов, А. В.** Устройство для крепления геркона токовых защит кабелей. // Патент РК № 32007; опубл. 14.04.2017, бюл. № 7. – 5 с.: ил.

10 **Клецель, М. Я., Калтаев, А. Г., Ксилов, А. П., Машрапов, Б. Е.** Конструкция для крепления геркона токовых защит кабелей. // Патент РК № 32005; опубл. 14.04.2017, бюл. № 7. – 4 с.: ил.

11 **Клецель, М. Я., Калтаев, А. Г., Сулайманова, В. А.** Измерительный орган для токовой защиты кабельных линий. // Патент РФ № 2629757; опубл. 01.09.2017, бюл. №25. – 11 с.: ил.

12 **Калтаев, А. Г., Мусаев Ж.Б., Бабашев С. М.** Конструкция для крепления герконовых реле внутри коробки выводов мощных электродвигателей. // Материалы международной научно-практической «XV Торайгыровские чтения». Том 3. – Павлодар, 2023. г., С. 376–380.

REFERENCES

1 **Baginsky, L. V., Glazyrina, G. M.** On the application of the differential-phase principle for the protection of transformers [On the application of the differential-phase principle for the protection of transformers]. Prace instytutu elektroinergetyki is teromania ukladow Politichniki Slaskej, Cliwice, 1976.

2 **Baginsky, L.V.** To the choice of the operating principle of high-speed protection of the main elements of electrical stations and substations [To the choice of the operating principle of high-speed protection of the main elements of power plants and substations] // Electrical stations. – 1978. – No. 5. – P. 41–45.

3 **Kuzhekov, S. L., Sinelnikov, V. L.** Protection of busbars of power plants and substations [Busbar protection for power plants and substations]. – M. : Energoizdat, 1983. – 184 p.

4 **Polyakov, V. E., Kletzel, M. Ya.** Algorithms for some centralized protection of substations and properties of the functions that describe them [Algorithms for some centralized protection of substations and properties of the functions that describe them] // News of universities. Energy series. – 1979. – № 9. – P. 90–93.

5 **Kaplan, S. Yu., Kletzel, M. Ya., Polyakov, V. E., Simonov, S. N.** Device for differential phase protection of a group of electric motors [Device for phase differential protection of a group of electric motors] // Author's Certificate of the USSR № 681494; publ. 08/25/79, bulletin № 31. – 6 p.: ill.

6 **Alishev, Zh. R., Kletzel, M. Ya., Musin, V. V.** Device for current protection of a group of n electric motors [Device for current protection of a group of n electric motors]. // Copyright certificate of the USSR № 1833937; opubl. 08/15/93, bulletin № 30. – 4 p.: ill.

7 **Kletzel, M. Ya.** Device for protecting substation elements from short circuits [Device for protecting substation elements from short circuit] // Author's Certificate of the USSR № 1527683; opubl. 07.12.89, bulletin № 45. – 4 p.: ill.

8 **Kletzel, M. Ya., Kaltayev, A. G., Amangeldi, A. B., Karimov, S. K.** Device for protecting n electric motors from short circuits [Device for protecting n electric motors from short circuits]. // Patent RK № 35210; opubl. 07/23/2021, bulletin № 29. – 10 p.: ill.

9 **Kaltayev, A. G., Kletzel. M. YA., Mashrapov, B. E., Neftisov, A. V.** Ustrojstvo dlya krepleniya gerkona tokovykh zashchit kabelej [Device for fastening the reed switch of cable current protection]. // Patent RK № 32007; opubl. 14/04/2017, bulletin № 7. – 5 p.: ill

10 **Kletzel, M. YA., Kaltayev, A. G., Ksilov, A. P., Mashrapov, B. E.** Konstrukciya dlya krepleniya gerkona tokovykh zashchit kabelej [Design for fastening the reed switch for cable current protection]. // Patent RK № 32005; opubl. 14/04/2017, bulletin. № 7. – 4 p.: ill

11 **Klecel, M. YA., Kaltaev, A. G., Sulajmanova, V. A.** Izmeritelnyj organ dlya tokovoj zashchity kabelnykh linij [Measuring element for current protection of cable lines]. // Patent RF № 2629757; opubl. 01/09/2017, bulletin №25. – 11 p.: ill

12 **Kaltayev, A. G., Musaev, Zh. B., Babashev, S. M.** Design for mounting reed relays inside the terminal box of powerful electric motors [Design for mounting reed relays inside the terminal box of powerful electric motors]. // Materials of the international scientific and practical «XV Toraigyrov Readings». Volume 3. – Pavlodar, 2023, P. 376-380.

Принято к изданию 28.11.23.

**А. Г. Калтаев[1]*
Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

N ЭЛЕКТР ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫН ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛУДАН ҚОРҒАУҒА АРНАЛҒАН ҚҰРЫЛҒЫ

Магнитке сезімтал элементтердегі электр қозғалтқыштарының заманауи қорғаныстары металл сыйымды және көлемді ток трансформаторларын қолданатын дәстүрлі қорғаныстардан артықшылыққа ие екендігі көрсетілген. N электр қозғалтқыштарын қысқа тұйықталудан қорғау үшін құрылғы ұсынылады, ол дәстүрлі қорғаныстардан айырмашылығы ток датчиктері ретінде геркондарды пайдаланады. N электр қозғалтқыштарының топтық қорғаудың артықшылықтары атап өтілді. Қорекендіру кірме шиналарда және эектрқозғалтқыштарда зақымдануы кезінде n электрқозғалтқыштардың аттас фаза токөткізгіштер қоректендіру кірме мен фазаларының токөткізгіштер жанында орнатылған поляризацияланған геркондарының бір мезгілде іске қосылуын бақылауға негізделген қорғау әрекетінің алгоритмі көрсетілген. Қуатты электр қозғалтқыштарының шықпалар қорабында геркондарын бекіту үшін құралым ұсынылған, сонымен қатар құралымын шықпалар қорабына, атап айтқанда оның ішкі қақпағына бекіту әдісі сипатталған, бұл электр қозғалтқышының фазалық токөткізгіштерінің жанында ток датчиктерін орнатуды едәуір жеңілдетеді. Құрылғының сенімділігін арттыру үшін геркондар басқару катушкаларының тұтастығын бақылау ұсынылады, олардың үзілуі поляризацияланған геркондарының түйіспелерінің жалған тұйықталуына немесе олардың түйіспелерінің жабысып қалуына әкелуі мүмкін, бұл жалған іске қосуына немесе қорғаныстың іске қосылмауына әкеледі.

Кілттік сөздер: релелік қорғаныс, топтық қорғаныс, электр қозғалтқыштары, қамыс қосқыштары, диагностика.

**A. G. Kaltayev[1]*
Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Accepted for publication on 28.11.23.

DEVICE FOR PROTECTING N ELECTRIC MOTORS FROM SHORT CIRCUITS

It has been shown that modern protection of electric motors based on magnetically sensitive elements have an undeniable advantage over traditional protections using metal-intensive and bulky current transformers. A device is proposed to protect N electric motors from short circuits, which, unlike traditional protections, uses reed switches as current sensors. The advantages of prepositional group protection of N electric motors are noted. An algorithm for the operation of protection is shown, based on monitoring the simultaneous operation of polarized reed switches installed near the same-named conductors of the supply input phases and conductors of the N phases of electric motors, in case of damage to the supply input busbars and to the electric motors. A design for fastening reed switches in the terminal box of powerful electric motors is proposed, and a method for fastening the structure in the terminal box, namely on its inner cover, is described, which greatly facilitates the installation of current sensors near the current conductors of the electric motor phases. To improve the reliability of the device, it is proposed to monitor the integrity of the reed switch control coils, the breakage of which can lead to false closure of the contacts of polarized reed switches, or to sticking of their contacts, which leads to false operation or failure of the protection.

Keywords: relay protection, group protection, electric motors, reed switches, diagnostics.

МРНТИ 44.39.29

https://doi.org/10.48081/JFEI7882

***М. Б. Кошумбаев[1], С. С. Исенов[2], Г. С. Нурмаганбетова[3], Р. М. Искаков[4], М. А. Ауельбек[5]**

[1,2,3,4,5]Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана.

*e-mail: marat7759@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕТРОВОЙ ТУРБИНЫ

В статье рассмотрена ветровая турбина с вертикальной осью вращения. Актуальностью исследования заключается в разработке нового типа возобновляемого источника энергии – вихревого ветрового устройства с вертикальной осью вращения без механизмов наведения на ветер.

Объектом исследования является вихревое ветровое устройство, состоящее из концентратора с криволинейными каналами, концентрирующее поток на лопасти ветроколеса и создающее вихревое движение, которое усиливается тягой вертикальной трубы.

Проведен обзор литературных источников, выявлены основныепроблемы действующих ветровых станции с горизонтальной осью вращения, которые включают: необходимость постоянного наведения на ветер, консольное напряжение на месте крепления лопастей, неравномерное вращение ветроколеса. Вихревое ветровое устройство с вертикальной осью вращения позволяет устранить механизмы наведения на ветер, консольное напряжение лопастей, обеспечивает равномерное вращение ветроколеса. Ветроустройство имеет концентратор с криволинейными каналами, концентрирующие поток на лопасти ветроколеса и создающие вихревое движение, которое усиливается тягой вертикальной трубы. Особенностью разработки является создаваемое устойчивое вихревое движение внутри концентратора, обеспечивающее равномерное и устойчивое вращательное движение ветрового колеса при нестабильном ветровом потоке. На основании математического моделирования и экспериментальных исследований

были разработаны экспериментальная модель и полупромышленная установка. Поскольку на рынке наблюдается большой интерес к возобновляемым источникам энергии, срочно необходимы надлежащие научно-технические исследования, чтобы выяснить эффективность и безопасность новых разработок, в том числе и в области ветроэнергетики.

Ключевые слова: ветер, турбина, вращение, лопасти, колесо.

Введение

На сегодняшний день для Казахстана важным направлением возобновляемой энергии являются ветровые турбины. Широкое применение нашли трехлопастные ветровые станции с горизонтальной осью вращения, которые были разработаны в начале прошлого века. Несмотря на их широкое распространение они имеют ограничение по направлению и величине скорости ветра. Отрицательно на работу данных турбин влияют осадки и низкая температура, что являются причинами аварий на ветровых станциях из-за шквальных порывов ветра, снегопадов и пожаров, связанных с молниями. Турбулентный характер ветрового потока создает неравномерное вращение ветрового колеса и нестабильную выработку энергии. В связи с этим требуется дополнительное оборудование для накопления энергии, чтобы станция могла выдавать энергию с постоянными характеристиками. Низкая эффективность работы и дополнительные расходы на вспомогательное оборудование повышают себестоимость станции. Для повышения эффективности работы ветровых станции проводятся исследования по различным направлениям. В основном они связаны с ветротурбина с вертикальной осью вращения. С целью повышения эффективности были использованы направляющие стенки для наведения ветра на лопасти, что в последствии это дало возможность создать вихревое движение. Исследования по стабилизации работы станции за счет устойчивого вращательного движения и разработка вихревого ветрового устройства являются актуальными.

В настоящее время использование возобновляемых источников энергии широкое развитие получило в Европе, США, Японии и др. В тоже время практически во всех континентах строятся ветропарки большой мощности. Одним из ярких примеров является КНР.

Несмотря на широкое распространение ВЭС с горизонтальной осью вращения, имеются новые разработки с вертикальной осью. Компания Helix Wind Corporation разработала ветроэлектростанцию для питания базовых станций сотовой связи, которые рассчитаны на малую мощность и не могут применяться для промышленного применения (рисунок 1).

Рисунок 1 – Ветрогенераторы Helix Wind Corporation

Развитием данного направления является разработка концентратора в Технологическом Институте Джорджии (Атланта, США) вихревое ветроустройство Solar Vortex (рисунок 2). Неудачное размещение ветроколеса поперек ветрового потока создает дополнительное сопротивление и снижает эффективность конструкции.

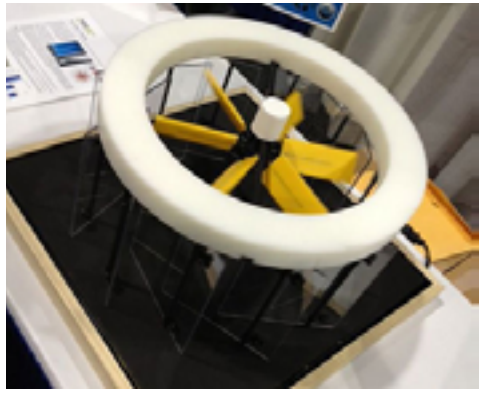


Рисунок 2 – Ветроустановка Solar Vortex

Компания Simpson – разработчик Solar Vortex, протестировала модель данной конструкции (рисунок 3 а) и выяснила, что при увеличении диаметра турбины, выход энергии резко возрастает. Причина роста энергии не поясняется [1], также не рассматривается роль подъемной силы.

В вихревой ветроэнергетической установке используется низкопотенциальные воздушные потоки, преобразующиеся в вертикальные вихреобразные потоки (рисунок 3 б). Устройство позволяет расширить рабочий диапазон скоростей ветра от 3 м/с до 60 м/с и более, но поперечное расположение ветроколеса создает сопротивление, приводящее неэффективному использованию вихревой энергии потока.

Анализ различных типов конструкции ветровых турбин показывает, что основными барьерами в развитии ветроэнергетики являются: постоянное наведение на ветер, высокое сопротивление ветроколеса, консольное напряжение лопастей, вибрация лопастей и шумовые помехи, высокая аварийность [1].

Рисунок 3 – Образование вихревого движения в цилиндрической турбине (а) и вихревая ветроэнергетическая установка (б)

Для повышения эффективности ветровой турбины целесообразно провести исследование на повышение эффективности работы вихревого ветрового устройства, которое будет включать концентратор для создания вихревого движения и концентрации потока на лопасти ветроколеса, ветроколесо с низким сопротивлением и вертикальную трубу для улучшения пропускной способности устройства и усиления движения потока за счет вертикальной тяги [2]. Указанные трудности в работах [1–2] решаются применением вихревого эффекта и концентрации потока при непосредственной его подачи на лопасти ветроколеса, создания устойчивого вихревого движения внутри концентратора и вытяжкой потока посредством вертикальной труба, устанавливаемой на концентраторе.

Математическое моделирование вихревого движения ветрового потока в концентраторе пока не имеет четкого расчетного алгоритма. Сложности для определения начальных и граничных условий указаны в работе [3]. Вычислительные эксперименты показали, что распределение скоростей в концентраторе зависит не только от напора скоростного потока, но и геометрических размеров концентратора и конфигурации ветрового колеса.

Материалы и методы

В процессе выполнения исследований применялись методы теории численных методов, экспериментальные исследования на лабораторных моделях (рисунок 4). Среди известных методов численного моделирования трехмерных турбулентных течений необходимо выделить прямое численное моделирование турбулентности и решение осредненных уравнений Навье-Стокса [4–6]. Одной из основных проблем является построение расчетной сетки, которая хорошо учитывает геометрические и физические особенности. Метод моделирования крупных вихрей представляет собой симбиоз между прямым численным моделированием и решением осредненных уравнений Навье-Стокса.

Рисунок 4 – Экспериментальная модель вихревой ветроустановки

Решение указанных уравнений сопровождается приближенными численными методами с использованием схемы расщепления по физическим параметрам. Как показывает опыт, точность итерационных операций зависит размеров сетки, т.е. от значения шагов по времени и пространству. Анализ существующих методик показывает, что математическое описание турбулентных течений, связанное с обтеканием сложных фигур, к которым также относится вихревая ветровая установка с концентратором воздушного потока, возможно с использованием осредненных уравнений Навье-Стокса с применением метода крупных вихрей [7–10].

Используемый численный метод представляет собой достаточно гибкое математическое обеспечение, которое позволяет адаптировать результаты

расчета к экспериментальным данным, изменяя параметры в уравнениях вышеуказанных систем. Алгоритм решения задачи содержит подпрограмму, основанная на методе прогонки. Данная программа была использована при исследовании различных вихревых устройств.

Результаты и обсуждение

Концентратор состоит из криволинейных каналов, которые концентрируют поток воздуха на лопасти ветроколеса и создают устойчивое вихревое движение в концентраторе.

Для максимальной передачи энергии вихревого течения криволинейные каналы тангенциально направлены от периферии к вертикальной вытяжной трубе и лопастям ветроколеса таким образом, что выходное отверстие каналов профилируется на лопасти, что максимально повышает воздействие потока на ветроколесо.

Для эффективного удаления отработанного потока сверху концентратора устанавливается вертикальная труба, которая повышает скорость движения вихревого потока за счет вертикальной тяги. Увеличение скорости потока в трубе повышает пропускную способность вихревого ветрового устройства.

Вычислительные эксперименты предполагались при нестационарном движении ветрового потока, который входит в криволинейный канал концентратора, получает закрутку и набегает на лопасти ветроколеса. Пренебрегаем изменениями температуры и плотности воздуха. Несмотря на не постоянный ветровой поток, расчет проводился при постоянном значении скорости – 5 м/с, число Рейнольдса предполагалось как Re = 10000, для упрощения расчетной схемы начальное поле скорости задавалось по всей плоскости входного отверстия канала концентратора.

Результаты расчетов показали неравномерное распределение скорости в криволинейном канале концентратора. На рисунке 5 представлено изменение контура скорости воздушного потока вдоль стенки канала концентратора в момент стабилизации течения. Согласно исследованиям, течение в канале стабилизируется при достижении t = 0,038 с и в дальнейшем картина течения не меняется. Концентрация потока вызывает его турбулизацию на твердой поверхности и повышение величины скорости на выходе из канала концентратора.

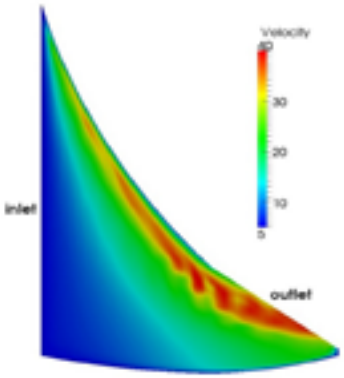


Рисунок 6 – Профиль скорости в канале концентратора при скорости набегающего потока 5 м/с и времени t = 0,038 с.

Программа использовала параметры потока на выходе из каналов концентратора для определения профиля скорости внутри концентратора.

Расчеты при подаче воздуха в два канала концентратора показывает увеличение скорости воздушного потока на выходе в 10–12 раз, чем при подводе воздуха через один канал. Поток становится стационарным через 20 сек. Предполагается, что начальное поле скорости равномерное и строго одного направления. Попадая в каналы концентратора, воздушный поток направлялся по касательной к внутренней поверхности концентратора. Это обеспечивает вихревое движение воздуха внутри концентратора. Устойчивое вращательное движение создает благоприятный режим для работы ветроколеса.

Численное моделирование движения потока воздуха в ветротурбине показало эффективность применения концентраторов в ветровых устройствах. Численный эксперимент позволяет определить технологически простые и дешёвые варианты конструкций концентраторов, а также повысить эффективность ветроэнергетики за счет снижения материалоемкости конструкции.

Информация о финансировании

Данная научная работа является результатом, полученным в ходе реализации проекта ИРН № AP14872147, финансируемого в рамках грантового финансирования от Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Выводы

В результате проведенных исследований получены следующие результаты:

1 Применение концентратора с криволинейными каналами полностью исключает механизмы наведения на ветер. Концентратор позволяет увеличить скорость ветрового потока в 1,5 раза. Внутри концентратора создается вихревое движение, которое равномерно действует на все лопасти ветроколеса одновременно.

2 Благодаря криволинейным каналам концентратора внутри него создается устойчивое вращательное течение, которое одновременно создает положительное давление на поверхностях криволинейных лопастей и не влияет на обратные их стороны, тем самым создается оптимальный режим воздействия ветрового потока на лопасти ветроколеса.

3 Для повышения пропускной способности вихревого ветрового устройства сверху концентратора устанавливается вертикальная труба, которая создает дополнительную тягу и увеличивает скорость отработанного потока. Внешний поток воздуха, попадая в криволинейные каналы концентратора, увеличивает скорость и тангенциально входит внутрь концентратора. Внутри концентратора образуется устойчивое вихревое движение, которое равномерно действует на все лопасти ветроколеса. Закрученный поток удаляется из концентратора через вертикальную трубу за счет вертикальной тяги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Бубенчиков, А. А.** Экологическая экспертиза ветроэнергетической установки [Текст] // Молодой ученый. – 2016. – № 28.2 (132.2). – С. 31–35.

2 **Кошумбаев, М. Б., Мырзакулов, Б. К., Кошумбаев, А. М., Кошумбаева, А. М.** Вихревой ветроагрегат. Патент Казахстана № 2291. Полезная модель. Бюл. № 14 от 31.07.2017.

3 **Koshumbayev, M., Yerzhan A., Myrzakulov B., Kvasov P.** Theoretical and experimental research on development of new construction of wind-driven generator with flux concentrator [Text] : // Journal of Advances in Technology and Engineering Research. – 2016. – № 2 (3). – P. 100–104.

4 **Koshumbaev, M., Issenov, S., Iskakov, R., Bulatbayeva, Y.** Development of a vortex wind device. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies [Text]: Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – №1(8(121)). – P. 22–29.

5 **Ershkov, S. V.** On Existence of General Solution of the Navier − Stokes Equations for 3D Non-Stationary Incompressible Flow [Text]: // International Journal of Fluid Mechanics Research. – 2015. – P. 206–213.

6 **Schneiders, J. F.** G. Time-Supersampling 3D-PIV Measurements by Vortex-in-Cell Simulation [Text] : Master of Science Thesis : Aerospace Engineering Delft University of Technology. 2014. – 112 p.

7 **Chemin, J. Y., Gallagher I., Paicu M.** Global regularity for some classes of large solutions to the Navier-Stokes equations [Text] // Ann. of Math. 173 (2011. – No. 2. 2011. – P. 983–1012.

8 **Zhang, Y., Bao, W., Du Q.** Numerical simulation of vortex dynamics in Ginzburg-Landau-Schrodinger equation [Text] Jnl of Applied Mathematics. – 2007, Vol. 18. – P. 607-630.

9 **Eldredge, J. D.** Numerical simulation of the fluid dynamics of 2D rigid body motion with the vortex particle method [Text]: // J. Comput. Physics. – 2007. Vol. 221. – P. 626–648.

10**Turalina, D. E. Bolysbek D. A.,** Research with purpose of finding optimal variant of the guide blades of the vortex wind power [Text] : // First International Scientific Conference : Alternative energy sources, materials and technologies (AESMT-18). – 2018. – P. 38.

REFERENCES

1 **Bubenchikov, A. A.** Ekologicheskaya ekspertiza vetroenergeticheskoj ustanovki [Environmental expertise of a wind power plant] [Text] // A young scientist. – 2016. – № 28.2 (132.2). – P. 31–35.

2 **Koshumbaev, M. B., Myrzakulov, B. K., Koshumbaev, A. M., Koshumbaeva, A. M.** Vihrevoj vetroagregat [Vortex wind turbine]. Patent of Kazakhstan №2291. Utility model. Byul. № 14 dated 31.07.2017.

3 **Koshumbayev M., Yerzhan A., Myrzakulov B., Kvasov P.** Theoretical and experimental research on development of new construction of wind-driven generator with flux concentrator [Text]: // Journal of Advances in Technology and Engineering Research. – 2016. № 2 (3), P. 100–104.

4 **Koshumbaev, M., Issenov, S., Iskakov, R., Bulatbayeva, Y.** Development of a vortex wind device. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies [Text]: Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. № 1 (8) (121). – P. 22–29.

5 **Ershkov S. V.** On Existence of General Solution of the Navier − Stokes Equations for 3D Non-Stationary Incompressible Flow [Text]: International Journal of Fluid Mechanics Research. – 2015. – P. 206–213.

6 **Schneiders J. F. G.** Time-Supersampling 3D-PIV Measurements by Vortex-in-Cell Simulation. [Text]: Master of Science Thesis : Aerospace Engineering Delft University of Technology. 2014. – 112 p.

7 **Chemin J. Y., Gallagher I., Paicu M.** Global regularity for some classes of large solutions to the Navier-Stokes equations [Text] // Ann. of Math. 173 (2011), no. 2. 2011. – P. 983-1012.

8 **Zhang Y., Bao W., Du Q.** Numerical simulation of vortex dynamics in Ginzburg-Landau-Schrodinger equation [Text] Jnl of Applied Mathematics. – 2007, vol. 18. – P. 607-630.

9 **Eldredge J. D.** Numerical simulation of the fluid dynamics of 2D rigid body motion with the vortex particle method [Text]: J. Comput. Physics. – 2007, vol. 221. – P. 626-648.

10 **D. E. Turalina., D. A.** Bolysbek. Research with purpose of finding optimal variant of the guide blades of the vortex wind power [Text] : First International Scientific Conference: Alternative energy sources, materials and technologies (AESMT-18). – 2018. – P. 38.

Принято к изданию 28.11.23.

**М. Б. Кошумбаев[1], С. С. Исенов[2],*
Г. С. Нурмаганбетова[3], Р. М. Искаков[4], М. А. Ауельбек[5]
[1,2,3,4,5]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ЖЕЛ ТУРБИНАСЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ҚҰЙЫНДЫ ӘСЕРДІ ҚОЛДАНУ

Мақалада вертикальді айналу осі бар жел турбинасы қарастырылған. Зерттеудің өзектілігі жаңартылатын энергияның жаңа түрін – желге бағыттау механизмдері жоқ вертикальді айналу осі бар құйынды жел құрылғысын жасау болып табылады.

Зерттеу объектісі – қисық сызықты арналары бар концентратордан тұратын, жел дөңгелегі қалақтарына ағынды шоғырландыратын және тік құбырдың тартылуымен күшейтілетін құйынды қозғалысты жасайтын құйынды жел құрылғысы болып табылады.

Әдеби дереккөздерге шолу жасалып, көлденең айналу осімен жұмыс істеп тұрған жел станцияларының негізгі проблемалары

анықталды, олар: үнемі желге бағыттау қажеттілігі, қалақтарды бекіту орнындағы консольдық кернеу, жел дөңгелегінің біркелкі емес айналуы. Тік айналу осі бар құйынды жел құрылғысы желге бағыттау механизмдерін, қалақтардың консольдық кернеуін жоюға мүмкіндік береді және жел дөңгелегінің біркелкі айналуын қамтамасыз етеді. Жел қондырғысында жел дөңгелегі қалақтарына ағынды шоғырландыратын және тік құбырдың тартылуымен күшейтілетін құйынды қозғалыс жасайтын қисық каналды концентратор бар. Жұмыстың ерекшелігі тұрақсыз жел ағынында жел дөңгелегінің біркелкі және тұрақты айналу қозғалысын қамтамасыз ететін концентратор ішінде жасалған тұрақты құйынды қозғалыс болып табылады. Математикалық модельдеу және эксперименттік зерттеулер негізінде эксперименттік модель және жартылай өнеркәсіптік қондырғы жасалды. Нарықта жаңартылатын энергия көздеріне үлкен қызығушылық болғандықтан, жаңа әзірлемелердің, соның ішінде жел энергетикасының тиімділігі мен қауіпсіздігін анықтау үшін тиісті ғылыми-техникалық зерттеулер шұғыл қажет.

Кілтті сөздер: жел, турбина, айналу, қалақтар, дөңгелек.

**М. Б. Кошумбаев[1], С. С. Исенов[2], Г. С. Нурмаганбетова[3], Р. М. Искаков[4], М. А. Ауельбек[5]*
[1,2,3,4,5]Kazakh AgroTechnical Research University named after S. Seifullin», Republic of Kazakhstan, Astana
Accepted for publication on 28.11.23.

APPLICATION OF THE VORTEX EFFECT TO INCREASE THE EFFICIENCY OF A WIND TURBINE

The article considers a wind turbine with a vertical axis of rotation. The relevance of the research lies in the development of a new type of renewable energy source – a vortex wind device with a vertical axis of rotation without wind guidance mechanisms.

The object of the study is a vortex wind device consisting of a concentrator with curved channels, concentrating the flow on the blades of a wind wheel and creating a vortex motion, which is enhanced by the thrust of a vertical pipe.

A review of literature sources has been conducted, the main problems of operating wind farms with a horizontal axis of rotation have been identified, which include: the need for constant guidance to the wind, cantilever tension at the attachment point of the blades, uneven rotation of the wind wheel. A vortex wind device with a vertical axis of rotation eliminates wind guidance mechanisms, cantilever tension of the blades, ensures uniform rotation of the wind wheel. The wind device has a concentrator with curved channels that concentrate the flow onto the blades of the wind wheel and create a vortex motion, which is enhanced by the thrust of the vertical pipe. A feature of the development is the steady vortex motion created inside the concentrator, which ensures uniform and stable rotational movement of the wind wheel in unstable wind flow. Based on mathematical modeling and experimental studies, an experimental model and a semi-industrial installation were developed. Since there is a great interest in renewable energy sources on the market, proper scientific and technical research is urgently needed to find out the effectiveness and safety of new developments, including in the field of wind energy.

Keywords: wind, turbine, rotation, blades, wheel.

МРНТИ 45.53.34

https://doi.org/10.48081/HUYA9265

***Н. С. Кузнецова[1], Е. Ж. Сарсикеев[2], А. К. Оразбекова[3], Г. О. Сулейменова[4], А. К. Сагалбаева[5]**

[1]Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті, Ресей Федерациясы, Томск қ;
[2,3,4]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ:
[5]«Intek» ЖК, Қазақстан Республикасы, Астана қ.
*e-mail: oka-a7@mail.ru

ЭЛЕКТРЛІК ЖАРЫЛЫСТЫҢ БҰЗЫЛУЫ КЕЗІНДЕГІ ҚАТТЫ МАТЕРИАЛДАРҒА СОҚҚЫ ТОЛҚЫНЫ ӘСЕРІНІҢ СИПАТТАМАСЫ

Темірбетон бұйымдарын жоюға арналған электр разрядты технологиясы бірқатар экологиялық кемшіліктері бар қатты материалдарды қайта өңдеудің механикалық әдістеріне перспективті балама болып табылады. Берілген жұмыста электрлік жарылыстың әсерінен плазмалық разрядтық арнаның пайда болуы кезіндегі қатты материалдың кернеулі-деформациялық күйінің толқындық динамикасы қарастырылған.Разряд тізбегінің жұмысын, разрядтық арнаның кеңеюін және серпімді-пластикалық толқындардың генерациясын дәйекті түрде сипаттайтын физикалық-математикалық модель шеңберінде материалдағы шұңқырдың пайда болуының әртүрлі механизмдері қарастырылады - аз энергия сыйымдылығы, бетінен шағылысқан толқындар есебінен жүзеге асырылады және энергияны көп қажет етеді, онда қабат функциясының жарықтары қысу кернеулерінің тікелей толқынынан туындайды; өңделген материалды жоюдың ең тиімді шарттары анықталады. Шығару тізбегінің параметрлері мен материалдың кернеулі-деформациялық күйі мен бұзылу сипаты арасындағы байланыс көрсетіледі, бет пішіні мен контур параметрлерінің ықтимал бұзылу сипатына әсері бағаланады. Осылайша, энергияның «жылдам» кірісі бар электрлік жарылыстың негізгі зақымдаушы факторы созылу тангенциалды кернеулер аймағы екені анықталды. Энергияны енгізудің «баяу» режиміндe деструкция ең алдымен ығысу деформациялары есебінен, ал энергияның жылдам

түсуі кезінде созылу тангенциалды кернеулерінен болады. Жұмыстың нәтижелері электр разряды немесе аралас әдістерді қолдана отырып, темірбетон бұйымдары мен тау жыныстарын қайта өңдеуге арналған электр станцияларын жобалау кезінде пайдалы болуы мүмкін.

Кілтті сөздер: бетон, электрлік жарылыс, импульстік генератор, разрядтық арна, толқындық процесстер, бұзылу, деформация.

Кіріспе

Қатты ток өткізбейтін материалдарды жоюдың электр разрядтық әдісінің тиімділігі күшті тау жыныстары мен жасанды шыққан материалдарға (граниттер, микрокварциттер, жоғары берік бетон және т.б.) қатысты толығымен зерттеліп, қарастырылды [1–3]. Бұл позицияның негізі бір-бірін толықтыратын екі фактормен анықталады: осы топтағы материалдардың созылу беріктігінің төменгі шегі және электрлік жарылыс тудыратын толқында созылу тангенциалды кернеулер аймағының қалыптасуы [4, 5]. Нәтижесінде жарықшақтардың басталуы мен өсуінің шарттары толқынның энергетикалық сипаттамаларының төменгі деңгейінде де жүзеге асады [5].

Берілген [7]-де әдебиет көзінде физика-математикалық модель шеңберіндегі жұмыста қатты диэлектрлік материалдардағы кеңейетін разряд арнасы шығаратын толқынның ерекшеліктері, оның таралуы, диэлектриктің шекараларымен өзара әрекеттесуі және де нәтижесі ретінде механикалық кернеулер өрісінің қалыптасуы және толқынның энергиясымен бірге материалдың жойылу дәрежесі де талданады..

Материалдар мен әдістер

Электр жарылыс кезіндегі толқындық процестер

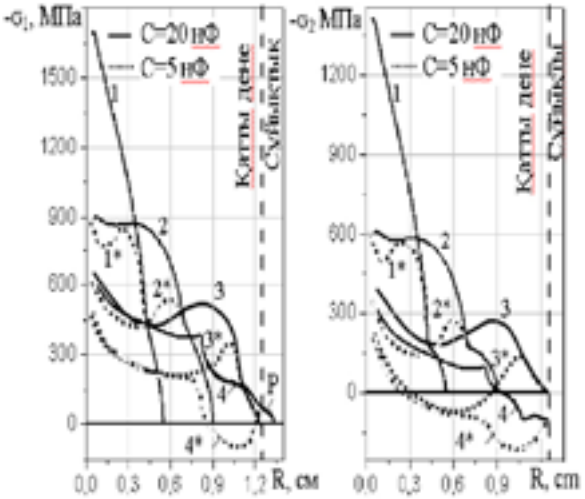
Қатты диэлектриктердегі электрлік жарылыс кезіндегі толқын динамикасы толығымен разрядтың энергетикалық сипаттамаларымен, материалдың физикалық-механикалық қасиеттерімен және диэлектрлік беттерге қатысты бұзылу арнасының орналасуымен анықталады.

Қатты денеде разряд аралығы жабылған кезде диаметрі (5-10) мкм болатын разряд арнасы пайда болады, оның плазмасына сақтау энергиясы енгізіледі. Энергия сақтағыштың разрядты тогымен қыздыру арқылы арна уақыт өте келе кеңейеді (10-6-10-4) с және қоршаған материалға механикалық кернеулер толқынын тудырады. Материалдағы толқындық бұзылулардың таралуы оның одан әрі жойылуын анықтайтын шиеленісті-деформацияланған күйді құрайды.

Екі сипаттамалық разряд режимі үшін σ_1 және σ_2 толқынындағы механикалық кернеулердің типтік диаграммалары 1 суретте көрсетілген.

Мұнда және төменде бұзылу үлгісінің болжамы толқынның таралу бағытына перпендикуляр (σ_1) және оған параллель (σ_2) алаңдарда әрекет

ететін негізгі кернеулерді талдау негізінде жүзеге асырылды.Олардың мәндері σ_{xx}, σ_{yy}, T_{xy} коэффициенттерінің есептік мәндері негізінде анықталды [8].



Сурет 1 – Олқындағы радиалды σ_1 (а) және тангенциалды σ_2 (б) кернеулерінің диаграммалары: l_{ch} = 2 см, R_t = 1,25 см; U_0 =280 кВ, L =5 мкГн; 1, 1* – t=0,8 мкс; 2, 2* – t=1,3 мкс; 3, 3* – t=2 мкс; 4, 4* – t=2,4 мкс

1-суреттегі тәуелділіктер толқын қатты-сұйықтық шекарасына енгенге дейін және одан шағылысу кезінде радиалды σ_1 және тангенциалды σ2 кернеулердің радиалды таралуын көрсетеді. Шығару арнасының маңында қысу кернеулерінің деңгейі қатты дененің статикалық және тіпті динамикалық беріктігінің шегінен асып кетуі мүмкін [9] және материалдың ұсақталуы орын алады. Радиалды жарықтардың пайда болуы, жоғарыда айтылғандай, σ_2 толқынындағы созылатын тангенциалдық кернеулерге байланысты болады, Төмен энергетикалық режим үшін (1,б-суретті қараңыз, 3-қисық*) созылу кернеулерінің аймағы σ_2 түзу толқында жеткілікті түрде көрсетілген, 1,б-сурет.

Егер созылу жанама кернеулері материалдың максималды созылу кернеуінен асып кетсе, бұл тікелей толқында радиалды жарықтардың пайда болуына әкеледі. Егер разряд режимі анағұрлым қуатты, ұзағырақ болса немесе бұзылу арнасы диэлектриктің бетіне жақын орналасса, онда созылу тангенциалды кернеулер аймағы толқын қатты-сұйықтық шекарасына жеткенше қалыптасып үлгермейді (сурет 1б, қисық 3). Бұл жағдайларда

қирау сипаты тікелей және шағылысқан толқындардың араласуынан немесе ығысу нәтижесінде пайда болатын материалдың кернеулі-деформациялық күйімен анықталады.

Басы үшбұрышты профильге жақын толқын шағылысқан кезде (сурет. 1, б, қисық 4*), созылатын тангенциалды кернеулер диаграммасы қатты материалдың барлық дерлік аймағын жабады. Бұл жағдайлар үшін қарастырылған толқындық үлгіні қолдана отырып, шағылысқан толқынның бұзылу сипатына әсерін бағалауға және негізгі жарықтардың өнуінің ең ықтимал бағыттарын анықтауға болады.

Толқындық фронт $C_{cr}=c_w \cdot t$ пен $R_{cr}C_{cr}$ жарықшақтың қозғалмалы сағасы үшін кинематикалық қатынастардан қатты-сұйық шекарасынан шағылған толқынның аузына оралған кездегі оның ұзындығы l_{cr} болады, $l_{cr} = (2c_{cr}R_t - c_w c_{cr} t_n + c_w l_n)\ (c_w + c_{cr})$мұндағы tn және ln уақыт мезеті және қашықтық. сәйкесінше жарықшақ пайда болды.

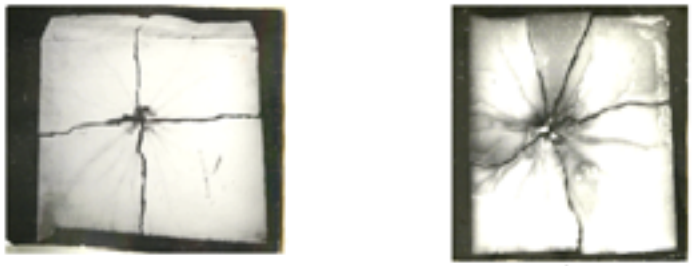
Егер материалдағы c_w бойлық толқынының жылдамдығымен c_{cr} радиалды жарықтарының өну жылдамдығын байланыстыратын эксперименттік деректер [10] негіз ретінде қабылданса және $c_{cr}=0{,}4c_w$ қойылса, онда бұл қатынас $l_{cr} \approx 0.57R_t - 0.29c_w \cdot t_n + 0.71l_n$ түріне айналады.

Радиалды жарықшақ пайда болған қашықтық материалдың ұсақтау аймағының радиусына жақын екенін ескере отырып ln ≈ 1-2 мм, сипаттамалық мәндері cw ≈ 3-6 км/с және tn ≤ 1-4 мкс үшін $l_{cr} \approx 0{,}5Rt$ үшін аламыз.

Осылайша, шағылысқан толқынның аузына келгенге дейін түзу толқындағы жарықшақтың тән ұзындығы арнадан жойылатын қатты дененің бетіне дейінгі қашықтықтың жартысына жақын шаманы құрайды. Қатты дененің шекарасынан шағылысқан толқын жарықтың одан әрі өсуіне шешуші әсер етеді. Оның жарықшақ аузына қайта оралуы созылу бұзылысы үшін қосымша жағдай жасайды және жарықшақ аузына іргелес аймақта энергия концентрациясын арттырады. Шағылысқан толқынның жарықшақтардың дамуына әсері оның басталуының кешігу уақыты tn артқан сайын артады. Бұл l_{cr} қатынасынан туындайды. t_n жоғарылауы тікелей толқынның жарылу уақытының қысқаруына және сәйкесінше шағылысқан толқынның аузына оралған кезде пайда болатын l_{cr} жарықшақ ұзындығының қысқаруына әкеледі. Шағылысқан толқын, ең алдымен, диэлектриктің ең жақын бетіне дейін өсетін жарықшақтың аузына жетеді.

Толқын арнадан қатты дененің шекарасына дейінгі қашықтықты жауып $\Delta t = 1.5\ R_t/,c_w$ жарықшақтың аузына (l_{cr}) оралатын уақыт аралығы ең үнемді энергия шығару режимдерін іздеген кезде разряд арнасына энергия ағынының ұзақтығының жоғарғы шегі бола алады. Энергияны енгізу Δt ұзақтығынан асып кету иррационалды энергия шығынына әкеледі, өйткені осы уақыт аралығында материалда жойылуға қажетті кернеу-деформациялық күй

қалыптасады. L_{cr} және Δt үшін берілген бағалаулардан жоғары cw мәндерімен сипатталатын материалдардың үнемді бұзылуын жүзеге асыру үшін төмен индуктивті жоғары вольтты генераторларды қамтамасыз ететін «жылдам» разряд режимдері қажет, өйткені бұл материалдардың жойылу механизмін анықтайтын толқындық процестер өтпелі болып табылады.



а б

2-сурет. Электрлік жарылыс кезінде қатты материалдың бұзылуының сипаттамалық суреті: a – энергияны енгізудің баяу режимі (ағымдағы тербеліс периоды 4,8 мкс); b – энергияны жылдам енгізу режимі (ағымдағы тербеліс периоды 2,2 мкс)

Сұйықтыққа сынған толқынның сипаттамалары (сурет. 1, а, Р қисығы) қатты денеде таралатын толқын параметрлерінен едәуір төмен және болашақта ескерілмеуі мүмкін.

Қарастырылған жағдай және бұзылу үлгісінің орындалған болжамы диэлектриктің шекараларына қатысты арнаның симметриялы орналасу нұсқасы үшін жарамды және 1, а [7] суреті бойынша қатты өткізбейтін материалдардың бұзылуын талдау үшін үлгі бола алады.

Электродтар бір бетке орналасса, бұзылу арнасы осы бетке жақын жерде өтеді және оның толқын динамикасына әсері және материалдың бұзылу механизмі маңызды болып шығады. Бұл жағдай бұрғылау, ойықтарды кесу және массивтен материалдың беткі қабатын алудың электр разрядтық технологияларына тән [1]. Электродтардың сәйкес орналасуы және электродаралық саңылауды жабу сәтіндегі арнаның траекториясы 1-суретте, б көрсетілген [7].

Беткі электржарылыстың алдыңғы нұсқадан негізгі айырмашылықтары толқын шағылысқан кезде бетіне іргелес материал қабатының деформациясының бір өлшемділігінің бұзылуымен байланысты. Қарастырылып отырған жағдайда шағылысқан толқынның тангенциалды

кернеулерімен тікелей толқынның радиалды кернеулерінің суперпозициясы мүмкін.

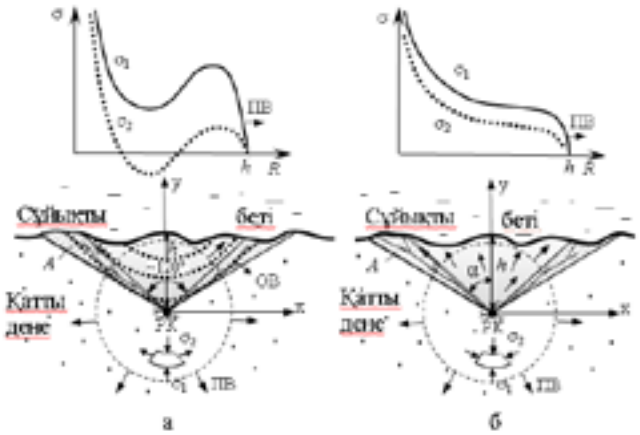
Шағылысу бетіне іргелес материал аймағында толқындық көріністің пайда болу сипаты толқынның параметрлерімен (оның пішінімен) оның бетіне шыққан кезде және беттің «кедір-бұдырларымен» анықталады. Толқын пішіні бетке жақындаған сайын өзгеретіндіктен, кернеулі деформацияланған күйдің нәтижесінде пайда болатын көрінісі диэлектрикке арнаны енгізу тереңдігіне де байланысты болады. Қабаттасқан электродтарды бар электрлік жарысылыс кезіндегі қатты дененің бұзылуы

Жазық шағылысу беті үшін модельдеу нәтижелерін талдау [11] разрядтың энергетикалық параметрлеріне байланысты толқындық процестің дамуының екі сипатты нұсқасын (3-сурет) және сәйкесінше екі мүмкін материалдық жойылу механизмді ажыратуға болатынын көрсетті. Төмен индуктивті генератормен энергияны жылдам енгізу (T_0.5 разрядты токтың жартылай периоды болған кезде тока $T_{0.5} \approx \pi\sqrt{LC}$ <1 мкс) Wg<20 Дж кезінде де материалдың пластикалық деформация аймағымен қатар түзу толқында созылатын тангенциалды кернеулер аймағын құруға мүмкіндік береді (3-сурет, а). Толқын тараған сайын созылу кернеулері аймағының радиусы артады. Мұндай толқын радиалды Т қималарында шағылысқан кезде, ерітіндінің бұрышы шамамен 100-120 құрайды, осы бөлімдерге параллель алаңдарда әрекет ететін созылу кернеулері ең үлкен болады. Бұл әсер тікелей және шағылысқан толқындардың суперпозициясымен түсіндіріледі, оларда тура толқындағы созылу кернеуі σ2 және шағылған толқындағы σ1 созылу кернеуі жинақталады, ал материалдың созылу беріктігінен асатын созылу кернеулері аймағы барған сайын жабады. материалдың үлкен бөлігі. Осының нәтижесінде жарықшақтардың пайда болуына ең қолайлы жағдайлар осы жерлерде пайда болады.

Разрядтық арнаға энергияның баяу түсуімен (разрядтық токтың жарты циклі $T_{0.5} \approx \pi\sqrt{LC}$ >2-10 мкс), жоғары энергия разрядтарына тән немесе арнаның шамалы тереңдігімен (h ≤ 4) мм), толқындағы созылу кернеулерінің аймағы, оның пайда болу уақытында бос бетке шығуға уақыт жоқ. Қарастырылып отырған уақыт интервалындағы толқындағы кернеулер қысу күйінде қалады (3, б-сурет). Арнаның үстіндегі материалдың әсер етудің осы түріне реакциясы материалдың бір бөлігінің бетіне қарай қозғалысымен көрінеді. Ординат осіне α бұрышында орналасқан қозғалатын бөлікті және материалдың қозғалмайтын массасын шектейтін А қималарында (3, б-сурет) ығысу деформациялары орын алады.

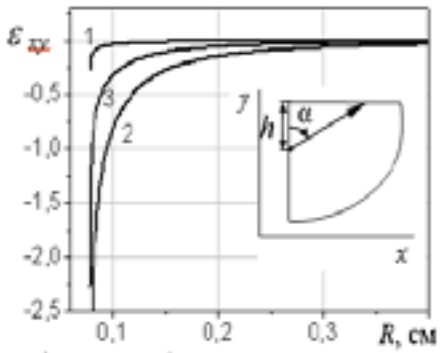
Олар сыни мәндерге жеткенде, бұл бөліктерде жарықтар пайда болады, ал арнаның үстінде орналасқан материалдың бір бөлігі бос беттің бағыты бойынша жүзеге асырылады. Нәтижесінде фланг тәрізді шұңқырлы

қуыс пайда болады. Бұл жағдайлардағы сәтсіздік тікелей толқындағы ең жоғары тангенциалды кернеулерден туындаған εxy, қысу және ығысу деформацияларына байланысты болады. Бұл жағдайда шағылысқан толқындардың рөлі екінші болып табылады.



Сурет 3 – Арнаға перпендикуляр кесінділер (б), (в): h – арнаның ену тереңдігі; РК – разрядты арна; ПВ – түзу толқын; ОВ – диэлектрик шекарасынан шағылған толқын; σ_1, σ_2 – радиалды және тангенциалды кернеулер; А – жарықтар пайда болу ықтималдығы жоғары аймақтар

4-суретте үш түрлі секцияда орналасқан қатты орта элементтеріндегі ε_{xy} ығысу деформацияларының есептелген мәндері көрсетілген. Алынған ε_{xy} үлестірімдерін салыстыру ε_{xy} ең жоғары мәндеріне $R = \sqrt{x^2 + y^2}$ бойымен OY осіне қатысты 50˚ – 60˚ ретті бұрыштарда орналасқан кесінділерде қол жеткізілетінін көрсетеді. Демек, энергияның баяу енгізілуімен дәл осы бөлімдерде материалдың жаншу аймағын бетке жақын байланыстыратын жарықтар пайда болады.



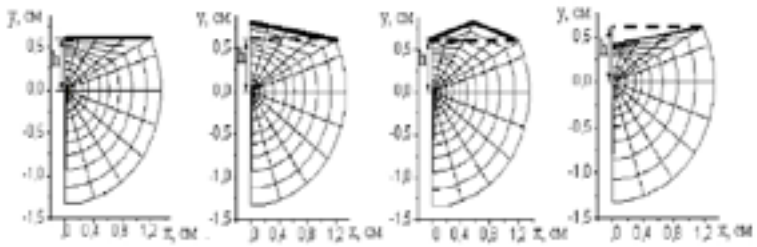
Сурет 4 – t=2 мкс кезіндегі ығысу деформациясының R қашықтыққа тәуелділігі, h=6 мм; C=20 нФ, L=5 мкГн, U_0=280 кВ, α: 1) 30˚, 2) 60˚, 3) 80

Нәтижелер мен талқылаулар

Процестің қарастырылған нұсқаларын салыстыру көрсеткендей, разряд режимдерінің, материалдағы толқындық суреттердің, бұзылу механизмдерінің (үзіліс, сдысу) айырмашылығына қарамастан, бұл ретте пайда болған сынған қақпақтар пішіні мен көлемі бойынша жақын болады. Физикалық тәжірибелерде шөгу көбінесе бір немесе бірнеше ұқсас, қабыршақты пішінді кесектер түрінде болатынын ескеру керек (5-сурет).

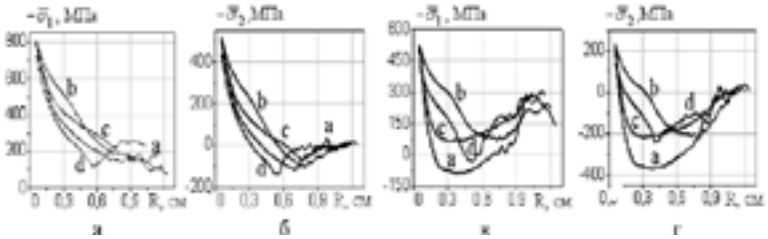
Сурет 5 – Эксперименталды түрде алынған құмтас (а) пен әктастағы (б) электрлік жарылыс кезіндегі алынған шұңқыр қуысы

Алынған сыну үлгісіне нақты жағдайларда кедір-бұдыр және біркелкі емес шағылысу бетінің пішіні әсер етеді. Жүргізілген есептеулерде бет пішіндерінің төрт нұсқасы қарастырылды (6-сурет).



Сурет 6 – Шағылысу беттерінің пішіндері
(есептелген аймақтардың оң сегменттері)

Симметрияға байланысты есептеу облыстарының тек оң жақ сегменттері көрсетіледі. Беткі бұзылулардың сипаттамалық өлшемдері h/2 аспады. R бойымен OY осіне қатысты α=60° бұрышта орналасқан қималардағы сәйкес кернеу диаграммалары (А аудандарында, 3-сурет) 7-суретте көрсетілген.



Сурет 7 – t=2 мкс кезіндегі негізгі радиалды және тангенциалды кернеулердің диаграммалары, U_0=280 кВ а), б) C=20 нФ, L=25 мкГн; в), г) C=5 нФ, L=5 мкГн. Әріптер 6-суреттегі шағылысу беттерінің пішіндеріне сәйкес келеді

Қуатты энергетикалық разряд режимі кернеу өрісін тудырады, ол өз кезегінде шағылысу бетінің пішініне тәуелді болмайды. (сурет 7, а, б). Демек, пайда болған қуыстар дерлік бірдей болады. Бұл жағдайда олардың қалыптасу механизмі толқындағы энергияның айтарлықтай асып кетуімен жүзеге асырылатынын ескеруіміз керек. Төменгі энергия кезінде, сондай-ақ арнаға энергия енгізудің «жылдам» режимдері, созылу тангенциалды кернеулерінің деңгейі және сәйкес аймақтардың өлшемдері шағылысу бетінің пішіні үшін маңыздырақ болады (7-сурет, в, г) . Бұл пайда болған қуыстың көлемі мен оның пішіні де толқынның бетінен шағылысу жағдайларына байланысты болады дегенді білдіреді. Дегенмен, тегіс емес беттің өзінде

істен шығу механизмі аз энергияны қажет етеді, өйткені ол созылу кернеуінен туындайды.

Ығысуды бұзу механизмі генератордың энергиясының жоғарылауымен, разряд ұзақтығының жоғарылауымен және арна тереңдігінің аздығымен негізгі тізбектің L, C параметрлерін және арнаның h тереңдігін өзгерту кезінде болып табылатыны анықталды.

Қорытынды

Қатты диэлектрлік материалдардағы электрлік жарылыспен жүретін толқындық процестерді модельдеу нәтижесінде мыналар анықталды:

энергияның «жылдам» кірісі бар электрлік жарылыстың негізгі зақымдаушы факторы тікелей толқында пайда болатын және толқын диэлектрик шекарасынан шағылған кезде күшейетін созылу тангенциалдық кернеулер аймағы болып табылады;

жер бетіне жақын электрлік жарылыс болған жағдайда диэлектриктердің бұзылуының екі ықтимал механизмі анықталды. Арнаға энергияны енгізудің неғұрлым энергетикалық, баяу режимі ығысу деформацияларына байланысты материалдың бұзылуын ынталандырады. Бұл жағдайда жарықтардың пайда болу механизмі шағылысу бетінің пішініне байланысты емес. Аз индуктивті генератормен арнаға энергияны аз энергетикалық, жылдам енгізу бос бетке түсетін толқынның және одан созылу толқыны ретінде шағылысқан толқынның интерференциясы нәтижесінде пайда болатын созылу тангенциалды кернеулері арқылы кавернаның пайда болуын қамтамасыз етеді. Шағылысу бетінің пішінінің беткі қабаттың кернеулі-деформацияланған күйіне әсері және бұл жағдай үшін кавернаның өлшемдері айтарлықтай.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Зерттеулер Қазақстан Республикасы ғылым және жоғары білім Министрлігі, ғылым Комитетінің қаржыландырылуымен (AP09058149 гранты. Темір-бетон бұйымдары мен қатты қалдықтардың электр разрядты бұзылуын оларды өңдеу мен кәдеге жаратудың мобильді кешенін әзірлеу үшін зерттеу) С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінде жүргізілді.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Курец, В. И., Усов, А. Ф., Цукерман, В. А.** Электроимпульсная дезинтеграция материалов. – Апатиты. Изд-во Кольского научного центра РАН. 2002. – 324 с.

2 **Блазнин, Б. С., Кожушко, А. А., Лагунов, В. А., и др.** Разрушающие факторы при воздействии на твердое тело искрового разряда. // Исследование

действия взрыва при подземной разработке месторождений. – Апатиты. 1973. – С. 166 – 171.

3 **Bluhm H, Frey W, Giese, H, Hoppe, P, Schultheis, C, Strassner, R.** Application of pulsed HV discharges to material fragmentation and recycling. IEEE Trans Dielectr Electr Insul. – 2000. 7:625–636

4 **Буркин, В. В.** Особенности взрывного воздействия при импульсном электрическом пробое прочных сред // Физика горения и взрыва. – 1985. – № 4. – С. 113–118.

4 **Буркин, В. В., Кузнецова, Н. С., Лопатин, В. В.** Волновая динамика электровзрыва в твердых диэлектриках // Журнал технической физики. – 2009. – Т. 79. – № 5. – С. 42–48.

5 **Burkin, V. V., Kuznetsova, N. S., Lopatin, V. V.** Characteristics of Electro Burst in Solids // Изв. вузов. Физика, 2006. – №10. Приложение. – С. 192–195.

6 **Burkin, V. V., Kuznetsova, N. S., Lopatin, V. V.** Dynamics of electro burst in solid dielectrics. I. Power characteristics of electroburst // Physica D: Nonlinear Phenomena, 2008.

7 **Wilkins, M. L.** Fundamental methods in hydrodynamics. V. 3 Academic Press, New York and London, 1964.

8 **Николаевский, В. Н.** Динамическая прочность и скорость разрушения // В сб. Удар, взрыв и разрушение. – М. : Мир. 1981. – С. 166–203.

8 **Семкин, Б. В., Усов А. Ф., Курец В. И.** Основы электроимпульсного разрушения материалов. – СПб. : Наука, 1995. – 276 с.

9 **Буркин, В. В., Кузнецова, Н. С., Лопатин, В. В.** Моделирование электровзрыва в твердых диэлектриках в электроразрядных технологиях // Известия ТПУ. – 2006. – №2. – С. 70–75.

REFERENCES

1 **Kures, V. İ., Usov, A. F., Sukerman, V. A.** Elektroimpülsnaia dezintegrasia materialov. [Electric pulse disintegration of materials] // Apatity. İzd-vo Kölskogo nauchnogo sentra RAN. –2002. – 324 p.

2 **Blaznin. B. S., Kojuşko. A. A., Lagunov. V. A.,** i dr. Razruşaiuşie faktory pri vozdeistvii na tverdoe telo iskrovogo razräda. [Destructive factors when a solid body is exposed to a spark discharge] // Apatity. - İssledovanie deistvia vzryva pri podzemnoi razrabotke mestorojdeni. – 1973. P. 166–171.

3 **Bluhm. H, Frey. W, Giese. H, Hoppe. P, Schultheis. C, Strassner. R.** Application of pulsed HV discharges to material fragmentation and recycling. // IEEE Trans Dielectr Electr Insul. – 2000. 7:625–636.

4**Burkin V. V.** Osobennosti vzryvnogo vozdeistvia pri impülsnom elektricheskom proboe prochnyh sred. [Features of explosive effects during pulsed electrical breakdown of durable media] // Fizika gorenia i vzryva. – 1985. – № 4. – P. 113–118.

5**Burkin. V. V., Kuznesov, N. S., Lopatin, V. V.** Volnovaia dinamika elektrovzryva v tverdyh dielektrikah. // [Jurnal tehnicheskoi fiziki]. // – 2009. – T.79. – № 5. – З. 42–48.

6 **Burkin V. V., Kuznetsova N. S., Lopatin V. V.** Characteristics of Electro Burst in Solids. // [Izv. výzov. Fızıka,] // 2006. – №10. Prılojenıe. – P. 192–195.

7 **Burkin V. V., Kuznetsova N. S., Lopatin V. V.** Dynamics of electro burst in solid dielectrics. Power characteristics of electroburst. // [Physica D: Nonlinear Phenomena]. // 2008.

8 **Wilkins, M. L.** Fundamental methods in hydrodynamics. V. 3, Academic Press, New York and London, 1964.

9 **Nikolaevski, V. N.** Dinamicheskaia prochnost i skorost razruşenia. [Dynamic strength and fracture rate] // Vsb. Udar, vzryv i razruşenie. – M.: Mir. 1981. P. 166–203.

10 **Semkin B. V., Usov, A. F., Kures, V. İ.** Osnovy elektroimpülsnogo razruşenia materialov. [Basics of electric pulse destruction of materials] // SPb.: Nauka, 1995. – 276 p.

11 **Burkin V. V., Kuznesova N. S., Lopatin V. V.** Modelirovanie elektrovzryva v tverdyh dielektrikah v elektrorazrädnyh tehnologiah. [Modeling of electric explosion in solid dielectrics in electric discharge technologies] // İzvestia TPU. – 2006. – № 2. – P. 70–75.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

**Н. С. Кузнецова[1], Е. Ж. Сарсикеев[2], А. К. Оразбекова[3], Г. О. Сулейменова[4], А. К. Сагалбаева[5]*

[1]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Российская Федерация, г. Томск;

[2,3,4]казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана.

[5]«Intek» АО Республики Казақстан, Астана қ.

*e-mail: oka-a7@mail.ru

Принято к изданию 28.11.23.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗДЕЙСТВИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ НА ТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОМ РАЗРУШЕНИИ

Электроразрядная технология разрушения железобетонных изделий является перспективной альтернативой механическим способам утилизации твердых материалов, которые имеют ряд экологических недостатков. В данной работе рассмотрена волновая динамика напряженно-деформированного состояния твердого материала при формировании канала плазменного разряда под воздействием электрического взрыва. В рамках физико-математической модели, непротиворечиво описывающей работу цепи разряда, расширения канала разряда и генерации упругопластических волн, рассмотрены различные механизмы образования отверстия в материале – малая энергоемкость, осуществляется за счет отраженных от поверхности волн и требует большая энергия, при которой трещины в слое функционируют под воздействием прямых волн сжимающих напряжений; определены наиболее эффективные условия утилизации обработанного материала. Показана связь параметров выходной цепи с напряженно-деформированным состоянием материала и характером разрушения, оценено влияние формы поверхности и параметров контура на характер возможного разрушения. Таким образом, установлено, что основным разрушающим фактором электровзрыва при «быстром» вводе энергии является область растягивающих тангенциальных напряжений. При «медленном» режиме ввода энергии разрушение происходит преимущественно за счет сдвиговых деформаций, а при быстром вводе энергии – за счет растягивающих тангенциальных напряжений. Результаты работы могут быть полезны при проектировании энергетических установок для утилизации железобетонных изделий и пород электроразрядным или комбинированным способами.

Ключевые слова: бетон, электрический взрыв, импульсный генератор, разрядный канал, волновые процессы, разрушение, деформация.

N. S. Kuznetsova[1], E. Zh. Sarsikeev[2], A. K. Orazbekova[3], G. O. Suleimenova[4], A. K. Sagalbaeva[5]
[1]National Research Tomsk Polytechnic University, Russian Federation, Tomsk.
[2,3,4]kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Republic of Kazakhstan, Astana.
[5]JSC «Intek» Republic of Kazakhstan, Astana
Accepted for publication on 28.11.23.

CHARACTERISTICS OF THE IMPACT OF SHOCK WAVES ON SOLID MATERIALS DURING ELECTRIC EXPLOSIVE FRACTURE

Electric discharge technology for the destruction of reinforced concrete products is a promising alternative to mechanical methods for recycling solid materials, which have a number of environmental disadvantages. This paper examines the wave dynamics of the stress-strain state of a solid material during the formation of a plasma discharge channel under the influence of an electric explosion. Within the framework of a physical and mathematical model that consistently describes the operation of the discharge circuit, expansion of the discharge channel and generation of elastoplastic waves, various mechanisms for the formation of holes in the material are considered – low energy intensity, carried out due to waves reflected from the surface and require high energy at which cracks in the layer function under the influence of direct waves of compressive stress; the most effective conditions for recycling the processed material have been determined. The connection between the parameters of the output circuit and the stress-strain state of the material and the nature of destruction is shown, and the influence of the surface shape and contour parameters on the nature of possible destruction is assessed. Electric discharge technology for the destruction of reinforced concrete products is a promising alternative to mechanical methods for recycling solid materials, which have a number of environmental disadvantages.

Keywords: concrete, electric explosion, pulse generator, discharge channel, wave processes, destruction, deformation.

МРНТИ 44.37.29

https://doi.org/10.48081/ZUNP4311

Н. Б. Құттыбай[1], М. А. Кусаин[2], Н. Ж. Қошқарбай[3], Ш. Б. Айтбекова[4], Б. Е. Есен[5]

[1,2,3,4,5]Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы

*e-mail: nurjigit.10.93@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ТРЕКЕРОВ

Солнечная энергетика продолжает расти в значимости и актуальности, и ее развитие играет важную роль в переходе к более устойчивой и экологически чистой энергетике. Повышение эффективности фотоэлектрических установок является одной из приоритетных задач в сфере возобновляемых источников энергии. Повышение эффективности фотоэлектрических систем на сегодняшний день осуществляется следующими методами: посредством изменения структуры солнечного элемента и применения различных механических конструкций фотоэлектрической системы. Целью исследования является изучение и оптимизация процесса преобразования солнечной энергии в электрическую энергию с использованием солнечных трекеров. В данной работе разработаны и исследованы системы слежения за Солнцем. Смоделированы и построены конструкции одноосных и двухосных солнечных трекеров. Собран электронный блок управления на основе микроконтроллера. Алгоритм работы трекеров основан на астрономических вычислениях координат движения Солнца. Экспериментально измерена мощность солнечных панелей в различных погодных условиях при использовании двухосных и одноосных систем слежения за Солнцем. В результате проведенных исследований было установлено, что солнечные трекеры производят в среднем на 13-16 % больше энергии по сравнению со стационарной установкой в зависимости от погодных условий.

Ключевые слова: солнечная энергетика, солнечный трекер, микроконтроллер, радиомодуль, мониторинг.

Введение

Рост численности населения в мире приводит к большему потреблению энергии и большим нагрузкам на энергетический сектор. Сегодня углеводородные ресурсы истощаются весьма быстрыми темпами. Кроме того, следует учесть и антропогенное воздействие путём сжигания органического топлива, которое уже привело к ухудшению экологической ситуации на нашей планеты. Учитывая вышеперечисленные проблемы, сегодня развитие экологический чистой энергетики является актуальной задачей во всем мире. Одним из наиболее перспективных вариантов развития альтернативной энергетики в промышленном, хозяйственном и частном секторе является солнечная энергетика [1].

Солнечные батареи позволяют напрямую преобразовывать солнечное излучение в электричество. Но, выпускающиеся сегодня в промышленном масштабе солнечные элементы имеют низкий КПД (в основном кремниевые). Кроме физических ограничений генерации электрической энергии солнечными элементами, обусловленных структурой и материалом самого кристалла, так же существует и проблема неэффективного использования падающих солнечных лучей вследствие других факторов [2].

На сегодняшний день существуют различные методы и технологии, повышающие эффективность работы автономных фотоэлектрических систем. Системы слежения за Солнцем являются одним из таких методов и делятся на две основные группы в зависимости от степеней свободы механизма: одноосные трекеры и двухосные трекеры. Одноосная система имеет одну степень свободы и обычно отслеживает движение солнца с востока на запад. Двухосная система следует за движением солнца с востока на запад и может изменять угол в вертикальной плоскости вслед за высотой Солнца. Оба трекера повышают эффективность при преобразовании солнечной энергии в электрическую по сравнению со стационарными фотоэлектрическими системами [3].

Методы контроля и управления для установки систем слежения за Солнцем в оптимальное положение используют датчики солнечного излучения или системы управления с микропроцессором на основе даты и местного времени [4].

Для управления системой слежения за Солнцем используются различные типы датчиков: фоторезисторы (LDR), оптические датчики света и датчики интенсивности света. В большинстве работ применяются фоторезисторы (LDR) в качестве датчиков для определения положения Солнца [5–9]. Однако такие системы управления не всегда является эффективными для систем слежения за Солнцем. На оптические датчики может воздействовать отраженный или рассеянный свет, исходящий от окружающих препятствий.

В случае изменения погодных условий такие системы потребляют дополнительную энергию при поиске Солнца. Такие системы слежения позволяют отслеживать положение Солнца только в ясный день [10–14].

Второй тип управления системами слежения за Солнцем основан на расчетах движения Земли вокруг Солнца. В различных исследованиях солнечный трекер управлялся микроконтроллерным блоком (MCU) и вспомогательными устройствами, которые включают в себя энкодер и систему глобального позиционирования (GPS), которые определяют точный угол поворота трекера и точную координату положения трекера [15]. В микропроцессор заранее программируются математические формулы для расчёта положения Солнца в любой момент времени [16]. Основное преимущество таких трекеров по сравнению с трекерами на основе фотодатчиков является его точная ориентация к Солнцу в любых погодных условиях [17].

Таким образом в данной статье разработаны и изготовлены солнечные трекеры с одной осью вращения и двумя осями вращения. Проведены эксперименты для сравнения выходных мощностей разработанных установок и стационарной солнечной панели при различных погодных условиях. Для эффективной работы солнечных трекеров в различных погодных условиях был применён трекер с временным алгоритмом работы. Были сравнены работы стационарной установки, одноосного и двухосного трекеров, произведена оценка стабильности и эффективности работы системы.

Материалы и методы

Установка состоит из трёх одинаковых солнечных панелей SAKOPOLY-60W как показано на рисунке 1 в блоке под номером 1, каждая панель установлена на металлический каркас. Первая панель установлена стационарно под оптимальным углом 45˚ к горизонту. Вторая панель установлена на механизм одноосного солнечного трекера. Третья панель установлена на механизм двухосного солнечного трекера. Конструкции исследуемого одноосного и двухосного трекеров схожи между собой. Алгоритм слежения за Солнцем основан на нахождении координаты Солнца по астрономическим расчётам. В блоке под номером 2 расположены датчики тока и напряжение, которые производят измерения тока и напряжения до преобразования; в блоке номер 3 расположены MPPT контроллер и коммерческий ШИМ контроллер; в блоке 4 находятся датчики тока и напряжения, измеряющие электрические величины на выходе контроллеров; блок 5 представляет собой аккумулятор с ёмкостью 120 Ач в качестве нагрузки фотоэлектрической системы; блок 6 – это блок управления общей системой и обработки данных, получаемых от датчиков для дальнейшей

передачи через беспроводной модуль; 7 блок является беспроводным модулем LoRa E32 для передачи данных.

Математические расчеты и электронные блоки управления солнечными трекерами приведены ниже.

Трекеры с временным алгоритмом рассчитывают траекторию движения Солнца исходя из законов движения Земли вокруг Солнца. С этой целью рассчитывается угол склонения δ (1), высота Солнца α (2), а также азимутальный угол положения Солнца β (3) [18]. Рассчитанные координаты Солнца для каждого дня в течении года записываются во внешнюю карту памяти, слот для которой находится в электронном блоке управления системы.

$$\delta = sin^{-1}\left(sin(23.45^{o})\, sin\left(\frac{360}{365}(d-81)\right)\right) \quad (1)$$

$$\alpha = sin^{-1}\left(sin(\delta)\, sin(\phi) + cos(\delta)\, cos(\phi)\, cos\left(15^{o}(LST-12)\right)\right) \quad (2)$$

$$\gamma = sin^{-1}\left(\frac{sin(\delta)\, sin(\phi) + cos(\delta)\, cos(\phi)\, cos\left(15^{o}(LST-12)\right)}{cos(\alpha)}\right) \quad (3)$$

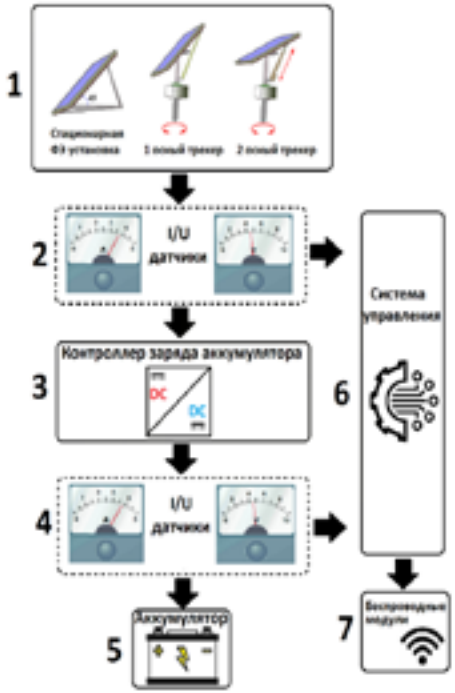


Рисунок 1 – Общая блок схема фотоэлектрической установки

На рисунке 2 показан электронный блок управления солнечного трекера. Обе системы работают схожим образом. Различие между трекерами заключается в добавлении датчика наклона панели в вертикальной плоскости и второго мотора для ориентации панели в вертикальной плоскости. Все компоненты питаются от аккумулятора с номинальным напряжением 12 В (Bat 12V). Датчики и микроконтроллер подключены к источнику питания через стабилизатор напряжения на 5 В (VR 7805). Внешний накопитель (SD card) данных подключен через стабилизатор напряжения на 3,3 В (AMS1117). Система определяет дату и время с помощью установленных часов реального времени (DS1307). Вращение механизмов трекера в горизонтальной плоскости осуществляется с помощью мотора постоянного тока (M1), вращение панели в вертикальной плоскости осуществляется с помощью линейного актуатора с выдвижным штоком M2 (используется в двухосном трекере). Оба мотора работают через драйвер (L298N). Угол поворота панели по азимуту определяется с помощью энкодера (E). Для

двухосного трекера угол наклона панели определяется с помощью гироскопа (GY-521). Система использует два датчика напряжения, с разрешением до 20 В, выполненные на основе делителей напряжения R4, R5 и R11, R12. Так же используются два датчика тока ACS712 с разрешением до 20 А (ACS712). Одна пара датчиков тока и напряжения подключена к выходу солнечной панели, другая пара датчиков тока и напряжения подключена к выходу MPPT/ШИМ контроллеров. Измеренные значения отправляются к диспетчеру через беспроводной модуль (LoRa E32-1W).

Теперь рассмотрим алгоритм работы систем слежения за Солнцем. На рисунке 3 показана блок-схема алгоритма работы системы слежения за Солнцем. Система является автономной.

После включения системы микроконтроллер обращается к датчику реального времени DS1307 для определения точной даты (d) и времени (t). Далее обращается к SD card для того, чтобы найти соответствующее расписание углов поворота мотора. В случае если во время включения Солнца нет, то система остается в начальном положении, если время восхода прошло, то по времени определяется азимутальный угол Солнца (β) и производится поворот трекера к нужному углу. Одновременно с мотором постоянного тока включается и цифровой компас для измерения азимутального угла трекера. Поворот трекера производится до тех пор, пока цифровой компас не показывает нужный угол. После установки в нужное положение, система измеряет ток (I1) и напряжение (U1) от солнечной панели, выходной ток (I2) и напряжение (U2) от контроллера заряда аккумулятора. Микроконтроллер эти данные отправляет в диспетчерский центр через беспроводной модуль LoRa E32-1W. Затем система уходит в спящий режим на 15 мин. Рабочий цикл повторяется до тех пор, пока микроконтроллер не определит заход Солнца. Если Солнце зашло, то система определяет угол восхода Солнца на следующий день и устанавливает трекер в начальное положение. Для двухосного трекера производятся аналогичные запросы высоты Солнца α, измерение угла наклона производится с помощью гироскопа.

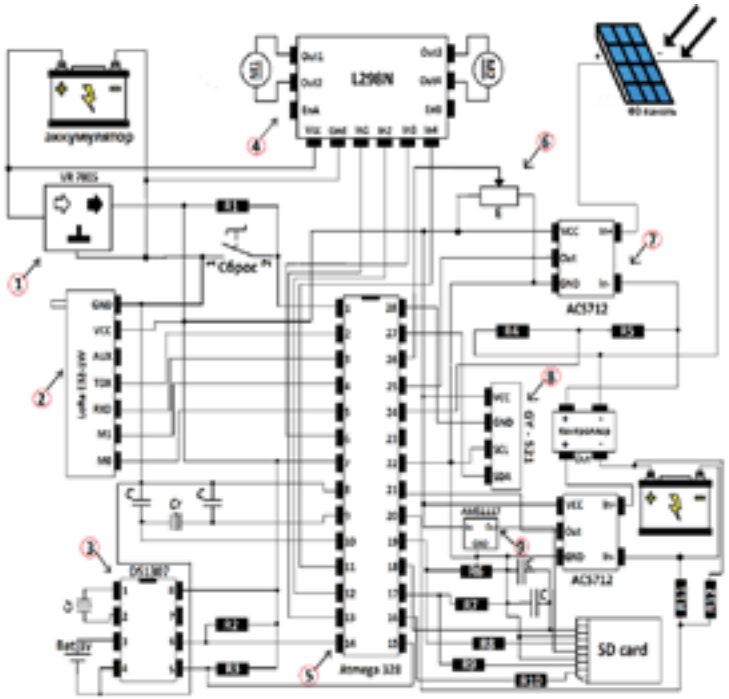


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема блока управления солнечного трекера (1 – стабилизатор напряжения на 5 В VR 7805; 2 – беспроводной модуль LoRa E32-1W; 3 – часы реального времени DS1307; 4 – драйвер L298N; 5 – микроконтроллер Atmega328); 6 – энкодер E; 7 – датчик тока ACS712; 8 - гироскопа GY-521)

Результаты и обсуждение

Экспериментальные работы проводились на территории КазНУ им. аль-Фараби, Алматы. Целью исследования было сравнение эффективности работы разработанных солнечных трекеров в различных погодных условиях. На рисунке 4 показано исследуемая экспериментальная установка. Здесь: 1 – стационарная фотоэлектрическая установка, 2 – двухосный трекер, 3 – одноосный трекер, 4 – электронный блок управления и аккумуляторные батареи подключенные к выходу контроллеров заряда батареи в качестве нагрузки.

Рисунок 3 – Алгоритм работы солнечных трекеров на основе астрономической времени

Экспериментальные работы проведены в ясные дни и при переменной облачности. 28 сентября была солнечная погода с небольшой дымкой, 29 сентября была переменная облачность. На рисунке 5 показаны графики выходных мощностей стационарной солнечной панели с одноосным трекером (рисунок 5а) и двухосным трекером (рисунок 5б), также одноосного и двухосного трекера (рисунок 5в).

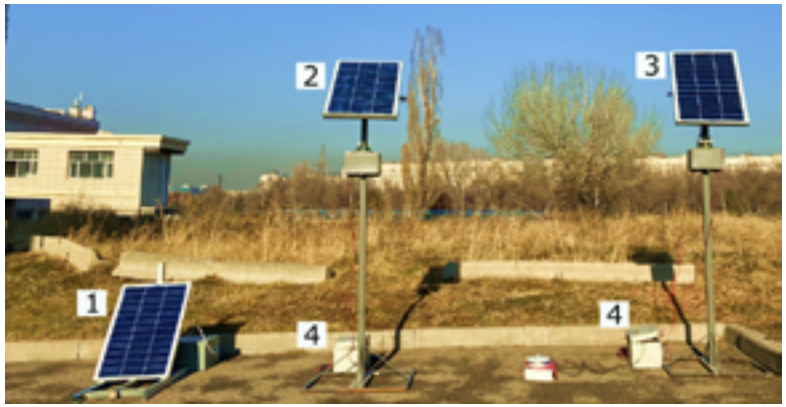


Рисунок 4 – Экспериментальная установка

Рисунок 5 – Сравнение выходной мощности стационарной солнечной панели с одноосным трекером (а) и двухосным трекером (б), также трекеров между собой (в)

Выходная средняя мощность одноосного трекера на 13 % (28.09) и 12 % (29.09) больше, чем у стационарной системы. Выходная мощность двухосного трекера на 16 % (28.09) и 15 % (29.09) больше, чем у стационарной системы. По сравнительным данным, одноосного и двухосного трекера, было определено, что вторая система на 3% (28.09) и 4 % (29.09) производит больше энергии (рисунок 6).

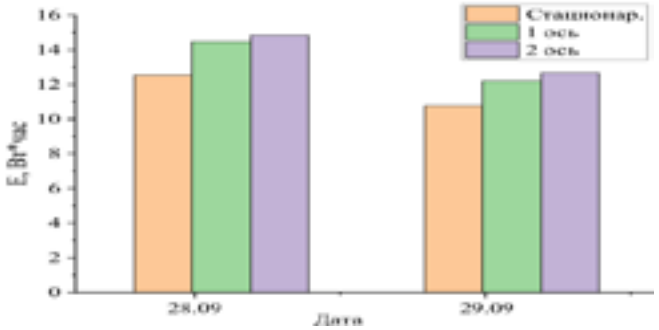


Рисунок 6 – Сравнительная диаграмма произведение энергий фотоэлектрических установок

В данной статье сконструированы фотоэлектрические установки со стационарным, одноосным и двухосным механизмом. Собраны электронные блоки управления систем слежения за Солнцем. Разработан алгоритм работы трекеров на основе управления по времени. Произведено сравнение стационарной солнечной панели, одноосного трекера и двухосного трекера в различных погодных условиях. В результате экспериментальных работ было выявлено, что одноосные и двухосные трекеры производят энергию соответственно на 13 % и 16 % больше по сравнению со стационарной фотоэлектрической установкой. Производительность двухосного солнечного трекера больше на 4 % по сравнению с одноосным. В солнечных, ясных погодных условиях эти сравнительные показания могут увеличиться намного больше. Исследуемые фотоэлектрические системы могут применяться в различных сферах нуждающихся в электрической энергии.

REFERENCES

1 **Islam M. T. et al.** A comprehensive review of state-of-the-art concentrating solar power (CSP) technologies: Current status and research trends //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Vol. 91. – P. 987-1018. – https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.097

2 **Ocłoń P. et al.** Modeling and experimental validation and thermal performance assessment of a sun-tracked and cooled PVT system under low solar irradiation //Energy Conversion and Management. – 2020. – Vol. 222. – P. 113289. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113289

3 **Singh, R. et al.** An imperative role of sun trackers in photovoltaic technology: A review //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Vol. 82. – P. 3263–3278. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.018

4 **Nadia A. L. R., Isa N. A. M., Desa M. K. M.** Advances in solar photovoltaic tracking systems: A review // Renewable and sustainable energy reviews. – 2018. – Vol. 82. – P. 2548–2569. – https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.077

5 **Al-Mohamad, A.** Efficiency improvements of photo-voltaic panels using a Sun-tracking system // Applied Energy. – 2004. – Vol. 79. – №. 3. – P. 345-354. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2003.12.004

6 **Sefa I., Demirtas M., Çolak I.** Application of one-axis sun tracking system //Energy conversion and Management. – 2009. –Vol. 50. – № 11. – P. 2709–2718. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.06.018

7 **Chin, C. S., Babu A., McBride, W.** Design, modeling and testing of a standalone single axis active solar tracker using MATLAB/Simulink // Renewable Energy. – 2011. – Vol. 36. – №. 11. – P. 3075–3090. – https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.026.

8 **Barsoum, N. et al.** Fabrication of dual-axis solar tracking controller project //Intelligent Control and Automation. – 2011. – Vol. 2. – № 02. – P. 57. doi:10.4236/ica.2011.22007

9 **Hoffmann, F. M. et al.** Monthly profile analysis based on a two-axis solar tracker proposal for photovoltaic panels //Renewable energy. – 2018. – T. 115. – P. 750–759. https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.08.079

10 **Ahmed, R. et al.** Computer vision and photosensor based hybrid control strategy for a two-axis solar tracker-Daylighting application // Solar Energy. – 2021. – Vol. 224. – P. 175–183. https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.05.077

11 **Tudorache, T., Kreindler L.** Design of a solar tracker system for PV power plants //Acta Polytechnica Hungarica. – 2010. –Vol. 7. – №. 1. – P. 23–39.

12 **Pattanasethanon, S.** The solar tracking system by using digital solar position sensor //Am. J. Eng. Applied Sci. – 2010. – Vol. 3. – P. 678–682.

13 **Ghassoul, M. A** dual solar tracking system based on a light to frequency converter using a microcontroller //Fuel Communications. – 2021. – Vol. 6. – P. 100007. https://doi.org/10.1016/j.jfueco.2020.100007

14 **Ghassoul, M.** Single axis automatic tracking system based on PILOT scheme to control the solar panel to optimize solar energy extraction //Energy Reports. – 2018. – Vol. 4. – P. 520–527. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2018.07.001

15 **Gregor, R.** et al. Biaxial solar tracking system based on the MPPT approach integrating ICTs for photovoltaic applications //International Journal of Photoenergy. – 2015. – Vol. 2015. https://doi.org/10.1155/2015/202986

16 **Huang, B. J., Ding, W. L., Huang, Y. C.** Long-term field test of solar PV power generation using one-axis 3-position sun tracker //Solar energy. – 2011. – Vol. 85. – №. 9. – P. 1935–1944. https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.05.001

17 **Şenpinar, A., Cebeci, M.** Evaluation of power output for fixed and two-axis tracking PVarrays //Applied Energy. – 2012. – Vol. 92. – P. 677–685. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.07.043

18 **Kuttybay N. et al.** Optimized single-axis schedule solar tracker in different weather conditions //Energies. – 2020. – Vol. 13. – №. 19. – P. 5226. https://doi.org/10.3390/en13195226

Принято к изданию 28.11.23.

Н. Б. Құттыбай[1], М. А. Кусаин[2], Н. Ж. Қошқарбай[3], Ш. Б. Айтбекова[4], Б. Е. Есен[5]
[1,2,3,4,5]Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

КҮН ТРЕКЕРЛЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ФОТОЭЛЕКТРЛІК ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Күн энергиясының маңыздылығы мен өзектілігі артып келеді және оның дамуы тұрақты және таза энергияға көшуде маңызды рөл атқарады. Фотоэлектрлік қондырғылардың тиімділігін арттыру жаңартылатын энергия көздері саласындағы басым бағыттардың бірі болып табылады. Фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігін арттыру бүгінгі күні келесі әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылады: өндірілген күн батареясының құрылымын өзгерту және фотоэлектрлік жүйенің әртүрлі механикалық құрылымдарын қолдану арқылы. Зерттеудің мақсаты – күн трекерлерінің көмегімен күн энергиясын электр энергиясына түрлендіру процесін зерттеу және оңтайландыру. Бұл жұмыста күнді бақылау жүйелері жасалып, зерттелді. Бір осьті және екі осьті күн трекерлерінің конструкциялары үлгіленді және салынды. Микроконтроллерге негізделген электронды басқару блогы құрастырылды. Трекерлердің жұмыс алгоритмі Күн қозғалысының координаталарының астрономиялық есептеулеріне негізделген. Тәжірибе жұмыстары әртүрлі ауа райы жағдайында, ашық және бұлтты күндері жүргізілді. Күн батареяларының өндірілген электрлік сипаттамалары есептелді, ал алынған мәліметтер негізінде графикалық көрсеткіштер құрастырылды. Салыстырмалы зерттеулер нәтижесінде күн трекерлері ауа райы жағдайына байланысты стационарлық қондырғымен салыстырғанда орташа есеппен 13–16 % көп энергия өндіретіні анықталды.

Кілтті сөздер: күн энергиясы, күн трекері, микроконтроллер, радиомодуль, мониторинг.

**N. B. Kuttybay[1], M. A. Kussain[2], N. J. Koshkarbay[3], Sh. B. Aitbekova[4], B. Ye. Yessen[5]*
[1,2,3,4,5]Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty.
Accepted for publication on 28.11.23

IMPROVING THE EFFICIENCY OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS USING SOLAR TRACKERS

Solar energy continues to grow in importance and relevance, and its development plays a significant role in the transition to more sustainable and clean energy. Increasing the efficiency of photovoltaic systems is one

of the priorities in the field of renewable energy sources. Increasing the efficiency of photovoltaic systems today is carried out using methods: changing the structure of the manufactured solar cell and using various mechanical structures of the photovoltaic system. The purpose of the study is to study and optimize the process of converting solar energy into electrical energy using solar trackers. In this work, solar tracking systems have been developed and studied. The designs of single-axis and dual-axis solar trackers were modeled and built. An electronic control unit based on a microcontroller has been assembled. The trackers' operating algorithm is based on astronomical calculations of the coordinates of the Sun's movement. Experimental work was carried out in various weather conditions, on clear and cloudy days. The electrical characteristics of solar panels were calculated, and graphs were constructed based on the data obtained. As a result of comparative studies, it was determined that solar trackers produce on average 13–16 % more energy compared to a stationary system, depending on weather conditions.

Keywords: solar energy, solar tracker, microcontroller, radio module, monitoring.

ҒТАМР 44.31.31

https://doi.org/10.48081/WOTP6032

***М. Маулет[1], В. Велеба[2], Б. К. Рахадилов[3], Ж. Б.Сагдолдина[4], Н. С. Райсов[5]**

[1,2,3,4,5]С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ;
[2]Вроцлав техникалық университеті, Польша, Вроцлав қ;
[3]«PlasmaScience» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.
*e-mail: maulet_meruert@mail.ru

12Х1МФ ЫСТЫҚҚА ТӨЗІМДІ ҚАЗАНДЫҚ БОЛАТЫНЫҢ БЕТІНЕ АЛЫНҒАН NI-CR-AL НЕГІЗІНДЕГІ ЫСТЫҚҚА ТӨЗІМДІ ЖАБЫНДАРЫНЫНЫҢ ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Бұл мақалада детонациялық бүрку әдісімен 12Х1МФ ыстыққа төзімді қазандық болатының бетіне алынған Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті және градиентті жабындарының жоғары температуралық тотығу қасиеттері зерттелді. Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті және градиентті жабындарының жоғары температуралық тотығуға төзімділігін бағалау үшін 1000 ^{0}С температура да циклдік сынақтар жүргізілді. Жоғары температуралық тотығу қабілетін бағалау әр циклден кейін үлгілер массасының өсуін өлшеу арқылы жүргізілді. Сонымен қатар жабындардың жоғары температуралық тотығуға дейінгі кеуектілігі өлшеніп, тотығудан кейін рентген құрылымдық фазалық талдау (XRD) жүргізілді. Визуалдық талдау нәтижелері бойынша Ni-Cr-Al біртекті және градиентті жабындары бар үлгілердің беті жабынсыз 12Х1МФ қазандық болаты үлгісімен салыстырғанда зақымдалмағанын көрсетті. Жабынсыз 12Х1МФ болаты үшін тотығу және массаның ұлғаю процесі үздіксіз жүреді, салмақтың өсуі барлық сыналған үлгілердің ішіндегі ең жоғарысы болып табылады Рентген фазалық талдауы нәтижесінде циклдік жоғары температуралық тотығудан кейін жабындардың бетінде Cr_2O_3 және Al_2O_3 сияқты қорғаныш оксидтерінің түзілгенін көрсетті. Сонымен қатар Ni-Cr-Al негізіндегі градиентті жабынындағы Al_2O_3 фазасының шыңдары Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті жабынымен

салыстырғанда айқынырақ және қарқынды, бұл өз кезегінде градиентті жабынның тотығуға төзімділігін арттыруға ықпал етеді.

Кілтті сөздер: жоғары температуралы тотығу, 12Х1МФ қазандық болаты, градиентті жабын, Ni-Cr-Al жабыны, детонациялық бүрку.

Кіріспе

Жылу электр станцияларында ұшпа күл мен жанбаған көміртегі бөлшектерінің әсерінен болатын жоғары температураның тотығуы және эрозия сияқты күрделі мәселелер туындайды. Бұл процестер бу қазандығының құрамдас бөліктеріне зақым келтіруі мүмкін, демек, бу қазандықтарының ішіндегі зақымдалған құбырлар мен басқа элементтерді ауыстыруды қоса алғанда, техникалық қызмет көрсету шығындарының артуы да мүмкін. Осыған байланысты жылу қазандықтарының компоненттерінің тозуын және жоғары температуралы тотығуын болдырмайтын арнайы қорғаныс жабындарын жасау осы сала үшін техникалық және экономикалық тұрғыдан маңызды болып табылады. Бұл қорғаныс жабындары компоненттердің қызмет ету мерзімін ұзартуға, техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтуға және жылу электр станцияларының тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді [1–2].

NiCrAl жабындары жоғары температурада, тотығуда және ыстық коррозияда жұмыс істейтін компоненттерді қорғайтын термиялық тосқауыл жабындары (ТВС) ретінде кеңінен қолданылады [3]. Әдетте ТВС жабындарында алюминийдің мөлшері шектеулі және оның жеткіліксіз мөлшері NiCrAl жабындарының сапасының нашарлауының негізгі себебі болып табылады. Жоғары температуралы коррозияның бастапқы кезеңдерінде Al_2O3 және Cr_2O_3 оксидтерінің түзілуі, сондай-ақ сынақ процесінде аралас Cr_2O_3–Al_2O_3 оксидінің түзілуі жабындардың жоғары температуралы коррозияға және тотығуға төзімділігін арттыратыны байқалды [4–5]. Соңғы кездері градиент құрылымы бар NiCrAl жабындарына баса назар аударылды [6-8].

Біздің алдыңғы жұмысымызда [9] детонациялық бүрку әдісі арқылы Ni-Cr-Al негізіндегі градиентті жабынды алу әдісі ұсынылды. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты детонациялық бүрку әдісімен 12Х1МФ қазандық болатының бетіне алынған Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті және градиентті термиялық төзімді жабындардың жоғары температуралық қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Материалдар мен әдістері

Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті және градиентті жабындарды алу үшін субстрат ретінде 12Х1МФ төмен легирленген ыстыққа төзімді қазандық

болаты таңдалды. Болаттың химиялық құрамы МЕМСТ 20072 сәйкес 1-кестеде келтірілген. Үлгілер 15х15х3мм өлшемде кесілді. Субстрат беттері біркелкі және тегіс бетке жету үшін MIRKA тегістеу қағазын пайдаланып барлық алты жағынан тегістеліп, алты жағынан құммен өңделді.

Кесте 1 – 12Х1МФ болатының химиялық құрамы.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	V	Cu
0.1–0.15	0.17–0.37	0.4–0.7	to 0.3	to 0.025	to 0.03	0.9–1.2	0.25–0.35	0.15–0.3	to 0.2

Жабын алу үшін Ni-Cr-Al композиттік ұнтағы 80 мас. % NiCr ұнтағы (Ni_2^0Cr80) және 20 мас. % Al (тазалығы 99,99 %) қатынасында дайындалды. Ұнтақ қоспасын алдын ала белсендіру үшін PULVERISETTE23 планеталық шар диірмені пайдаланылды. Механикалық белсендіру уақыты 30 Гц жиілікте 2 сағатты құрады.

Жабын CCDS2000 детонациялық қондырғысында алынды [10-11]. Жарылғыш газ ретінде O2/C2H2 = 1,856 оттегі-ацетилен қоспалары қолданылды. Оқпан көлемін жарылғыш газбен 50 % толтырып Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті жабыны алынды. Ал Ni-Cr-Al негізіндегі градиентті жабын оқпанды жарылғыш газбен толтыру көлемін 50 %–дан 25 %–ға дейін біртіндеп азайту арқылы алынды. Ni-Cr-Al негізіндегі градиентті жабынын алу әдісі біздің бұрын жарияланған жұмысымызда егжей-тегжейлі сипатталған [9]. Ni-Cr-Al біркелкі және градиентті жабындары субстраттың барлық алты жағына жағылды. 2-кестеде Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті және градиентті жабындарды алу режимдері берілген [12].

Кесте 1 – Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті және градиентті жабындарын алу режимдері [12]

Аты	O_2/C_2H_2	Оқпан толтыру көлемі, %	Бүрку қашықтығы, мм	Ату саны
Ni-Cr-Al біртекті жабыны	1.856	50%	250	20
Ni-Cr-Al градиентті жабыны	1.856	50%	250	5
		40%		5
		30%		5
		25%		5

Үш түрі үлгі жоғары температуралы циклдік тотығу сыналды: жабынсыз 12Х1МФ ыстыққа төзімді қазандық болаты және Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті және градиентті жабындары алынған 12Х1МФ ыстыққа төзімді қазандық болаты. Циклдік жоғары температуралық тотығу сынағы атмосфералық

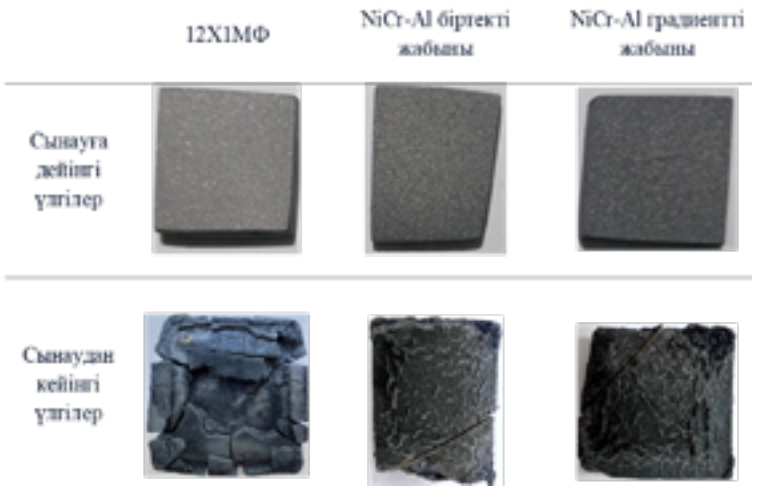
қысым кезінде статикалық ауада 1000 °С температурада жүргізілді. Үш үлгі бір уақытта сыналды. Үлгілер 2500 °С-қа дейін температураға шыдайтын ыстыққа төзімді тигельге орналастырылды. Сынақ керамикалық камерасы бар SNOL 7.2/1100 муфель пешінде жүргізілді. Сынақтарды бастамас бұрын үлгілер суретке түсіріліп, салмағы өлшенді. Әр сағат сайын үлгілер ауада 20 минут салқындатылып, салмағы өлшенді (1 цикл). Бұл цикл 25 рет қайталанды. Үлгілердің массасының өсуін өлшеу арқылы олардың жоғары температуралық тотығу қабілеті бағаланды.

Жоғары температуралы тотығуға сынағаннан кейін жабын бетінде қалыптасқан фазаларды анықтау үшін X›PertPRO дифрактометрін қолдана отырып рентген құрылымдық фазалық талдау (XRD) жүргізілді. Жабындардағы кеуектілік арнайы Altami Studio 1.5 бағдарламасын қолдана отырып, РЭМ суреттерінде анықталды.

Нәтижелер және талқылау

Жоғары температуралы циклдік тотығу сынағы алдында жабындардың кеуектілігі өлшенді. Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті және градиентті жабындарының кеуектілігі шамамен 1 % құрады. Bala N. және т.б. жұмысында жабын кеуектілегінің 1-ден 3,5 %-ға дейінгі диапазонда болуы тотығуға төзімділікке оң әсер етеді деп хабарлайды [13].

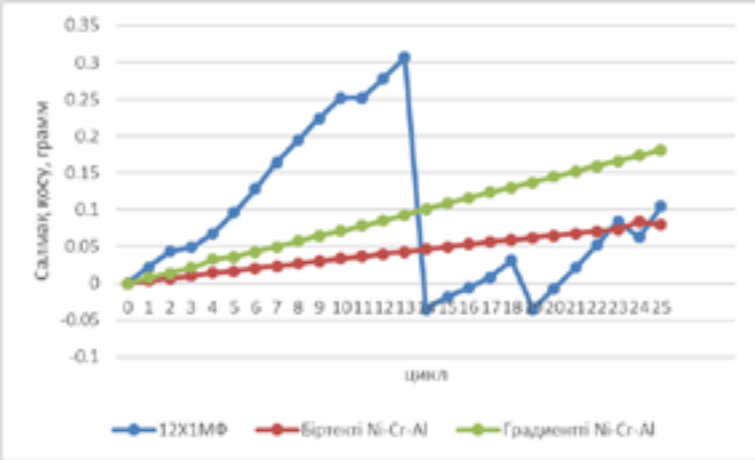
1-суретте жоғары температуралы циклдік тотығу сынағына дейінгі және 25 циклдік сынақтан кейінгі үлгілер көрсетілген. Сынаққа дейін Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті жабынының беті тегіс сұр түсті, ал градиентті жабынының беті қара сұр түсті болды. Жоғары температуралы 25 циклдік тотығу сынағынан кейін жабынсыз 12Х1МФ ыстыққа төзімді қазандық болаты шеттерінде қара дақтар пайда болып, зақымданып, жарыла бастады. Ал Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті және градиентті жабынды үлгілер зақымға ұшырамаған және шеттерінде оксидтер түзіле бастады.



Сурет 1 – Жоғары температуралы циклдік тотығу сынағына дейінгі және 25 циклдік сынақтан кейінгі үлгілер

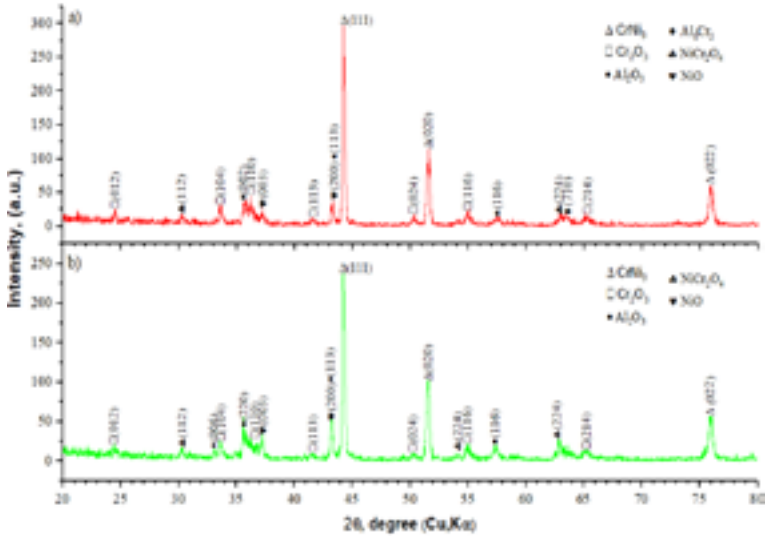
2-суретте жоғары температуралы циклдік тотығуға сынақтар жүргізу нәтижесінде жабынсыз 12Х1МФ, сондай-ақ Ni-Cr-Al жабыны бар үлгілердің массасының өзгеруі көрсетілген. Жабынсыз 12Х1МФ болаты үшін тотығу және массаның ұлғаю процесі үздіксіз жүреді, салмақтың өсуі барлық сыналған үлгілердің ішіндегі ең жоғарысы болып табылады. Үлгінің шеттері мен бұрыштарында шытынаулар байқалды, ал 14-ші, 18-ші, 24-ші циклдарда үлгі қабыршақтана бастады. Осылайша, 2-суреттен 12Х1МФ болатының массасының бір бөлігін жоғалтқанын көруге болады. Ni-Cr-Al біртекті және градиентті жабындары бар үлгілер 2-ші циклден кейін массаның шамалы өсуін көрсетті және бұл өсім 25-ші цикл аяқталғанға дейін жалғасты. Ni-Cr-Al біртекті жабыны бар үлгі Ni-Cr-Al градиентті жабынды үлгіге қарағанда массаның аз өсуін көрсетті. Мұны келесідей түсіндіруге болады: Ni-Cr-Al біртекті және градиентті жабынды үлгілердің бетінде пайда болған Al_2O_3 пленкасы одан әрі тотығуды болдырмау және массаның өсуін азайту үшін жеткілікті тұрақты болды. Алайда, Ni-Cr-Al біртекті жабынының бетіндегі алюминий мөлшері азайып, $NiCr_2O_4$, NiO сияқты жеңіл оксидтердің пайда болуына әкелді. Ni-Cr-Al градиентті жабындары бар үлгілердің бетінде алюминий оксиді де, жеңіл аралас Cr_2O_3, $NiCr_2O_4$, NiO оксидтері де пайда болды. Бұл рентгендік фазалық талдаумен расталады (3-сурет). Визуалдық бақылауда да градиентті жабынының бетінде көбірек оксидтер пайда

болғанын көрсетеді (1-сурет). Осылайша, Ni-Cr-Al біркелкі және градиентті жабындары бар үлгілердегі массаның өсуі әртүрлі болды.



Сурет 2 – Жоғары температуралы циклдік тотығу сынағында үлгілер массасының өзгерісі

NiCr-Al негізіндегі жабындардың жоғары температуралы циклдік тотығуын жүргізгеннен кейін рентгендік фазалық талдау нәтижелері 3-суретте көрсетілген. Нәтижелер бойынша Ni-Cr-Al біртекті жабынының бетінде $CrNi_3$, $Cr2O_3$, $Al2O_3$, Al_8Cr_5, $NiCr_2O_4$, NiO фазалары, ал Ni-Cr-Al градиент жабындарының бетінде Al8Cr5 фазасынан басқа жоғарыдағы фазалардың пайда болғанын көрсетеді. Жабын бетіндегі Al2O3 түзілуі бетке жақын алюминий мен оттегінің өзара әрекеттесуіне байланысты болуы мүмкін. Басқа оксидті қосылыстар келесідей түзіледі: Al2O3 түзілуі тотығудың белгілі бір кезеңінде баяулайды, нәтижесінде бетінде Cr2O3 және NiO айтарлықтай мөлшері пайда болады. Осылайша, Al_2O_3 (немесе Cr_2O_3) және NiO оксидтері арасындағы қатты фазалық реакциялардың арқасында $NiCr_2O_4$ шпинелі пайда болады [14]. Сондай-ақ, рентгендік фазалық талдау нәтижелері Ni-Cr-Al градиентті жабындарындағы Al_2O_3 шыңдары біртекті Ni-Cr-Al жабындарымен салыстырғанда айқынырақ және қарқынды екенін көрсетті.



Сурет 3 – Жоғары температуралы циклдік тотығуды жүргізгеннен кейін рентгендік фазалық талдау нәтижелері: a) Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті жабын, b) Ni-Cr-Al негізіндегі градиентті жабын.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің ғылыми зерттеулерін гранттық қаржыландыру шеңберінде орындалды № AP13068364.

Қорытынды

Детонациялық бүрку әдісімен 12Х1МФ ыстыққа төзімді қазандық болатының бетіне алынған Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті және градиентті жабындарының жоғары температуралық тотығу қасиеттері зерттеу нәтижелері бойынша келесідей тұжырымға келдік:

Визуалдық талдау нәтижелері бойынша Ni-Cr-Al біртекті және градиентті жабындары бар үлгілердің беті жабынсыз 12Х1МФ қазандық болаты үлгісімен салыстырғанда зақымдалмағанын көрсетті;

Рентген фазалық талдау нәтижелері нәтижесінде циклдік жоғары температуралық тотығудан кейін жабындардың бетінде Cr_2O_3 және Al_2O_3 сияқты қорғаныш оксидтерінің түзілгенін көрсетті. Сонымен қатар Ni-Cr-Al негізіндегі градиентті жабынындағы Al_2O_3 фазасының шыңдары Ni-Cr-Al негізіндегі біртекті жабынымен салыстырғанда айқынырақ және қарқынды, бұл өз кезегінде градиентті жабынның тотығуға төзімділігін арттыруға ықпал етеді;

Жабынсыз 12Х1МФ болаты үшін тотығу және массаның ұлғаю процесі үздіксіз жүреді, салмақтың өсуі барлық сыналған үлгілердің ішіндегі ең жоғарысы болып табылады;

12Х1МФ қазандық болатының тозуын және жоғары температуралы тотығуын болдырмайтын арнайы қорғаныс жабындарын алу оның қызмет ету мерзімін ұзартуға, техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтуға және қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Sukhjinder, S., Khushdeep, G., Rakesh, B.** A review on protection of boiler tube steels with thermal spray coatings from hot corrosion [Text] // Mater. Today: Proc. – Vol. 56. – 2022, – P. 379–383. – https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.219.

2 **Kumar, S., Kumar, M., Handa, A.** Combating hot corrosion of boiler tubes –A study [Text] // Eng. Fail. Anal. – Vol.94. – 2018, – P. 379– 395. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2018.08.004.

3 **Ghadami, F. Sabour Rouh Aghdam, A., Ghadami, S.** Microstructural characteristics and oxidationvehavior of the modified MCrAlX coatings: A critical review [Text] // Vacuum. – Vol. 185. – 2021. – P. 109980. – https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2020.109980.

4 **Mohammadi, M., Jahromi, S.A.J., Javadpour, S., Kobayashi, A., Shirvani, K.** Hot corrosion and microstructural change of Al–gradient CoNiCrAlYSi coatings, produced by LVPS and diffusional processes [Text] // Oxid. Met. – Vol. 78. – 2012. – P. 17– 30. – http://dx.doi.org/10.1007/s11085–012– 9288 – 4.

5 **Mohammadi, M., Jahromi, S.A.J., Javadpour, S., Kobayashi, A.** Cyclic oxidation and hot corrosion behaviors of gradient CoNiCrAlYSi coatings, produced by HVOF and diffusional processes [Text] // Oxid. Met. – Vol. 86. – 2016. – P. 221–238. – https://link.springer.com/article/10.1007/s11085– 016– 9633– 0.

6 **Guo, M.H., Wang, Q. M., Gong, J., Sun, C., Wen, L. S.** Preparation and oxidation of a gradient NiCoCrAlYSiB coating deposited by a combined system of arc ion plating and magnetron sputing [Text] // Surf. Coat. Technol. – Vol.201. – 2006. – P. 1302–1308. – https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2006.01.063.

7 **Liu, X., Huang, L., Bao, Z.B., Sun, X.F., Guan, H.R., Hu, Z.Q.** Preparation and cyclic oxidation of gradient NiCrAlRe coatings on Ni– based superalloys [Text] // Surf. Coat.Technol. – Vol.202. – 2008. – P. 4709– 4713. – https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2008.04.049.

8 **Bao, Z.B., Wang, Q.M., Li, W.Z., Liu, X., Gong, J., Xiong, T.Y., Sun, C.** Preparation and hot corrosion behaviour of an Al – gradient NiCoCrAlYSiB coating on a Ni– base superalloy [Text] // Corros. Sci. – Vol. 51. – 2009. – P. 860– 867 https://doi.org/10.1016/j.corsci.2009.01.003.

9 **Rakhadilov, B., Maulet, M., Abilov, M., Sagdoldina, Zh., Kozhanova, R.** Structure and tribological properties of Ni – Cr – Al based gradient coating prepared by detonation spraying [Text] // Coatings – Vol. 11. – 2021. – P. 218. – https://doi.org/10.3390/coatings11020218.

10 **Ulianitsky, V. Y., Dudina, D. V., Shtertser, A., Smurov, I.** Computer–controlled detonation spraying: Flexible control of the coating chemistry and microstructure [Text] // Metals – Vol. 12. – 2019. – P. 1244. – https://doi.org/10.3390/met9121244.

11 **Maulet, M., Rakhadilov, B.K., Sagdoldina, Z.B., Kassymov, A.B., Kakimzhanov, D.N.** Influence of the detonation – spraying mode on the phase composition and properties of Ni – Cr coatings [Text] // Eurasian J. Phys. Funct. Mater. – Vol.4. – 2020. – P. 184– 189. – https://doi.org/10.29317/ejpfm.2020040307.

12 **Rakhadilov, B.K., Maulet, M., Kakimzhanov, D.N., Stepanova, O.A., Botabaeva, G.B.** Comparative study of the structure and properties of homogeneous and gradient Ni – Cr – Al coatings [Text] // Eurasian J. Phys. Funct. Mater. – Vol.6(1). – 2022. – P. 47– 55. – https://doi.org/10.32523/ejpfm.2022060105.

13 **Bala, N., Singh, H., Prakash, S.** An overview of characterizations and high temperature behaviour of thermal spray NiCr coatings [Text] // Int. j. mater. sci. – Vol. 2(3). – 2007. – P. 201–218.

14 **W.R. Chen, X. Wu, B.R. Marple, D.R. Nagy, P.C.** Patnaik / TGO growth behaviour in TBCs with APS and HVOF bond coats [Text] // Surface and Coatings Technology. – Vol.202. – 2008 – P. 2677–2683. – https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2007.09.042.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

М. Маулет[1], В. Велеба[2], Б. К. Рахадилов[3], Ж. Б. Сагдолдина[4], Н. С. Райсов[5]

[1]Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск;

[2]Вроцлавский технический университет, Польша, г. Вроцлав;

[3]«PlasmaScience», Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск.

Принято к изданию 28.11.23.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА ТЕРМОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ Ni-Cr-Al, ПОЛУЧЕННЫХ НА ПОВЕРХНОСТИ ЖАРОПРОЧНОЙ КОТЕЛЬНОЙ СТАЛИ 12Х1МФ

В данной статье исследованы высокотемпературные окислительные свойства гомогенных и градиентных покрытий на основе Ni-Cr-Al, полученных методом детонационного напыления на поверхность термостойкой котельной стали 12Х1МФ. Для оценки устойчивости к высокотемпературному окислению гомогенных и градиентных покрытий на основе Ni-Cr-Al также были проведены циклические испытания температуры 10000С. Высокотемпературная окислительная способность оценивалась через измерение увеличения массы образцов после каждого цикла. Кроме того, была измерена пористость покрытий до высокотемпературного окисления, а после окисления был проведен рентгеновский структурно-фазовый анализ (XRD). По результатам визуального анализа Ni-Cr-Al показала, что поверхность образцов с однородными и градиентными покрытиями не повреждена по сравнению с образцом котельной стали 12Х1МФ без покрытия. Для стали 12Х1МФ без покрытия процесс окисления и увеличения массы происходит непрерывно, увеличение веса является самым высоким из всех протестированных образцов. Результаты рентгенофазного анализа показали, что после циклического высокотемпературного окисления на поверхности покрытий образуются защитные оксиды, такие как Cr_2O_3 и Al_2O_3. Кроме того, пики фазы Al_2O_3 в градиентном покрытии на основе Ni-Cr-Al более выражены и интенсивны по сравнению с однородным покрытием на основе Ni-Cr-Al, что, в свою очередь, способствует повышению устойчивости градиентного покрытия к окислению.

Ключевые слова: высокотемпературное окисление, котельная сталь 12Х1МФ, градиентное покрытие, покрытие Ni-Cr-Al, детонационное напыление.

**M. Maulet[1], W. Wieleba[2], B. K. Rakhadilov[3], Zh. B. Sagdoldina[4], N. S. Raisov[5]*
[1,2,,3,4,5]Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk.
[2]Wroclaw University of Science and Technology, Poland, Wroclaw;
[3]PlasmaScience LLP, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk
Accepted for publication on 28.11.23

HIGH-TEMPERATURE PROPERTIES OF THERMAL-BARREL COATINGS BASED ON Ni-Cr-Al OBTAINED ON THE SURFACE OF HEAT-RESISTANT BOILER STEEL 12X1MF

In this article, the high-temperature oxidizing properties of homogeneous and gradient coatings based on Ni-Cr-Al obtained by detonation spraying on the surface of heat-resistant boiler steel 12X1MF are investigated. To assess the resistance to high-temperature oxidation of homogeneous and gradient coatings based on Ni-Cr-Al, cyclic temperature tests at 1000 °C were also carried out. The high-temperature oxidizing ability was evaluated by measuring the increase in the mass of samples after each cycle. In addition, the porosity of the coatings was measured before high-temperature oxidation, and after oxidation, X-ray structural phase analysis (XRD) was performed. According to the results of visual analysis, Ni-Cr-Al showed that the surface of the samples with homogeneous and gradient coatings is not damaged compared to the sample of boiler steel 12X1MF without coating. For 12x1mf steel without coating, the process of oxidation and increase in mass is continuous, the weight gain is the highest among all tested samples. The results of X-ray phase analysis showed that after cyclic high-temperature oxidation, protective oxides such as Cr_2O_3 and Al_2O_3 are formed on the surface of the coatings. In addition, the peaks of the Al_2O_3 phase in a gradient coating based on Ni-Cr-Al are more pronounced and intense compared to a homogeneous coating based on Ni-Cr-Al, which, in turn, contributes to an increase in the resistance of the gradient coating to oxidation.

Keywords: high temperature oxidation, boiler steel 12X1MF, gradient coating, Ni-Cr-Al coating, detonation spraying.

МРНТИ 44.29.31

https://doi.org/10.48081/UWZP6161

Б. Е. Машрапов[1], М. Я. Клецель[2], Р. М. Машрапова[3], А. Ж. Динмуханбетова[4]

[1, 2, 3, 4]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

*e-mail: bokamashrapov@mail.ru

МАКСИМАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА С КОНТРОЛЕМ ИСПРАВНОСТИ

Отмечено, что построение защит на миниатюрных магниточувствительных элементах, например, герконах, устанавливаемых на безопасном расстоянии от токоведущих шин, позволит решить одну из актуальных задач электроэнергетики - уход от традиционных трансформаторов тока. Предложены максимальная токовая защита повышенной надежности, получающая информацию о токах в шинах от герконов, и конструкция для их крепления в ячейках комплектных распределительных устройств. Конструкция представляет собой полый опорный изолятор, выпускаемый промышленностью, внутри которого располагаются герконы, логическая часть и выходной орган защиты. Для повышения надежности функционирования защиты она оснащена встроенной тестовой диагностикой неисправностей. Диагностика запускается нажатием кнопки, через контакты которой подается тестовый сигнал на обмотки герконов. Затем контролируется появление напряжения в заданных точках схемы защиты. Если оно отсутствует в какой-либо из этих точек, то фиксируют неисправный элемент и сигнализируют о неисправности в схеме. При этом контролируется исправность всех элементов защиты, включая и герконы. Подробно рассмотрено поведение защиты в различных режимах, а также как осуществляется и какие неисправности выявляются в устройстве.

Ключевые слова: максимальная токовая защита, геркон, конструкция для крепления, изолятор, диагностика неисправностей.

Введение

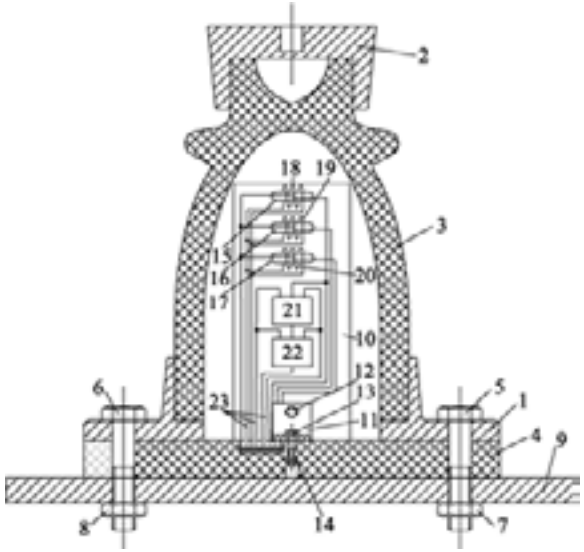
Максимальная токовая защита (МТЗ) является одной из самых распространенных защит от коротких замыканий, применяемых в

электроустановках (ЭУ) напряжением 6-110 кВ. Обычно она получает информацию о токах в шинах ЭУ от металлоемких трансформаторов тока [1, 2], которые, к тому же, имеют и другие общеизвестные недостатки [3, 4]. О необходимости их замены на более миниатюрные датчики тока не раз упоминалось на международных конференциях [5, 6] и в высокорейтинговых журналах [7, 8]. При этом в качестве датчиков тока для построения устройств защиты предлагается использовать магниточувствительные элементы: герконы [7-9], катушки Роговского [6, 10], датчики Холла [4] и т.д. Нами выбраны герконы, так как они имеют ряд важных для релейной защиты преимуществ перед остальными магниточувствительными элементами [7]. На основе герконов уже предложено несколько вариантов выполнения максимальной токовой защиты [7-9, 11], однако судить о том какой из них окажется лучше можно будет только после опыта их эксплуатации. Кроме того, для повышения надежности функционирования защиты ЭУ с помощью известных методов нужно иметь несколько хорошо апробированных комплектов МТЗ, которых пока недостаточно. Поэтому в данной работе предлагается вариант выполнения МТЗ на герконах с встроенной диагностикой неисправностей для ЭУ с ячейками КРУ.

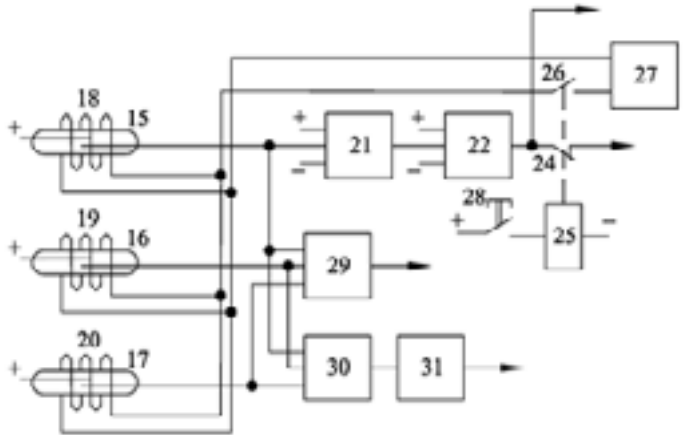
Материалы и методы

Максимальная токовая защита на герконах [12] содержит (рисунок 1) электроизолирующий корпус, выполненный в виде полого опорного изолятора с основанием 1, колпачком 2 и корпусом 3. Основание 1 устанавливается на планке 4 и с помощью болтов 5, 6 и гаек 7, 8, пропущенных через отверстия в основании 1 и планке 4, прикреплено к внутренним конструктивным элементам 9 ячейки КРУ. Сменный элемент 10 с помощью крепежных углов 11, болтов 12, 13 и гаек 14 закреплен на планке 4. Герконы 15, 16, 17, с обмотками 18, 19, 20 управления, счетчик импульсов 21 и выходное реле 22 прикреплены к сменному элементу 10. Первый контакт герконов 15, 16, 17, один вход счетчика импульсов 21 и выходного реле 22 с помощью соединительных проводов 23 подключены к «плюсу» источника оперативного тока. Другие выходы счетчика импульсов 21 и выходного реле 22 с помощью соединительных проводов 23 подключены к «минусу» источника оперативного тока. Второй контакт, например, геркона 15 подключен с помощью соединительного провода 23 к входу счетчика импульсов 21, выход которого подключен с помощью соединительного провода 23 к входу выходного реле 22. Выход выходного реле 22 с помощью соединительного провода 23 подключен в цепь отключения выключателя электроустановки через нормально замкнутые контакты 24 промежуточного реле 25 и в цепь сигнализации. Один вывод обмоток 18, 19, 20 управления

с помощью соединительного провода 23 подключен через нормально разомкнутый контакт 26 промежуточного реле 25 к одному из выходов источника 27 переменного напряжения, а другой вывод – к другому входу источника 27 переменного напряжения. Промежуточное реле 25 одним входом подключено через нормально разомкнутые контакты кнопки 28 к «плюсу» источника оперативного тока, а другим выводом – к «минусу» источника оперативного тока. Элемент И 29 подключен входами к вторым контактам герконов 15, 16, 17, а выходом в цепь сигнализации. Элемент ИЛИ 30 подключен к вторым контактам герконов 15, 16, 17, а выходом к входу таймера 31, выход которого подключен в цепь сигнализации. Промежуточное реле 25, источник 27 переменного напряжения, кнопка 28, элементы И 29, ИЛИ 30 и таймер 31 расположены в релейном отсеке ячейки КРУ.



а)



б)

Рисунок 1 – Закрепление устройства защиты на внутренних конструктивных элементах КРУ и схема подключения ее элементов

Результаты и обсуждение

Предложенная максимальная токовая защита работает следующим образом [12]. Пусть необходимо выполнить защиту кабельной линии с максимальным рабочим током Iр.макс=500 А, подключаемой к питающим шинам через ячейку комплектного распределительного устройства (КРУ). Рассчитывают по известной формуле ток $I_{сз}$ / 2 в шине, при котором защита должна сработать, Iсз=1500 А. Затем из герконов 15, 16, 17 выбирается тот, для которого выполняется условие $F_{ср} = I_{сз}\pi h$, где h – расстояние от шины до геркона. Пусть этому условию соответствует геркон 15. Тогда к входу счетчика импульсов 21 подключают контакты геркона 15. Затем устанавливают полый опорный изолятор основанием 1 на планку 4 и прикрепляют с помощью болтов 5, 6 и гаек 7, 8 к внутренним конструктивным элементам 9 ячейки КРУ.

В режиме нагрузки, когда токи в шинах ячейки КРУ не превышают ток Iсз, геркон 15 не срабатывает. Поэтому на выходах счетчика импульсов 21 и выходного реле 22 сигналов нет. Защита не срабатывает.

При возникновении короткого замыкания токи в шинах ячейки КРУ становятся больше тока $I_{сз}$=1500 А. Поэтому геркон 15 срабатывает и выдает сигнал (импульс) на вход счетчика импульсов 21. Счетчик импульсов 21 начинает отсчитывать заданное количество импульсов, поступающих на его вход. Заданное количество импульсов зависит от величины выдержки времени, которую необходимо обеспечить. Пусть защита должна сработать с выдержкой времени 0,5 с, тогда учитывая, что контакты геркона 15

замыкаются и отпадают каждую полуволну переменного тока, т.е. в каждую полуволну переменного тока на вход счетчика импульсов поступает сигнал, заданное количество импульсов равно 50. После того, как на вход счетчика импульсов 21 поступит пятидесятый сигнал, счетчик импульсов 21 выдает сигнал на вход выходного реле 22, которое срабатывает и подает сигнал в цепи сигнализации и отключения выключателя электроустановки. При этом элемент И 29 сигнала не выдает, так как герконы 16 и 17 не сработали, а элемент ИЛИ 30 и таймер 31 – так как контакты геркона 15 не залипли. Если контакты геркона 15 залипли, то таймер 31 по истечении выдержки времени, например 0,02 с., сигнализирует об этом.

Для выявления неисправностей в устройстве максимальной токовой защиты, она снабжена тестовой диагностикой. При нажатии кнопки 28 срабатывает промежуточное реле 25, которое разрывает цепь отключения выключателя электроустановки и подключает обмотки 18, 19, 20 управления к источнику 27 переменного напряжения. Под действиями магнитных полей, созданных токами в обмотках 18, 19, 20 управления герконы 15, 16, 17 срабатывают и отпадают, если исправны, каждую полуволну переменного тока. Поэтому элементы И 29, ИЛИ 30 выдают сигналы, а таймер 31 – нет. После того как геркон 15 выдаст 50-тый импульс, сработает счетчик 21 импульсов, а затем и выходное реле 22, выдавая сигнал об исправности защиты. Если хотя бы один геркон 15, 16 или 17 не срабатывает, то элемент И 29 сигнала не выдает. Если контакты любого из герконов 15, 16, 17 залипли, выдаст сигнал таймер 31. Если не исправны счетчик импульсов 21 или выходное реле 22, то сигнал с выхода последнего отсутствует.

Выводы

Предложенная защита использует, для получения информации о токах в шинах электроустановки, герконы вместо трансформаторов тока, что дает возможность экономить медь, сталь и высоковольтную изоляцию. Есть основания полагать, что она будет надежнее большинства известных защит на герконах, благодаря встроенной тестовой диагностике 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.** Traversal protection of two parallel lines without voltage path // Przeglad Elektrotechniczny, 2016. – Vol. 92. – №2. – P. 109–112.

3 **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.

4 **Liang, C., Chen, K., Tsai Y. and Chen, N.** New electronic current transformer with a self-contained power supply // IEEE Power & Energy Society General Meeting Journal, 2015. – P. 1301-1312.

5 **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.

6 **Kojović, L. A.** New Protection Schemes Based on Novel Current Sensors for Uцр-To-Date Grid // IET Conference Publications, 2013. – P. 10–13.

7 **Goryunov, V., Kletsel, M., Mashrapov, B., Mussayev, Z., Talipov, O.** Resource-saving current protections for electrical installations with isolated phase busducts. Alexandria Engineering Journal, 2022. – Vol. 61. № 8. – P. 6061–6069.

8 **Kletsel, M., Mashrapov B., Mashrapova R.** Reed switch protection of double-circuit lines without current and voltage transformers. Int. J. Electr. Power Energy Syst. – 2023. – Vol. 154. – №109457.

9 **Гуревич, В. И.** Высоковольтные устройства автоматики на герконах. – Хайфа, 2000. – 368 с.

10 **Sarwade, A. N., Katti, P.K., Ghodekar, J.G.** Use of Rogowski Coil for accurate measurement of secondary current contaminated with CT saturation in distance protection scheme // Proc. of IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS), 2016. – P. 598–610.

11 **Zahlmann, P., Birkl, J., Bohm, T., Buehler, K., Maget, J., Ehrhardt, A., Shulzhenko,** E. Apparatus for detecting electrical currents at or near electrical conductors. DE Patent 102018111308-B3. May 09, 2019.

12 **Клецель, М. Я., Машрапов, Б. Е., Марковский, В. П., Машрапова, Р. М.** Максимальная токовая защита на герконах / Пат. № 36216 РК. МПК H02H 7/22 ; опубл. 12.05.23, Бюл. – № 19. – 7 с.

REFERENCES

1 **Andreev, V. A.** Relejnaya zashchita i avtomatika sistem elektrosnabzheniya [Relay protection and automation of power supply systems]. – Moscow : Vysshaya shkola, 2006. – 639 p.

2 **Kletsel, M., Mashrapov, B.** Traversal protection of two parallel lines without voltage path // Przeglad Elektrotechniczny, 2016. – Vol. 92. – №2. – P. 109–112.

3 **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.

4 **Liang, C., Chen, K., Tsai Y. and Chen, N.** New electronic current transformer with a self-contained power supply // IEEE Power & Energy Society General Meeting Journal, 2015. – P. 1301–1312.

5 **Dyakov, A. F., Ishkin, V. H., Mamikonyanc, L. G., Semenov, V. A.** Elektroenergetika mira v nachale XXI stoletiya (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. – Moscow : CJSC Scientific and technical firm « Energoprogress », 2004. – Issue 4–5. – 176 p.

6 **Kojović, L. A.** New Protection Schemes Based on Novel Current Sensors for Uцр-To-Date Grid // IET Conference Publications, 2013. – P. 10–13.

7 **Goryunov, V., Kletsel, M., Mashrapov, B., Mussayev, Z., Talipov, O.** Resource-saving current protections for electrical installations with isolated phase busducts. // Alexandria Engineering Journal, 2022. – Vol. 6. – №8. – P. 6061–6069.

8 **Kletsel, M., Mashrapov B., Mashrapova R.** Reed switch protection of double-circuit lines without current and voltage transformers. // Int. J. Electr. Power Energy Syst., 2023. – Vol. 154. – №109457.

9 **Gurevich, V. I.** Vysokovoltnye ustroistva avtomatiki na gerkonah [High-voltage automation devices on reed switches]. – Haiva, 2000. – 368 p.

10 **Sarwade, A. N., Katti, P. K., Ghodekar, J. G.** Use of Rogowski Coil for accurate measurement of secondary current contaminated with CT saturation in distance protection scheme // Proc. of IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS), 2016. – P. 598–610.

11 **Zahlmann, P., Birkl, J., Bohm, T., Buehler, K., Maget, J., Ehrhardt, A., Shulzhenko, E.** Apparatus for detecting electrical currents at or near electrical conductors. DE Patent 102018111308-B3. May 09, 2019.

12 **Kletsel, M. Ya., Mashrapov B. E., Markovskij V. P., Mashrapova R. M.** Maksimalnaya tokovaya zashita na gerkonah [Maximum current protection on reed switches] / Pat. No. 36216 RK. IPC H02H 7/22 ; publ. 12.05.2023 – Bul. No. 19. – 7 p.

Принято к изданию 28.11.23.

Б. Е. Машрапов[1], М. Я. Клецель[2], Р. М. Машрапова[3], А. Ж. Динмуханбетова[4]
[1,2,3,4]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ДҰРЫСТЫҒЫН БАҚЫЛАУМЕН МАКСИМАЛДЫ ТОК ҚОРҒАНЫСЫ

Миниатюралық магнитке сезімтал элементтерде қорғаныс құру, мысалы, ток өткізгіш шиналардан қауіпсіз қашықтықта орнатылған геркондарда электр энергетикасының өзекті мәселелерінің бірін – дәстүрлі ток трансформаторларынан кетуді шешуге мүмкіндік беретіні атап өтілді. Шиналардағы токтар туралы ақпаратты геркондардан алатын жоғары сенімділікті максималды ток қорғанысы және оларды жиынтық тарату құрылғыларының ұяшықтарына бекіту үшін құралымы ұсынылады. Құралымы өндіріс шығаратын қуыс тірек оқшаулатқышы болып табылады, оның ішінде геркондар, логикалық бөлігі және шығыс қорғаныс органы орналасқан. Қорғаныс жұмысының сенімділігін арттыру үшін ол ақаулықтарды тексерудің кіріктірілген диагностикасымен жабдықталған. Бастырманы басу арқылы диагностика іске қосылады, оның түйіспелері арқылы геркондар орамаларына сынақ сигналы беріледі. Содан кейін қорғаныс сұлбаның берілген нүктелерінде кернеудің пайда болуы бақыланады. Егер ол осы нүктелердің кез-келгенінде болмаса, онда ақаулы элемент бекітіліп, сұлбадағы ақаулық туралы сигнал беріледі. Бұл жағдайда барлық қорғаныс элементтерінің, соның ішінде геркондардың жарамдылығы бақыланады. Әр түрлі режимдердегі қорғаныс әрекеттері, сондай-ақ қалай жүзеге асырылады және құрылғыда қандай ақаулар анықталғаны егжей-тегжейлі қарастырылады.

Кілтті сөздер: максималды ток қорғанысы, геркон, бекітуге үшін құралым, оқшаулатқыш, ақаулықтарды диагностикалау.

B. E. Mashrapov[1], M. Ya. Kletsel[2], R. M. Mashrapova[3], A. Zh. Dinmukhanbetova[4]
[1, 2, 3, 4]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar
Accepted for publication on 28.11.23

MAXIMUM CURRENT PROTECTION WITH HEALTH MONITORING

It is noted that the construction of protections on miniature magnetically sensitive elements, for example reed switches installed at a safe distance from current-carrying buses, will allow solving one of the

urgent tasks of the electric power industry – moving away from traditional current transformers. The maximum current protection of increased reliability is proposed, which receives information about the currents in the tires from reed switches, and a design for their attachment in the cells of complete switchgear. The design is a hollow support insulator manufactured by industry, inside which there are reed switches, a logical part and an output protection body. To increase the reliability of the protection, it is equipped with a built-in test fault diagnosis. Diagnostics is started by pressing a button, through the contacts of which a test signal is sent to the reed coils. Then the appearance of voltage at the specified points of the protection circuit is monitored. If it is absent at any of these points, then the faulty element is fixed and a malfunction in the circuit is signaled. At the same time, the serviceability of all security elements, including reed switches, is monitored. The behavior of protection in various modes is considered in detail, as well as how it is carried out and what malfunctions are detected in the device.

Keywords: maximum current protection, reed switch, mounting structure, insulator, fault diagnosis.

ҒТАХА 50.43.15

https://doi.org/10.48081/TCBF9529

М. Б. Мейрханова[1], С. В. Войткевич[2], В. А. Иванов[3], К. М.Тохметова[4], К. К. Смагулова[5]

[1,2,3,4,5]Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ. Қазақстан Республикасы

*e-mail: immira.bm@gmail.com

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ЖӘНЕ ИНТЕРНЕТ ЗАТТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ҚАЛДЫҚТАРДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

«Жасыл ақылды қоғамға» арналған заттар интернеті мен машиналық оқытуға негізделген түрмыстық қалдықтарды басқару жүйесі ең заманауи IOT технологиясын қолдана отырып, қоғамның әрбір пәтеріндегі қалдықтарды басқаруды тиімдірек етуге бағытталған. Бұл мақалада қалдықтарды тиімді пайдалану және нақты қалдықтарды тиімді азайту үшін қалдықтарды ақылға қонымды түрде жинау және ыдырату талқыланады. Бұл мақала қалдықтарды екі деңгейде бөлуге бағытталған: сегрегацияның бірінші деңгейі қоғамның жеке үйінде, ал сегрегацияның екінші деңгейі жалпы қоғамда. KNN сияқты машиналық оқыту технологиясы био және биологиялық ыдырамайтын қалдықтардың деңгейі, улы газ концентрациясы сияқты үш сенсорлық мәндердің әртүрлі комбинациялары үшін ескерту хабарламасын жасау үшін қолданылады. Бұл зерттеудің жалпы әсері ластаушы заттардың шығарындыларын азайту, ресурстарды сақтау, бөлу және технологияны пайдалану арқылы энергияны қайта пайдалану арқылы «жасыл» технологияларды ілгерілету болып табылады.

Бұл мақалада түрмыстық қалдықтарды бөлуге және машиналық оқыту мен интернет заттары технологиясына негізделген биокомпост жасау үшін қалдықтарды қайта пайдалануға арналған ақылды қоқыс жәшігі ұсынылады. Мақаланың негізгі үлесі сенсор мәндерінен алынған үш параметрдің тіркесімі негізінде қабылданған шешім негізінде тиісті әкімшілікке ескерту хабарламаларын жіберу болып табылады. Бірінші параметр қоқыс жәшігіндегі биологиялық ыдырайтын қалдықтардың деңгейіне, екінші параметр қоқыс

жәшігіндегі биологиялық ыдырамайтын қалдықтарға, ал үшінші параметр улы газдардың концентрациясына байланысты.

Кілтті сөздер: Заттар интернеті (IoT), машиналық оқыту, автоматтандыру, ақылды қоқыс жәшігі, KNN әдісі, Arduino UNO, MQ-4 газ сенсоры, Raspberry pi.

Кіріспе

Заттар интернеті (IoT) және машиналық оқыту – бұл әр құрылғыға бірегей сәйкестендіру нөмірі (IP мекен-жайы) тағайындалатын және адам мен адамның өзара әрекеттесуінсіз немесе адам мен компьютердің өзара әрекеттесуінсіз деректерді желі арқылы автоматты түрде тарату мүмкіндігі қамтамасыз етілетін технологиялық даму. Осылайша, физикалық әлемдегі кез-келген объект IP-мекен-жаймен байланысып, желі арқылы деректерді беру мүмкіндіктерін кеңейте алады, оған сенсорлар, бағдарламалық жасақтама және желілік жабдық сияқты электронды жабдықты орнату арқылы заттар интернетінің бөлігі бола алады. Заттар интернеті әр түрлі жабдықтардың, әртүрлі қызметтердің, көптеген хаттамалардың және әртүрлі қосымшалардың кеңейтілген байланысын қамтамасыз етеді, сонымен қатар, заттар интернеті гетерогенділік көзқарасымен сипатталады. Заттар интернеті үйді автоматтандыруда, «ақылды қалада» ғана емес, сонымен қатар әлеуметтік мәселелерді шешуде де тиімді екенін дәлелдеді [1].

Қайта өңдеу қалалық басқарудың маңызды бөлігі болып табылады, әсіресе экологиялық тұрақтылық тұрғысынан қалаларды қайта қарау маңызды болған жерде. Ақылды қаланы қалдықтармен жұмыс істеудің ақылды жүйесінсіз елестету мүмкін емес. Қоқыс жәшігі – тұрмыстық қалдықтарды жинаудың жалғыз жолы. Қалдықтарды дұрыс пайдаланбау денсаулыққа елеулі қауіп төндіреді және жұқпалы аурулардың таралуына әкеледі, сонымен қатар қоршаған ортаны ластайды. Биологиялық ыдырайтын қалдықтардың әртүрлі комбинациялары метан сияқты улы газдарды шығарады, егер қоқыс жәшігі бірнеше күн бойы қараусыз қалса, бұл дереу әрекет етуді қажет етеді. Қалалық жерлерде тез өсіп келе жатқан халықтың негізгі проблемасы - биологиялық ыдырайтын және биологиялық ыдырамайтын қалдықтарды күнделікті бөлу және салауатты орта құру үшін қалдықтарды басқару. Қоқыс жәшігін уақытында тазалап, қоршаған ортаны қорғау үшін тиісті органдарды ескертетін қоқыс жәшігін толтыру туралы алдын ала ақпарат бере алатын міндетті жүйе болуы керек. Сонымен қатар, қалдықтарды басқару, энергияны үнемдеу, су мен қоршаған ортаны үнемдеу және т. б. жағынан ақылды болған кезде ғана қала «ақылды жасыл қоғам» деп аталады. «Жасыл қоғамның» құрамдас бөліктеріне мыналар жатады:

Қалдықтарды ақылды басқару;
Ақылды тұрақтар;
Ақылды медициналық көмек;
Ақылды білім;
Ақылды үйлер;
Интеллектуалды энергетика және интеллектуалды желілер;
Интеллектуалды бейнебақылау жүйесі;
Интеллектуалды сумен жабдықтау және ауа-райын болжау жүйелері.

Елде қалдықтардың барлық түрлерімен жұмыс істеу саясаты бар, бірақ оны жүзеге асыру әлсіз және тиімсіз. Тек үлкен қалаларда күн сайын 10 000 метрикалық тонна қоқыс шығарылады және оны көму үшін кеңістік маңызды мәселе болып табылады. Бұл қоқысты жинауға, тасымалдауға, өңдеуге және жоюға қомақты ақша жұмсалады. Қоғам деңгейінде тек қоқыс жинау мүмкіндігі бар, бірақ тұрмыстық қалдықтарды бөлу, қайта пайдалану және кәдеге жарату мүмкін емес. Машиналық оқыту мен IoT негізіндегі шешімдер ақылды қаланы құру үшін зерттеу бағытын алға тартады. Қосылған құрылғылардың саны «интернет заттары» қосымшаларының және оларды «ақылды қаланың» барлық аспектілерінде қолданудың арқасында өсуде. Қосылған құрылғылардың алуан түрлілігіне байланысты жиналған деректер көлемі артып келе жатқандықтан, машиналық оқыту әдістері (ML) қолданбаның интеллектісі мен мүмкіндіктерін байыту үшін шынайы болады [2].

Ескерту хабарын жіберу немесе жібермеу туралы шешім сенсорлардан деректерді алу негізінде қабылданады. Бақыланатын машиналық оқыту алгоритмі: KNN таңдамалы деректерге негізделген ескерту хабарламасын жіктеу және болжау үшін қолданылады. Ұсынылған модель екі модульден тұрады. Бірінші модульде екі шығанағы бар ақылды қоқыс жәшігі бар, олардың бірі биологиялық ыдырайтын қалдықтарға, екіншісі биологиялық ыдырамайтын тұрмыстық қалдықтарға арналған. Ол сегрегацияның бірінші деңгейі ретінде қоғамдағы әрбір үйге арналған. Екінші модуль сегрегацияның екінші деңгейімен айналысатын қоғам деңгейінде жүзеге асырылғанымен, 1-деңгейден биологиялық ыдырамайтын жеке қалдықтар биологиялық ыдырамайтын қалдықтардың әртүрлі түрлерін бөлу және органдарға ескерту хабарламаларын жіберу үшін қосымша бөлінеді. 2-деңгей сонымен қатар 1-деңгейдегі жеке биологиялық ыдырайтын қалдықтарды пайдаланып компост жасау үшін қолданылады және ескерту хабарламаларын жіберу жүйесін орындайды [3].

Материалдар мен әдістер

Соңғы жылдары елімізде урбанизация, индустрияландыру және халық санының қарқынды өсуі байқалды, бұл қалдықтармен жұмыс істеу

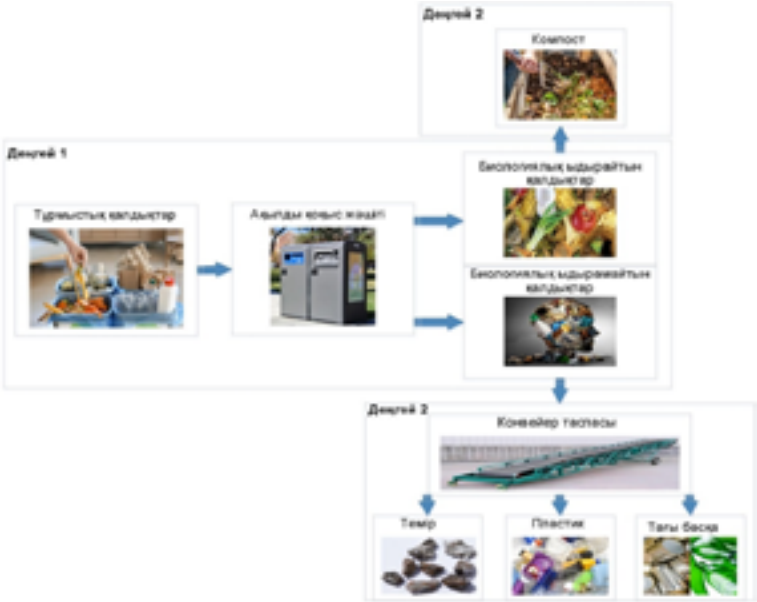
проблемасының туындауына алып келеді. ISWM жоспары деп аталатын құжат ұсынылады, ол бастапқы ақпаратты, ұсынылған мақсаттарды, проблемалық мәселелерді, басқару жүйесінің іске асыруға жауап беру стратегиясын, мониторингті, сондай-ақ жүйені толықтыруды қамтиды. Сондай-ақ, GSM көмегімен электронды бақылау жүйесі ұсынылады, ол диспетчерге қоқыс жәшігінің толығымен толтырылғандығы туралы SMS хабарлама жібереді, осылайша жүйе қоқыс жинайтын жүк көлігін жібере алады. Диспетчерге қайтадан қалдықтарды жинау туралы хабарлама жіберіледі [4]. Бұл мақалада қоқыс жәшігіндегі қоқыс деңгейін анықтау үшін ультрадыбыстық сенсорды, ал GSM-қоқыс жәшігінің толтырылғанына немесе тазаланғанына қарамастан оның күйі туралы ақпарат беретін хабар алмасу модулі пайдаланылады. Ұқсас әдіс GSM модулімен және ультрадыбыстық сенсормен жұптастырылған Arduino UNO тақтасының көмегімен қалдықтарды жинау үшін ұсынылды және автор мақала қол жетімділік, техникалық қызмет көрсету және беріктік сияқты ақылды қоқыс жәшігінің сұрақтарымен аяқталады. Камераны, Arduino UNO, Wi-Fi модулін қолдана отырып, қаланың қол жетпейтін аудандарында қоқыс жинауды жүзеге асыратын қалдықтарды басқару жүйесі, ол Blynk қосымшасы арқылы интернетке кіреді, ол қатысқан адамдар арасындағы барлық байланыстарды өңдейді [5].

Ультрадыбыстық сенсор қоқыс деңгейін бақылайды және бақылау деңгейіне дейін толтырылған кезде қоқыс жәшігін дереу тазалауды қамтамасыз етеді. Ақылды қоқыс жәшігі 2017 жылы Үндістанның Пуна қаласына арналған интернет заттарының прототипі негізінде ұсынылды. Заттар интернеті тек үйде ғана емес, сонымен қатар денсаулық сақтау саласында да маңызды артықшылықтарға ие [6].

Машиналық оқыту шешім қабылдауда, белгілі бір заңдылықты анықтауда, сондай-ақ әртүрлі интернет заттарында, киілетін гаджеттерде және ақылды технологияларда қолданылатын сенсорлардан алынған деректердің үлкен көлемін талдауда күшті және маңызды рөл атқарады. Осылайша, машиналық оқыту деректерге негізделген шаралар қабылдау құралы болып табылады. KNN сияқты машиналық оқыту әдістері сымсыз желіде және басқа салаларда пайдаланушының «түрі» туралы шешімдерді жіктеудің қарапайым тәсілі болып табылады.

Қалдықтарды дұрыс өңдеу мыналарды қамтиды: қалдықтарды жинау, бөлу, азайту, қайта пайдалану және қайта өңдеу. Дегенмен, тұрмыстық қалдықтарды өңдеу әлі де күрделі мәселе болып қала береді. Бөлінген биологиялық ыдырайтын қалдықтар компост жасау үшін қайта пайдаланылады, ал қоғам деңгейінде одан әрі бөлінгеннен кейін биологиялық ыдырамайтын қалдықтарды әкімшілік жинайды [7].

«Ақылды қала» тұжырымдамасын адамдар мен қоғамның ниетінсіз жүзеге асыру мүмкін емес. Ұсынылған ақылды қоқыс жәшігі биологиялық ыдырайтын және биологиялық ыдырамайтын қалдықтарды танып, оларды екі түрлі бөлімге бөле алады. Жасыл қоғамға арналған қалдықтарды басқару жүйесінің ұсынылған моделі екі деңгейде жүзеге асырылады: бірінші деңгей қоғамның әр үйіне арналған, ал екінші деңгей 1 суретте көрсетілгендей қоғам деңгейінде жұмыс істейді.



Сурет 1 – Ұсынылған қалдықтарды басқару моделі

1 деңгей: үй деңгейі. Үй деңгейінде интеллектуалды қоқыс жәшігі екі бөлімнен тұрады. Бірінші деңгейге жету қадамдары төменде келтірілген:

Қоқыс жәшігінің қақпағы біреу оған жақындаған кезде автоматты түрде ашылады.

Екі түйме бар: жасыл түйме биологиялық ыдырайтын қалдықтарға, ал қызыл түйме биологиялық ыдырамайтын қалдықтарға арналған.

Биологиялық ыдырайтын және биологиялық ыдырамайтын қалдықтарға негізделген жинағыштың ішкі барабанының айналуы.

Кәсіпорын басшысына қоқыс жәшігі белгіленген деңгейге дейін толтырылғаны немесе қандай да бір улы газ табылғаны туралы ескерту хабарламасы арқылы жүзеге асырылады.

Қоқыс жәшігінің биологиялық ыдырайтын немесе биологиялық ыдырамайтын бөлімі бақылау деңгейіне дейін толған кезде қоқыс жәшігін үйден тыс жерге шығару, содан кейін оны бос болған кезде сызық ізбасарымен енгізу.

2 деңгей: қоғам деңгейі:

Биологиялық ыдырамайтын қалдықтардың әртүрлі түрлерін қамтитын 1-деңгейдегі биологиялық ыдырамайтын қалдықтар екінші деңгейде бөліну үшін конвейер таспасына таратылады.

Конвейер таспасындағы индуктивті жақындық сенсоры металл қалдықтарын бөлуге жауап береді. Өйткені ол металды таниды және металл жинайтын қорапқа ауысады.

Конвейер таспасындағы сыйымдылық жақындық сенсоры пластик пен ағаш қалдықтарын бөлуге жауап береді. Өйткені ол пластикті таниды және жинауға арналған пластик пен ағаш жәшіктерге ауысады.

Қалған қалдықтар - бұл биологиялық ыдырамайтын қалдықтар, оларды осы модель арқылы одан әрі бөлуге болмайды.

Бұл бөлінген, биологиялық ыдырамайтын қалдықтар шекті деңгейге жеткенде (90 % толтырылған), оларды жинау үшін әкімшілікке ескерту хабары жіберіледі.

Компост дайындау үшін 1-деңгейдегі биологиялық ыдырайтын тұрмыстық қалдықтар қоғамдық жасыл аймақтағы құлаған жапырақтармен, тамыр қалдықтарымен, жауын құрттарымен және т. б. араласады.

Жүйенің болжамдары және параметрлердің сипаттамасы.

Ұсынылған модельде келесі болжамдар ескеріледі:

«flag» бастапқыда қақпақта биологиялық ыдырайтын немесе биологиялық ыдырамайтын бөліктің ағымдағы күйін көрсету үшін қолданылады, ол 1-ге тең және қақпақта биологиялық ыдырайтын бөліктің бар екенін көрсетеді.

«b» параметрі биологиялық ыдырайтын қалдықтар үшін жасыл түйменің басылғанын немесе басылмағанын көрсету үшін пайдаланылады, ал «nb» параметрі қызыл түйменің биологиялық ыдырамайтын қалдықтар үшін басылғанын немесе басылмағанын көрсету үшін пайдаланылады.

«ir_{user}»» айнымалысы пайдаланушының сенсор көрсеткішінің мәнін сақтайтын қоқыс жәшігінен қашықтығын бақылау үшін қолданылады және егер ол 40 мм-ден аз және оған тең болса, онда қақпақ ашылады.

«th_{level}»» биологиялық ыдырайтын және биологиялық ыдырамайтын қалдықтардың шекті деңгейін анықтау үшін қолданылады. Бастапқыда ол 20 см-ге тең орнатылады.

«b_{level}» және «n_{blevel}» айнымалы деңгейлері биологиялық ыдырайтын және биологиялық ыдырамайтын қалдықтардың ағымдағы деңгейін бақылау үшін қолданылады.

«pg_{level}» айнымалысы метан сияқты улы газдың ағымдағы концентрациясын бақылау үшін қолданылады.

Төмендегі 2 суретте 1-деңгей мен 2-деңгейді іске асырумен ұсынылатын жұмыстың қарапайым реттілігі ұсынылған.

```
1.  Initialize flag=1 ,  thlevel =20 cm ,thplevel=0.3
2.  If irUser< 40mm
        "open the lid"
3.       if b=1 then
             if flag=1
                 "No Rotation"
             else
                 "180 degree Rotation"
                  flag=1
              endif
         endif
4.      if nb=1 then
            if flag=1
              "180 degree Rotation"
               flag=0
            else
              "No Rotation"
            endif
       endif
5.   "close the lid after delay of 30 sec"
 end if
6.  if blevel>= thlevel || nblevel>= thlevel|| pglevel>= thplevel
    "Move the dustbin outside home"
          "Send message to the facility supervisor"
    endif
7.  if blevel== 0 || nblevel== 0
          "Move the dustbin inside home "
    endif
8.  goto step 2.
```

--

Сурет 2 – Екі деңгейлі ақылды қоқыс жәшігінің жұмысы

Бұл нақты әлемдегі модель тұрмыстық қалдықтарды қайта өңдеу және қайта пайдалану арқылы қоғамның таза ортасын сақтау үшін өте

пайдалы, бұл қоғамның жасыл және ақылды қоғамға айналуына әкеледі [8]. Ұсынылған схемаға сәйкес, ақылды шаң жинағыштың алдыңғы жағындағы инфрақызыл сенсоры пайдаланушының жақындығын таниды және қақпақты автоматты түрде ашады және жабады. Жетектер ақылды шаң жинағыштың қақпақтарын ашу және жабу үшін қажетті сызықтық қозғалысты басқару үшін қолданылады. Қақпақтың ішкі жағындағы екі ультрадыбыстық сенсор 1-деңгейдегі биологиялық ыдырайтын және биологиялық ыдырамайтын қоқыс жәшігіндегі қоқыс деңгейін үздіксіз бақылайды. Сенсор мен объект арасындағы қашықтықты дыбыстық толқындардың объектіге соғу және сенсорға (T) кері шағылысу уақытын және (1) формуланы қолдана отырып, дыбыс жылдамдығын (C) есептеу арқылы есептеуге болады.

$$\textit{Арақашықтық}=1/2*T*C. \quad (1)$$

MQ-4 газ сенсоры 1-деңгейдегі биологиялық ыдырайтын қақпақ астындағы бөлімде метан сияқты улы газды анықтау үшін қолданылады. Биологиялық ыдырамайтын шығаруды контактісіз индуктивті датчиктер және 2-деңгейдегі конвейер таспасының астына бекітілген сыйымдылық жақындық датчигі басқарады. Индуктивті жақындық сенсоры металл затты онымен физикалық байланыссыз анықтайды. Конвейер таспасының астына 2-деңгейде бекітілген нысан және сыйымдылыққа жақындық сенсоры пластиктің де, ағаштың да қалыңдығын анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін және конвейер таспасының астында 2-деңгейде орналасқан.

Әр түрлі датчиктерден алынған деректерді Raspberry pi жинайды, сонымен қатар IFTTT және Facebook messenger қызметін қосатын Wi-Fi көмегімен ақысыз Adafruit IO веб-қызметіне жіберіледі, сонымен қатар бағдарламаланғанға сәйкес хабарламалар жібереді және қажетті әрекеттерді орындайды. Әр түрлі кезеңдердегі деректер мобильді құрылғыда, сондай-ақ Adafruit IO GUI-де бақыланады. Adafruit IO - Интернетке қосылуға болатын бұлтқа негізделген қызмет. Ол деректерді сақтау және кейіннен алу үшін қолданылады. Ол екі веб-қызметті байланыстырады. Бұл сонымен қатар деректерді сақтауды пайдалы етеді. Бақылау тақтасының көмегімен біз деректерді визуализациялай аламыз. Хабар алмасу қызметі нысан басшысына ескерту дабыл хабарламасын жіберу үшін қолданылады [9]. Төмендегі 3 суретте екі деңгейдің де жұмыс істеу алгоритмі көрсетілген.

а) б)

Сурет 3 – 1-деңгейді іске асыру алгоритмі (а)
2-деңгейді іске асыру алгоритмі (б)

Алгоритмді іске асырғаннан кейін келесі міндет – үш датчиктің мәндерінен мәліметтер жиынтығын жинау, Бұл датчиктердің мәндері - бункердегі шаң деңгейі (DL), металл деңгейі (ML), үтірмен бөлінген файлдағы улы газдың мәні (PG) (csv). Екінші формулада арқылы шешілетін бұл мәндер 2 теңдеуіне сәйкес 0-ден 1-ге дейін қалыпқа келтіріледі.

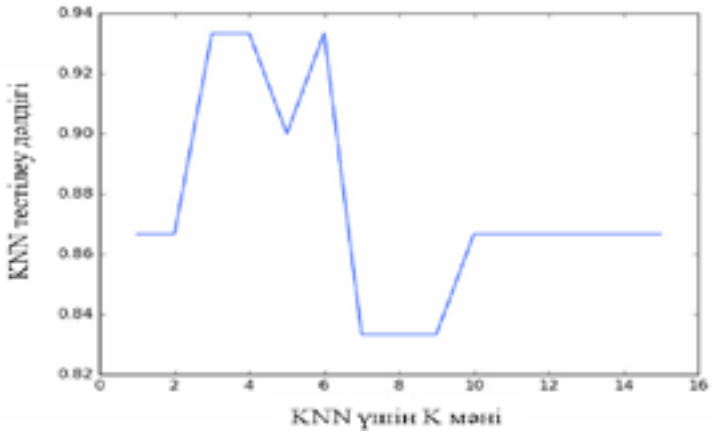
$$N(S_i) = \frac{S_a}{S_{max}} \quad S_a \leq S_{max}. \tag{2}$$

Мұндағы S_a– sensorvalue арқылы алынған нақты мән, ал S_{max}– бұл параметрдің максималды күтілетін мәні. Максималды күтілетін мәнді әртүрлі қызмет провайдерлері белгілей алады. $N(S_i)$ комбинациялары негізінде ауа-райы туралы ескерту хабарының жіберілгені немесе жіберілмегені туралы «шешім» автоматты түрде қабылданады. Сынақ мысалы ретінде қоғамда бақыланатын оқыту негізінде ескерту хабарламаларын жіберетін немесе жібермейтін төрт қоқыс жәшігі бар деп болжануда. Автор тікелей оқу деректер жиынтығынан «шешімді» болжау үшін K-жақын көрші (KNN) әдісін қолданды. KNN деректерді өндіру саласындағы жіктеу, бағалау және болжау алгоритмі үшін қолданылады. Мұнда тікелей оқу деректер жиынтығынан «шешімді» болжау үшін K-жақын көршілер (KNN) тәсілі қолданылады. Жіктеу үшін модельдеу ортасын құру үшін csv файлын импорттау үшін panadas кітапханасын импортталған және sklearn немесе Scikit-Learn python көмегімен KNN classifier сияқты техника үшін машиналық оқыту кітапханасын пайдаланылған.

Деректер жиынтығы 100 «Decision» сынып үлгісінен тұрады = {«bleveli», «nbleveli», }. 100 үлгінің 70 – і оқытуға, ал 30-ы тестілеуге арналған. KNN классификаторы «шешімді» тікелей оқу деректер жиынтығынан болжау үшін қолданылады. Болжамдар A{«bleveli», «nbleveli», } жаңа данасы үшін K-нің барлық ұқсас даналарын (көршілерін) іздеу және осы K даналары үшін шығыс айнымалысын қосу арқылы жасалады. Салыстырмалы талдау үшін бұл жұмыста тек «n көршілер» немесе «K» параметрі ескерілді. KNN классификаторының орташа дәлдігі көршілердің N (K) әр түрлі мәндері үшін есептелген [10]. 4 суретте 1-ден 16-ға дейінгі әр түрлі K мәндеріне арналған графиктер көрсетілген. 5 суреттен KNN классификаторының дәлдігі K= 3, 4 және 6-да басқа K мәндерімен салыстырғанда жақсы жұмыс істейтінін көруге болады. 4 суретке байланысты деректер 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Әр түрлі K мәндері үшін дәлдікті салыстыру

k (n_көршілер**)**	дәлдік
1,2	0,87
3,4,6	0,93
5	0,90
7,8,9	0,83
10,11,12,13,14,15	0,87



Сурет 4 – KNN тестілеу дәлдігі

Нәтижелер мен талқылау

Ұсынылған модель машиналық оқыту тәсілімен қоғамдағы денсаулықты, гигиенаны және таза ортаны сақтау үшін өте пайдалы. KNN моделінің жалпы дәлдігі K = 3, 4 және 6 кезінде 93,3 % құрайды. Қоғам деңгейіндегі қалдықтардан өндірілген биокомпосттар қоғамның жасыл кеңістігін сақтау үшін, сондай-ақ компост сатудан түскен табыс үшін пайдаланылуы мүмкін. Жеке, биологиялық ыдырамайтын қалдықтар да сатылуы мүмкін немесе жиналуы мүмкін. Ұсынылған құрылым компост жасау кезінде биологиялық ыдырайтын және биологиялық ыдырамайтын тұрмыстық қалдықтарды жинау, бөлу және қалдықтарды ыдырату арқылы қоғам деңгейінде тиімді жұмыс істейді. Бұл қоғамды жасыл, ақылды қоғамға айналдыруға көмектеседі, бұл қаланы ақылды қалаға айналдыру үшін пайдалы.

Қорытынды

Бұл зерттеудің мақсаты – индустрия 4.0 бастамасымен машиналық көру жүйесі мен заттар интернетін қолдану арқылы қоғамды экологиялық таза және сау ақылды жасыл қоғамға айналдыру. Бұл модель биологиялық ыдырайтын және биологиялық ыдырамайтын қоқыс жәшігіндегі қалдықтардың деңгейін, сондай-ақ улы газдардың концентрациясын үздіксіз бақылайды. Бұл модель тұрмыстық қалдықтарды level1 деңгейінде бөледі және level2 компостын алу үшін биологиялық ыдырайтын қалдықтарды қайта өңдеу арқылы нақты қалдықтарды азайтады.

Болашақ жұмыс барысында модель модельденіп, ұсынылған модельдің жарамдылығы анықталады. Ұсынылған модель қоқыс жәшігін ішке және сыртқа жіберу үшін сызықтық бақылау құрылғысының орнына навигация

үшін GPS қолдана алады. Ұсынылған модельді көп салалы ауруханаларда, әртүрлі қоғамдық орындарда және өнеркәсіптік зауыттарда қалдықтардың әртүрлі түрлерін бөлу үшін кейінірек қайта өңдеуге немесе қайта пайдалануға болатын қосымша сенсорларды қосу арқылы пайдалануға болады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Singh, Pushpa, and Rajeev Agrawal.** «A Customer Centric Best Connected Channel Model for Heterogeneous and IoT Networks». // Journal of Organizational and End User Computing 30 (4): 32–50. – (2018)

2 **Anitha, A.** «Garbage monitoring system using IoT» // 14th , IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 263: 1–12 (2017) [3] Agarwal, Raveesh, Mona Chaudhary, and Jayveer Singh. «Waste Management Initiatives in India for human well being.» European Scientific Journal.11(10):106–127. (2015)

3 **Gutberlet, Jutta, and Sayed Mohammad Nazim Uddin.** «Household waste and health risks affecting waste pickers and the environment in low and middle-income countries.» // International Journal of Occupational and Environmental Health. – 23(4): 299–310. (2017)

4 **Zantalis, F., Koulouras, G., Karabetsos, S., &Kandris, D.** A Review of Machine Learning and IoT in Smart Transportation. Future Internet. // – 11(4): 94. (2019).

5 **Talari, Saber.** «A review of smart cities based on the internet of things concept» // Energies. – 10 (4): 1–23. (2017)

6 **Anwar, Md Aasim.** «IOT based garbage monitoring using arduino.» Diss. West Bengal University of Technology. – (2018)

7 **Monika, K. A.** «Smart dustbin-an efficient garbage monitoring system» // International Journal of engineering science and computing. – 6 (6): 7113–7116. – (2016)

8 **Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., & Vanderplas, J.** «Scikit-learn: Machine learning in Python» Journal of machine learning research. – 12: 2825–2830. – (2011).

9 **Abdullah, Nibras, Ola A.** Alwesabi, and Rosni Abdullah. «IoT-Based Smart Waste Management System in a Smart City» // International Conference of Reliable Information and Communication Technology. – Springer, Cham. – 843:364–371 (2018)

10 Ankidawa, Buba «Recycling biodegradable waste using composting technique» // Journal of Environmental Science and Resources Management 4: 40–49. – (2013)

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

М. Б. Мейрханова[1], С. В. В ойткевич[2], В. А. Иванов[3], К. М.Тохметова[4], К. К. Смагулова[5]
Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Республика Казахстан, г. Караганда.
Принято к изданию 28.11.23.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Система управления бытовыми отходами, основанная на интернете вещей и машинном обучении для «зеленого умного общества», направлена на то, чтобы сделать управление отходами в каждой квартире общества более эффективным с использованием самой современной технологии IOT. В этой статье обсуждается разумный сбор и разложение отходов для эффективного использования отходов и эффективного сокращения фактических отходов. Эта статья направлена на разделение отходов на два уровня: первый уровень сегрегации находится в частном доме общества, а второй уровень сегрегации – в обществе в целом. Технология машинного обучения, такая как KNN, используется для создания предупреждающего сообщения для различных комбинаций трех сенсорных значений, таких как уровни био-и небиоразлагаемых отходов, а также концентрации токсичных газов. Общий эффект этого исследования заключается в продвижении «зеленых» технологий за счет сокращения выбросов загрязняющих веществ, сохранения, распределения ресурсов и повторного использования энергии с использованием технологий.

В этой статье будет представлена интеллектуальная корзина для мусора, предназначенная для разделения бытовых отходов и повторного использования отходов для создания биокомпоста, основанного на технологии машинного обучения и интернета вещей. Основной вклад статьи заключается в отправке предупреждающих сообщений в соответствующую администрацию на основе решения, принятого на основе комбинации трех параметров, полученных из значений датчиков. Первый параметр зависит от уровня биоразлагаемых отходов в мусорном ведре, второй параметр-от биоразлагаемых отходов в мусорном ведре, а третий параметр-от концентрации токсичных газов.

Ключевые слова: Интернет вещей (IoT), машинное обучение, автоматизация, умный мусорный бак, метод KNN, Arduino UNO, газ MQ-4 датчик, Raspberry pi.

**M. B. Meirkhanova[1], S. V. Voitkevich[2], V. A. Ivanov[3], K. M. Tokhmetova[4], K. K. Smagulova[5]*
Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Republic of Kazakhstan, Karaganda
Accepted for publication on 28.11.23.

WASTE MANAGEMENT SYSTEM BASED ON MACHINE LEARNING AND THE INTERNET OF THINGS

The household waste management system, based on the Internet of Things and machine learning for a «green smart society», aims to make waste management in each apartment of the society more efficient using the most modern IOT technology. This article discusses reasonable waste collection and decomposition for efficient waste management and effective reduction of actual waste. This article aims to divide waste into two levels: the first level of segregation is in the private house of the society, and the second level of segregation is in the society as a whole. Machine learning technology such as KNN is used to generate a warning message for various combinations of three sensory values, such as bio- and non-biodegradable waste levels, as well as toxic gas concentrations. The overall effect of this study is to promote «green» technologies by reducing pollutant emissions, conserving, allocating resources and reusing energy using technology.

This article will present an intelligent wastebasket designed to separate household waste and reuse waste to create a biocompost based on machine learning technology and the Internet of Things. The main contribution of the article is to send warning messages to the appropriate administration based on a decision made based on a combination of three parameters derived from sensor values. The first parameter depends on the level of biodegradable waste in the trash, the second parameter depends on the biodegradable waste in the trash, and the third parameter depends on the concentration of toxic gases.

Keywords: Internet of Things (IoT), Machine learning, automation, Smart trash can, KNN method, Arduino UNO, Gas MQ-4 sensor, Raspberry pi.

МРНТИ 44.31.35

https://doi.org/10.48081/SRFO7517

А. С. Никифоров[1], А. К. Кинжибекова[2], Ш. М. Нуркина[3], А. Е. Карманов[4], Е. В. Оришевская[5]
[1,2,3,4,5]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар
e-mail: akmaral70@mail.ru

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

В статье производится анализ возможности использования лузги подсолнечника в качестве потлива для теплогенерации на паровом котле.

Анализ состава лузги подсолнечника показывает, что по сравнению с углём месторождения Каражыра его низшая теплота сгорания ниже на 20 %, при этом зольность и влажность значительно ниже. Состав золы лузги подсолнечника показывает, что повышенное содержание оксидов щелочных металлов способствует увеличению шлакования поверхностей нагрева котла, в частности экранных поверхностей. Таким образом по составу лузги подсолнечника и её свойствам можно сделать вывод о возможности её применения в качестве топлива при незначительных изменениях котлоагрегата.

Для функционирования работы котельной с паровыми котлами Е-16-2,4-350Р необходима модернизация топочной камеры с созданием вихревой камеры, для чего создаётся воздушное дутьё напором 100-150 кгс/м2 за счёт рассчитанного распределения вторичного воздуха между эжекторами и соплами.

Кроме этого, необходимы следующие изменения: в системе подачи топлива использовать шнековый конвейер, вибрационный загрузчик или гравитационный бункер с дозирующим устройством; увеличение площади поверхности горения и коэффициента избытка воздуха в топочной камере, а также изменение системы очистки дымовых газов с установкой рукавных фильтров.

Ключевые слова: лузга подсолнечника, растительные отходы, теплогенерация, возобновляемые источники энергии, вихревое сжигание.

Введение

Производство энергии из растительных остатков является существенной задачей в современном обществе, и это обусловлено несколькими факторами. Во-первых, использование растительных остатков в качестве источника энергии способствует уменьшению зависимости от ограниченных запасов нефти и газа, которые могут быть использованы только в ограниченных объемах.

Во-вторых, производство энергии из растительных остатков более экологично и безопасно для окружающей среды, поскольку не сопровождается выбросами вредных веществ, таких как диоксид углерода и сернистые газы, которые негативно влияют на климат и здоровье человека.

В-третьих, использование растительных остатков для производства энергии способствует более эффективной утилизации отходов и сокращению объемов твердых бытовых отходов, отправляемых на свалку.

Таким образом, создание энергии на основе растительных остатков становится неотъемлемой задачей для уменьшения зависимости от нефти и газа, улучшения экологической обстановки и эффективной утилизации отходов. Использование лузги подсолнечника для сжигания в котлоагрегате является актуальной задачей. При сборе урожая и переработке определенных сельскохозяйственных культур в пищевую продукцию возникает значительное количество биомассы, обладающей потенциалом для производства энергии, который не сильно уступает традиционным видам топлива.

Несмотря на то, что лузга подсолнечника имеет меньшую теплотворную способность, чем ископаемые виды топлива, у нее есть по крайней мере два существенных преимущества. Во-первых, она является побочным продуктом производства и не приносит дополнительных затрат для предприятия. Во-вторых, замена традиционных видов топлива, таких как газ или уголь, на лузгу подсолнечника позволяет сократить выбросы углекислого газа (CO_2).

Так как процесс образования растительной массы, из которой происходит получение лузги при производстве подсолнечного масла, включает в себя фотосинтез и, следовательно, поглощение CO_2 из атмосферы, топливо на основе лузги может считаться потенциально углеродно-нейтральным. Его замена традиционными ископаемыми видами топлива помогает снизить углеродный след предприятия.

Таким образом, одна тонна лузги, используемой для теплогенерации, может сократить выбросы углекислого газа на 790,10–1162,53 кг, в зависимости от того, какое топливо она замещает. Зарубежный опыт использования котлоагрегатов, работающих на лузге подсолнечника в качестве топлива, подтверждает их эффективность и экономическую целесообразность [1, 2]. Множество стран, включая Германию, Францию,

Австрию, Польшу, Болгарию, Украину и другие, имеют значительный опыт в использовании подобных котлоагрегатов.

В 2009 году в городе Кировоград (Украина) была запущена мини-тепловая электростанция с двумя паровыми котлами Е-16-24-350ДВ. Основным видом топлива на этой станции была лузга подсолнечника, а природный газ использовался как резервное топливо. Эта установка решала две основные задачи: утилизацию отходов производства, а именно подсолнечной лузги в объеме 135–140 тонн в сутки, и производство перегретого пара с давлением 24 кгс/см^2 и температурой 350 °С, достигая производительности до 36 т/ч. Особенность работы этой мини-ТЭЦ заключается в высоких экологических показателях [3].

В 2019 году в Польше была построена котельная мощностью 10 МВт, которая использует лузгу подсолнечника в качестве основного топлива. Эта котельная обеспечивает теплоснабжение для около 40 тысяч человек и промышленных объектов в городе Пионки. По словам представителей компании-заказчика, использование лузги подсолнечника позволило снизить расходы на топливо в 2,5 раза по сравнению с использованием газа [4].

В Германии также активно используются котлоагрегаты, которые сжигают лузгу подсолнечника. Например, компания «Agrargenossenschaft Griebel - Blankenhaine.G.» установила котлоагрегат мощностью 1,3 МВт для сжигания лузги подсолнечника, которая производится на их собственных полях. Данная котельная обеспечивает теплоснабжение для 6 жилых домов, школы и детского сада. По словам представителей компании, использование лузги подсолнечника в качестве топлива позволяет им экономить около 100 тысяч евро в год на затратах на топливо [5].

В США и Канаде такие котлы в основном применяются для обогрева жилых домов и общественных зданий, таких как школы и больницы. Кроме того, в Канаде были построены крупные котельные, использующие лузгу подсолнечника, с мощностью от 2 до 10 МВт для обеспечения теплом производственных предприятий [6].

В данной статье рассматривается возможность использования лузги подсолнечника в качестве источника топлива для производства тепловой энергии на стандартных котлах. Исследование предполагает, что данный вид топлива представляет собой актуальную и эффективную альтернативу углю как с точки зрения тепловой эффективности, так и с учетом снижения вредных выбросов.

Материалы и методы

Исследование возможности использования лузги подсолнечника в качестве топлива для стандартных паровых котлов Е-16-2,4-350Р проводится

путем проведения поверочных расчетов поверхностей нагрева котельного агрегата при использовании другого вида топлива.

Лузга подсолнечника, как топливо, имеет близкие к древесине характеристики, так как ее зольность составляет менее 8 %, а выход летучих веществ может достигать до 80 %. Для более наглядного сравнения характеристик лузги подсолнечника в качестве топлива, приведём её сравнительные данные с углем месторождения Каражыра (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики лузги подсолнечника и угля месторождения Каражыра

№ п/п	Показатель	Лузга подсолнечника	Уголь месторождения Каражыра
1	Состав, %:		
2	C	42,5	50,6
3	H	4,9	3,9
4	S	0,2	0,3
5	O	34,6	13,3
6	N	0,4	0,9
7	A	7,4	17
8	W	10	14
9	Теплота сгорания, кДж/кг	16797,71	20950

Следует отметить, что в золе лузги подсолнечника присутствуют оксиды щелочных металлов, такие как оксид кальция (CaO), оксид кремния (SiO_2), оксид алюминия (Al_2O_3) и другие. Наличие этих соединений способствует образованию низкотемпературных эвтектических соединений при высоких температурах [7]. А присутствие этих соединений в продуктах сгорания может привести к повышенному шлакованию экранных поверхностей нагрева.

Учитывая низкую зольность лузги подсолнечника, ожидается, что шлакование поверхностей нагрева будет незначительным. Однако, для предотвращения возможного воздействия шлакования на работу котла, предусматривается установка пневмоимпульсных генераторов.

Результаты и обсуждения

Стандартный котлоагрегат серии Е разработан для использования различных видов топлива, таких как уголь, торф и древесные отходы. После определенных модификаций он также может быть адаптирован для сжигания лузги подсолнечника. Обычно в конструкции такого котла предусматривается вихревая камера, которая обеспечивает эффективное сжигание лузги.

Один из типов паровых котлов этой серии, а именно Е-16-2,4-350Р, имеет производительность 16 тонн пара в час и выдает перегретый пар с температурой 350 °С и избыточным давлением пара на выходе 2,4 МПа. Этот пар направляется на станционный коллектор пара мини-ТЭЦ, который производителем является ООО «ПКЦ «Бийскэнергопроект».

Конструкция этого котла и его вспомогательное оборудование обеспечивают возможность регулирования паропроизводительности в пределах от 50 % до 100 % от номинальной производительности при поддержании параметров пара на уровне 2,4±5 % МПа и температуры пара 350±20 °С при сжигании основного топлива.

Паровой котел Е-16-2,4-350Р представляет собой двухбарабанный вертикально-водотрубный котел, построенный на конструктивной схеме «КЕ». Одной из ключевых особенностей этой схемы является размещение топки перед конвективным пучком.

Основными компонентами данного котла являются:

– правая и левая вихревые камеры;

– радиационный пароперегреватель (ПП) (1-ая ступень ПП);

– промежуточный экран;

– топка, предназначенная для дожига лузги;

– второй топочный блок;

– конвективный блок;

– конвективная ступень пароперегревателя (2-ая ступень ПП).

– экономайзер и воздухоподогреватель, которые размещены в отдельно стоящем газоходе.

Вихревые камеры служат для сжигания пылевидного топлива, когда оно находится во взвешенном состоянии. Внутри вихревой камеры лузга, подаваемая через эжектор, улавливается вихрем, который создается потоками тангенциально направленного воздуха с напором 100-150 кгс/м2. Под воздействием этого вихря лузга смешивается с воздухом и сгорает в турбулентном потоке.

Распределение напорного дутья в вихревые камеры между эжекторами и сопламиосуществляется с помощью шиберов в следующем соотношении:

- на 2 эжектора – 30 %;
- на нижние 6 сопел – 30 %;
- на задний 6 сопел – 30 %;
- на 2 горелки – 10 %.

Положением шиберов предварительно устанавливается давление воздуха перед соплами 100 кгс/м2, на эжекторе – 150 кгс/м2. Расход дутья на эжектор и его соответствие подачетоплива регулируется частотными преобразователями вентилятора.

Мелкие частицы и газообразные продукты неполного сгорания удаляются из вихревых камер через фестоны, расположенные в их верхней части. Для предотвращения химической неполноты сгорания предусмотрено устройство для дожигания крупных частиц, которые выделяются и отделяются внутри вихревой камеры с помощью специального устройства для дожигания, размещенного в её нижней части. Зола, образовавшаяся в результате сгорания, удаляется с помощью шнековых транспортеров и направляется в систему для удаления нетоварной золы в котельной.

Для снижения температуры дымовых газов установлены стальной экономайзер и воздухоподогреватель.

Очистка поверхностей нагрева котла осуществляется автоматически с использованием пневмоимпульсных генераторов, которые действуют согласно заданному алгоритму. Эта система очистки базируется на воздействии ударных волн воздуха на золевые отложения на поверхности нагрева котла и экономайзера. Генераторы заполняются сжатым воздухом (давление 6–10 кгс/см$_2$) в течение 20–60 секунд, после чего воздух выбрасывается в котел или экономайзер за доли секунды, создавая ударные волны, которые очищают поверхности от накопившихся отложений.

Котел, экономайзер, воздухоподогреватель, золоуловитель, рукавный фильтр работаютпод разряжением дымососа.

Для очистки дымовых газов применяется золоуловитель БЦ-2-7х(5+3). Дымовые газы, поступающие в циклоны через тангенциальные завихрители, получают вращательно-поступающее движение, вследствие этого под действием центробежной силы происходит сепарация частиц золы. Очищенные газы отводятся из циклона через центральные трубы диаметром 460х5 в выходной газовый короб.

Необходимость в оборудовании и реконструкция

Существует возможность строительства котельных на лузге подсолнечника мощностью до 50 МВт. В большинстве случаев реализуются проекты по модернизации уже существующих традиционных котельных, однако иногда приходится проектировать котельные «с чистого листа».

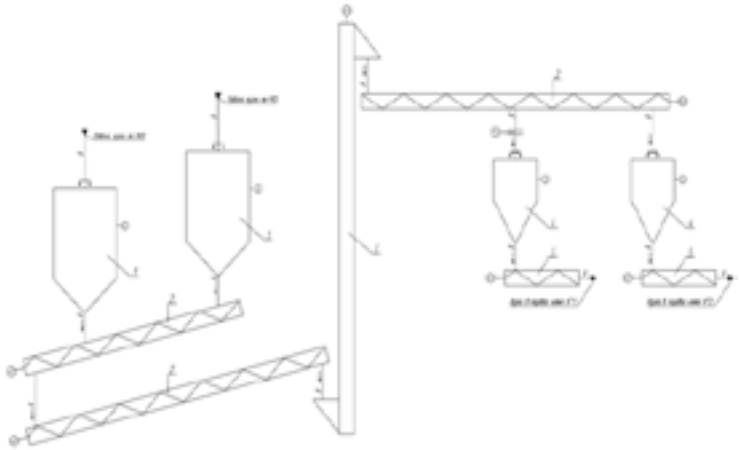
При реконструкции обычно вихревые камеры встраивают в топочное пространство стандартных котлов, таких серий как КЕ, ДКВР, КВТС, ДЕ, Е, при этом увеличивая площади поверхностей нагрева.

При проектировании необходимо учитывать уникальные характеристики предприятия, для которого разрабатывается котельная. Это позволяет принимать экономически обоснованные решения, например, касающиеся использования горячей воды и пара в технологических процессах переработки подсолнечника, таких как сушка и пропаривание, и так далее.

При проектировании необходимо строго соблюдать определенные требования к системам подачи топлива, удалению шлака, очистки газов и автоматизации.

Чтобы перевести паровой котел, который изначально функционировал на угле, на работу с подсолнечной лузгой, требуется внести изменения в несколько элементов его конструкции. Рассмотрим их.

Система подачи топлива. Подсолнечная лузга представляет собой порошок, в отличие от угля, который находится в виде кусков. Следовательно, необходима специализированная система для подачи данного топлива. Для этой цели можно использовать шнековый конвейер, вибрационный загрузчик или гравитационный бункер с дозирующим устройством [8]. Эти изменения в конструкции котла позволят успешно использовать подсолнечную лузгу вместо угля в процессе его работы.



1 – силос лузги; 2 – винтовой транспортёр лузги;
3 – нория лузги; 4 – расходный бункер лузги; 5 – питатель лузги

Рисунок 1 – Принципиальная схема лузгоподачи

В схему лузгоподачи котла Е-16-2,4-350Р входит:

– силос лузги в количестве 2 шт.;
– винтовой транспортер лузги в количестве 3 шт.;
– нория лузги в количестве 1 шт.;
– расходный бункер лузги в количестве 2 шт.;
– питатель лузги в количестве 2 шт.

Силос лузги – это сооружение в виде башни, предназначенное для хранения сыпучих материалов.

Винтовой транспортер служит транспортным механизмом для пылевидных и сыпучих материалов. В основу положен шнековый механизм.

Нория – это устройство для подъема жидких или сыпучих материалов.

Лузга подается в силосы лузги, откуда винтовыми транспортерами и норией движется в расходные бункера, откуда питателем идет в котел.

Дополнительно, возможно потребуется модернизировать топочную камеру. Подсолнечная лузга обладает более низкой теплотворной способностью по сравнению с углем, что может вызвать проблемы с поддержанием пламени в топочной камере. Для компенсации этого эффекта требуется увеличить площадь поверхности для горения и настроить коэффициент избытка воздуха внутри топочной камеры [9]. В данном котле, дополнительные поверхности для нагрева представлены в виде вихревых камер.

Также необходимо пересмотреть систему очистки дымовых газов. Подсолнечная лузга может содержать вредные примеси, такие как хлор и сера, которые могут негативно повлиять на работу котла. Для эффективной очистки дымовых газов может потребоваться использование электрофильтров, методов мокрой газоочистки и других средств [10, 11]. В данном котле после золоуловителя используются рукавные фильтры с КПД очистки на уровне 99 % [12].

Кроме того, необходима система золоудаления, включающая в себя:

- два золоуловителя;
- шнековые транспортеры;
- два бункера-накопителя для товарной золы;
- один бункер-накопитель для золы и шлака.

Выводы

На паровых котлах модели Е-16-2,4-350Р имеется возможность перейти на использование подсолнечной лузги в качестве топлива. Для этого требуется провести модернизацию топочной камеры с созданием вихревой камеры. Это достигается путем внесения изменений в систему подачи вторичного воздуха с давлением 100-150 кгс/м$_2$ через эжекторы и сопла, что обеспечивает оптимальное распределение воздуха.

Также, в системе подачи топлива предполагается использовать шнековый конвейер, вибрационный загрузчик или гравитационный бункер с дозирующим устройством. Учитывая, что теплотворная способность лузги ниже, чем у угля, необходимо увеличить площадь поверхности горения и установить оптимальный коэффициент избытка воздуха в топочной камере. Такие изменения помогут обеспечить эффективное горение подсолнечной лузги.

Кроме того, требуется пересмотреть систему очистки дымовых газов, включая установку рукавных фильтров. Это необходимо для обработки

дымовых газов, которые могут содержать вредные примеси, и обеспечения соответствия экологическим стандартам.

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP14869152)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Dremicheva, E. S., Zvereva, E. R, Burganova, F.I., Zverev, L. O.** Prospects of the technology of joint combustion of biomass and coal at energy facilities. // Powerengineering: research, equipment, technology. – 2021. – 23 (1):119–130. https:doi.org: 10.30724/1998-9903-2021-23-1-119- 130

2 **Wilaipon, P.,** Density equation of Bio-Coal Briquettes and quantity of Maize Cob in Phitsanulok, Thailand. // American Journal of Applied Science 2008, 5 (12). – 1808–1811.

3 **Шарапов, А. М., Шарапов, М. А., Чуприн, А. Е.** Вихревые технологии сжигания лузги подсолнечника на мини-ТЭЦ [Текст] // Новости теплоснабжения. – №12 (112). – 2009.

4 Котельная в Пионках работает на лузге подсолнечника. [Kotłownia w Pionkach działana łupinach słonecznika» (in Polish). // Wiadomości Rzeszowskie. Retrieved 2022-02-19]. [текст] Пёнки: новостная сводка; 2022.

5 Эффективное отопление лузгой подсолнечника, 2022 г [Effizient heizen mit Sonnenblumenschalen. Retrieved 2022-02-19]. [Текст] –Берлин : журнал Solarthemen2022.

6 Лузга подсолнечника как биотопливо, 2022 г [Sunflowerhusks – asbiofuel. Biomass Magazine. Retrieved 2022-02-19]. [текст] Чикаго: журнал биомассы [текст]; 2022.

7 **Максимов, А. С.,Терещенко, А. В.** Разработка технологии и аппаратуры для сжигания подсолнечной лузги в котлах [Текст]. Вестник ИрГТУ, – 24(3). – 2020. С.141–148

8 Вихревые технологии сжигания лузги подсолнечника на мини-ТЭЦ [текст] [Электронный ресурс] – URL: – http://www.combienergy.ru/stat/1211-Vihrevye-tehnologii-sjiganiya-luzgi-podsolnechnika

9 Липов, Ю. М., Самойлов, Ю. Ф., Виленский, Т. В. Компоновка и тепловой расчет парового котла [Текст]: учебное пособие для студентов вузов.– М. : АльянС,2012, – 208 с.

10 **Артюхин, И. Н., Волков, А. А., Габриелян, Б. В.** Исследование работы горелки на подсолнечной лузге в котле мощностью 0,1 МВт [Текст]. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 19(3). 2019. С.69–73

11 **Красуцкий, Е. В., Фурсов, И. Д., Жуков, Е. Б., Якимова, И. С., Пузырев, Е. М.** Исследование сжигания сельскохозяйственных отходов[текст]. // Ползуновский вестник. – № 3/1. – 2012 г.

12 **Паршин, А. А.** Тепловые схемы котлов. – М. : Машиностроение, 1987. – 224 с.: ил.

REFERENCES

1 **Dremicheva, E. S., Zvereva, E. R, Burganova, F. I., Zverev, L. O.** Prospects of the technology of joint combustion of biomass and coal at energy facilities. Powerengineering : research, equipment, technology. – 2021; 23(1):119–130. https dsoi.org:10.30724/1998-9903-2021-23-1-119- 130

2 **Wilaipon, P.,** Density equation of Bio-Coal Briquettes and quantity of Maize Cob in Phitsanulok, Thailand. // American Journal of Applied Science. – 2008. – 5 (12). – 1808-1811.

3 **Sharapov, A. M., Sharapov, M. A., Chuprin, A. E.** Vihrevye tekhnologii szhiganiya luzgi podsolnechnika na mini-TEC [Vortex technologies for burning sunflower husks at mini-thermal power plants]. // Novosti teplosnabzheniya. – №12 (112). – 2009.

4 Kotel'naya v Pionkah rabotaet na luzge podsolnechnika [Boiler room in Pionki works on sunflower husk], [Kotłownia w Pionkach działana łupinach słonecznika" (in Polish). Wiadomości Rzeszowskie. Retrieved 2022-02-19]. [Text] Pyonki : novostnaya svodka 2022.

5 Effektivnoe otoplenie luzgoj podsolnechnika, 2022 g [Efficient heating with sunflower husks] [Effizient heizen mit Sonnenblumenschalen. Retrieved 2022-02-19]. [Text] Berlin: zhurnal Solarthemen, 2022.

6 Luzga podsolnechnika kak biotoplivo, 2022 g [Sunflowerhusks – as biofuel. Biomass Magazine. Retrieved 2022-02-19]. [Text] CHikago : zhurnal biomassy, 2022.

7 **Maksimov, A. S., Tereshchenko, A. V.** Razrabotka tekhnologii I apparatury dlya szhiganiya podsolnechnoj luzgi v kotlah [Development of technology and equipment for burning sunflower husks in boilers]. // Vestnik IrGTU. – 24(3). 2020, P.141–148.

8 Vihrevyete khnologii szhiganiya luzgi podsolnechnika na mini-TEC [Vortex technologies for burning sunflower husks at mini-thermal power plants] [Electronic resource]. – URL: http://www.combienergy.ru/stat/1211-Vihrevye-tehnologii-sjiganiya-luzgi-podsolnechnika [Text].

9 **Lipov, YU. M., Samojlov, YU. F., Vilenskij, T. V.** Komponovka I teplovoj raschet parovogo kotla [Layout and thermal calculation of the steam boiler] [Text]: uchebnoe posobie dlya studentov vuzov [a textbook for university students]. – Moscow : Al'yanS, 2012, 208 p.

10 **Artyuhin, I. N., Volkov, A. A., Gabrielyan, B. V.** Issledovanie raboty gorelki na podsolnechnoj luzge v kotle moshchnost'yu 0,1 MVt [Study of the operation of a burner on a sunflower pocket in a boiler with a capacity of 0.1 MW] [Text]. // Nauchno-tekhnicheskij vestnik informacionnyh tekhnologij, mekhaniki i optiki, 19(3). – 2019. P. 69–73.

11 **Krasuckij, E. V., Fursov, I. D., ZHukov, E. B., YAkimova, I. S., Puzyrev, E. M.** Issledovanie szhiganiya sel'skohozyajstvennyh othodov [Agricultural Waste Incineration Study] [Text] // Polzunovskij vestnik. – № 3/1 – 2012.

12 **Parshin, A. A.** Teplovye skhemy kotlov [Boiler Heat Diagrams]. – Moscow : Mashinostroenie, 1987. – 224 p.: il.

Принято к изданию 28.11.23.

А. С. Никифоров, А. К. Кинжибекова, Ш. М. Нуркина, А. Е. Карманов, Е. В. Оришевская
Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ҚАЗАНДЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫНДА ОРГАНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ОТЫН РЕТІНДЕ ПАЙДАЛАНУДЫ ТАЛДАУ

Мақалада күнбағыс қабығын бу қазандығында жылу генерациясы үшін тер ретінде пайдалану мүмкіндігі талданады.

Күнбағыс қабығының құрамын талдау Қаражыр кен орнының көмірімен салыстырғанда оның жану жылуы 20 %-ға төмен, ал күл мен ылғалдылық айтарлықтай төмен екенін көрсетеді. Күнбағыс қабығының күл құрамы сілтілі металл оксидтерінің жоғарылауы қазандықтың қыздыру беттерінің, атап айтқанда экран беттерінің қождануын арттыруға ықпал ететіндігін көрсетеді. Осылайша, күнбағыс қабығының құрамы мен оның қасиеттеріне сәйкес, оны қазандық қондырғысының шамалы өзгерістерімен отын ретінде пайдалану мүмкіндігі туралы қорытынды жасауға болады.

Бу қазандықтары бар қазандықтың жұмыс істеуі үшін Е-16-2,4-350р айналмалы камераны құра отырып, жану камерасын жаңарту қажет, ол үшін эжекторлар мен саптамалар арасында есептелген қайталама ауаның таралуы есебінен 100–150 кгс/м² қысыммен ауа үрлеуі жасалады.

Сонымен қатар, келесідей өзгерістер енгізілсін: отынды беру жүйесіндегі пайдалануға шнекті конвейер, вибрациялық тиеуші немесе гравитациялық бункер мөлшерлеген қондырғысымен ұлғайту;

бетінің жану және артық ауа коэффициентін жану камерасында, сондай-ақ жүйесін өзгерту түтін газдарын тазарту қондырғысымен сүзгілерінің.

Кілтті сөздер: күнбағыс қабығы, өсімдік қалдықтары, жылу генерациясы, жаңартылатын энергия көздері, құйынды жағу.

S. Nikiforov[1], A. K. Kinzhibekova[2], Sh. M. Nurkina[3], A. E. Karmanov[4], E. V. Orishevskaya[5]
[1,2,3,4,5]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Accepted for publication on 28.11.23.

ANALYSIS OF THE USE OF ORGANIC WASTE AS FUEL IN BOILER PLANTS

The article analyzes the possibility of using sunflower husks as a pot for heat generation on a steam boiler.

The analysis of the composition of sunflower husk shows that, compared with the coal of the Karazhyr deposit, its lower heat of combustion is 20 % lower, while the ash content and humidity are significantly lower. The composition of sunflower husk ash shows that the increased content of alkali metal oxides contributes to an increase in slagging of boiler heating surfaces, in particular screen surfaces. Thus, according to the composition of sunflower husk and its properties, it can be concluded that it can be used as fuel with minor changes in the boiler unit.

For the operation of the boiler room with steam boilers E-16-2,4-350R requires modernization of the furnace chamber with the creation of a vortex chamber, for which an air blast with a pressure of 100-150 kgf / m2 is created due to the calculated distribution of secondary air between the ejectors and nozzles.

In addition, the following changes are necessary: in the fuel supply system, use a screw conveyor, a vibrating loader or a gravity hopper with a metering device; increase the gorenje surface area and the excess air coefficient in the combustion chamber, as well as change the flue gas cleaning system with the installation of bag filters.

Keywords: sunflower husk, vegetable waste, heat generation, renewable energy sources, vortex combustion.

FTAMP14.37.27

https://doi.org/10.48081/RSLQ6655

Н. Н. Оспанова[1], А. С. Аканова[2], М. С. Байбусинова[3]
[1,3]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.,
[2] С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.
*e-mail: nazira_n@mail.ru

ОНЛАЙН КУРС ҚОСЫМШАСЫНЫҢ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛІ

Ақпараттық технологиялардың адам қызметінің барлық салаларында кеңінен қолданылып, қарқынды дамуына байланысты сапалы және тиімді веб-қосымшалар мен оның мобильді қосымшаларын құруға деген сұраныс артып келеді, адам қызметін жеңілдететін қосымшалар да көптеп әзірленуде. Веб қосымшалар мен мобильді қосымшаларды қолданудың басты артықшылықтарының бірі – интернет ресурстағы ақпаратқа, қажетті материалдарға оңай және жылдам қол жетімділік тұғызады. Қазіргі таңда қосымша білім беруге бағытталған курстар өте көп. Онлайн платформалық курстар үйден шықпай-ақ әр түрлі дағдыларға ие болуға мүмкіндік береді. Кең таралымдағы жаппай ашық онлайн курстардың көптеген артықшылықтары бар: бұл студенттерге тәлімгерлермен өзара әрекеттесу мүмкіндігі, дайындық деңгейіне және әр оқушының қажеттіліктеріне байланысты сабақты жеке жоспарлау, мысалы оған қол жетімді уақыт. Бұл зерттеуде, осы заманауи онлайн курстарының платформаларын тәжірибелік шешімдер арқылы моделін құру қарастырылған. Яғни онлайн курстарды әзірлеу технологияларын таңдау, бағдарламалық құралдың моделін UML тілін қолдана отырып, ағылшын тіліне арналған онлайн курс әзірлеу болып табылады. Әзірленетін ағылшын тілін оқытудың онлайн курс платформасы қазақ тілді мазмұндағы компьютерлік нұсқасынан мобильді құрылғыларға бейімделген интерактивті құрал болады. Бұл зерттеудің теориялық пен тәжірибелік тиімділігі ол осы мәселені терең зерттеумен, жасалған бағдарламаларға сараптама жасап және ұсынылған модельге қарап, қолданыста ыңғайлы және тиімді қосымша әзірлеу.

Кілтті сөздер: онлайн курс, оқыту платформасы, мобильдік қосымша, модель құру, UML диаграмма.

Кіріспе

Бүгінгі таңда ақпараттық технологиялар саласындағы алдағы 10 жылда өзекті болатын үш тренд бақыланып отыр: «full online», жеткізіп беру секторы және экожүйе деңгейіндегі бәсекелестік. Бірінші тренд «full online»-ға көшу болып тұр, яғни қазіргі уақытта «offline» жасалып жатқандардың барлығын «online» жасайтын боламыз. Екінші тренд – жеткізіп беру секторының өте қарқынды дамуы, бұл адамдардың уақытты ең қымбат және кілтті ресурс ретінде түсініп, уақыттың маңыздылығын түсінуі болып табылады. Ал үшінші тренд экожүйелердің экономикасын дамыту. Осы арқылы үздік сервистер мен платформалар ұсынылатын болады.

Қазақстанда қашықтықтан оқыту технологиясы енгізілгеннен бастап, осы технологияны ақпараттық жүйесін ұсынудың әр түрлі мәселелері жанжақты қарастырылған болатын [1].

Қазіргі таңда білім беру саласындағы ең жоғары сұраныстағы аймақтың бірі қашықтықтан оқыту болып табылады. Бұл салада көптеген платформалар ұсынылуда. Қашықтықтан оқыту жүйесі ресурстарға қызығушылық танытатын пайдаланушыларды іздеуде оқу ресурстарының массивін жылдам шарлай алмағандықтан мобильді клиент негізінде қашықтықтан оқыту жүйесін әзірлеу ұсынылады [2].

Әзірленетін ағылшын тілін оқытудың онлайн курс платформасы қазақ тілді мазмұнда болады, пайдаланушылармен кері байланыс әрекеті ұйымдастырылған және қатемен жұмыс жасауға мүмкіндігі бар, сонымен бірге компьютерлік нұсқасынан мобильді құрылғыларға бейімделген интерактивті құрал болады. Reading Reading бөлмінде әртүрлі мазмұндағы мәтіндердің қазақша-ағылшынша нұсқаларымен бірге, мәтіннің алдында сол мәтінде кездесетін жаңа сөздердің топтамасы беріледі.

Қашықтықтан оқытудың мәселесін шешудің үлкен бағыттарының бірі болып жалпыға арналған ашық онлайн курстары (ЖАОК) табылады. Бұл мәселе бойынша ғалымдар әр түрлі шешімдер ұсынуда, соның ішінде онлайн-бағдарламаның атрибуттарын зерттеуге және тұтынушыларды тартуға бағытталған өнім дизайн стратегиясын әзірлеу үшін пайдалана алатын осы атрибуттар мен олардың деңгейлерінің ең тиімді комбинациясын анықтау [3].

Қашықтықтан оқытуда қолданылатын онлайн сабақтарды ұйымдастыру платформалары сабаққа тиесілі компоненттерді қамтамасыз етуді тырысады, соның ішінде білім алушыларды онлайн сабақта бағалау [4].

COVID-19 пандемиясы кезінде ағылшын тілін үйренуге әлеуметтік желілердің әр түрлі платформаларының ықпал ету деңгейі анықталып,

бағалау жүргізілген [5]. Бұл платформалардың ағылшын тілін оқыту барысында оң жағымды жақтарын анықтауға мүкіндік береді.

Ағылшын тілдерін онлайн оқып, үйрену үшін мобильді қосымшалар кеңінен қолданылады. Әлемде ағылшын тілінің әмбебап дыбысталуына оқыту маңызды оқыту түрі болып саналады. Бірақ та адамдарға ауыр құрылғыларды ұзаққа алып жүру қиындық туғызады, сол себепті ағылшын тілін оқытуға арнлаған мобильді платформасы адамдардың ағылшын тілін үйренуге деген тұтынушылық талаптарына жауап береді. Ағылшын тілін оқып-үйренуге арналған әзірленген мобильді платформалардың негізінде оқыту жүйесін арттыру үшін жасанды интеллект пен тереңдетілген оқыту технологияларын біріктірген тұжырымдамасын енгізу ұсынылады [6].

Сондай-ақ әртүрлі елдерде мобильді оқыту бойынша зерттеулердің жағдайына талдау жасалынған және ағылшын тілін оқып үйренуге арналған мобильді жүйесін құрудың приницптері баяндалып, жүйенің жалпы құрылымы мен қызметтік модульдері ұсынылған [7].

Қазіргі уақытта мәліметтерді өңдеу саласындағы тренд үлкен мәліметтерді машиналық оқыту болып табылады. Сол себепті ғалымдар BP нейрондық желінің алгоритмі негізінде ағылшын тілін оқытуға арналған онлайн жүйелерінің платформаларын ұсынады. Бұнда платформалардың оқыту деңгейін арттыру үшін үлкен мәліметтер негізінде BP нейрондық желісі қолданылады [8].

Оқытушылардың оқыту үрдісінде кездестіретін мәселелерінің бірі сәйкес онлайн оқыту платформасын немесе сәйкесінше хатты қолдану арқылы оқытуды басқару жүйесі (LMS) таңдау. Осындай зерттеулергеқатысты шығарма жазу бойынша үлкен емес онлайн курс әзірленген және ұсынылған. Аталған жалпы ашық онлайн курс (MOOC) Google Classroom-ды қолданатын ағылшын тілінде шығарма жазуға арналған курс болып табылады, сондай-ақ бұл оқыту платфорасы тегін және қолданылуы бойынша қарапайым [9].

Сонымен ғылыми әдебиеттерді оқып, зерттеп, талдау нәтижесі ағылшын тілі оқыту бойынша платформаларды әзірлеудің өзекті екенін көрсетті және оның әлі де болса жан-жақты зерттелуін талап етеді. Бұл зерттеудің мақсаты онлайн курсттарының компьютерлік моделдеуін әзірлеу болып табылады. Алға қойған мақсатқа жету үшін HTML гипермәтінді тілді қолдану үшін инструменттерге талдау жасау және ағылшын тілін онлайн оқытуға арналған платформаны жүзеге асыратын модельді әзірлеу басты негізгі міндеттер қойылды.

Бұл оқыту үшін цифрлық қоғамда онлайн платформаларын әзірлеу маңыздылығы мен уақытты тиімді жұмсау қажеттігін көрсетеді.

Материалдар мен әдістер.

Осы зерттеу жұмысында онлайн оқыту жүргізу платформасын web-қосымша арқылы жүзеге асырылды.

Web-қосымшалар жасау үшін бірнеше құрал-саймандар (программалық редакторлар) пайдалануға болады, оларды әзірлеудің ыңғайлылығына, тиімділігіне және қолдануда қарапайымдылығына, мүмкіндігіне қарап, салыстырып таңдау, олардың ерекшеліктерін, артықшылықтарын қарап пайдаланған дұрыс. Сондықтан бірнеше программалық редакторлар қарастырылды (1-кесте):

Кесте 1 – Web-қосымшалар әзірлеуге арналған программалық редакторлар

Программалық құралдың атауы	Сипаттамасы	Өзгешеліктері
Блокнот	Ең сенімді редактор бұл Windows-қа құрылған тұрақты Notepad мәтіндік редакторы. Веб беттің html кодын блокнотқа жазу үшін қосымша құралдар қажет емес, құжат .html кеңейтілуімен сақталады.	Қолмен жазғанда қате кетуі мүмкін
Notepad	Бұл блокноттың кеңейтілген нұсқасы. Notepad++ тілінде html тегтері ерекшеленеді, ал әзірлеуші кодты беттің денесінен көрнекі түрде ажырата алады.	Сондықтан, кодтағы ықтимал қателер мен дәлсіздіктерді анықтау оңай,
Microsoft FrontPage	Microsoft FrontPage – көрнекі редактор, бірақ Microsoft FrontPage-де кодты қолмен өңдеуге болады. Microsoft FrontPage интерфейсі Microsoft Word интерфейсіне ұқсас.	Мұнда үш режим қол жетімді: қалыпты, HTML және алдын-ала қарау
Macromedia HomeSite	Бұл редактор беттің және сайттың html кодын құру процесін тездетуге көмектеседі. Жұмыс кеңістігі үш бөлікке бөлінген. Біріншісі - html коды бар терезе, екіншісі – пайдаланушының дискіде орналасқан құжаттар тізімі, үшіншісі – қолданушы өз талғамына қарай өзгерте алатын әртүрлі құралдар тақтасы.	Html кодын жазу барысында HomeSite қолданушыға ағымдағы тег үшін мүмкін атрибуттардың тізімін беретін ыңғайлы кеңестер береді, тегтерді өзгертуге болатын белгілі бір түс схемасында ерекшелейді және оларға кіруді тездету үшін құралдар тақтасында жиі қолданылатын тегтерді орналастырады
Sublime Text	Python бағдарламалау тілінде плагиндерді қолдайды. Әзірлеуші сізге өніммен тегін және шектеусіз танысуға мүмкіндік береді, бірақ бағдарлама сізге лицензия сатып алу қажеттілігі туралы хабарлайды.	Кейбір мүмкіндіктері: жылдам навигация, пәрмендер палитрасы, Python плагинінің API интерфейсі, синхронды редакциялау, жоғары икемделеді

Notepad және Notepad++ сияқты мәтіндік редакторлардың артықшылығы олардың қарапайымдылығы мен қол жетімділігін қамтиды. Сонымен

қатар, html-редакторлар мәтіні жиі ақысыз, «қосымша» код жасамаңыз, бұл веб беттің көлемін азайтады. Алайда, мұндай редакторлардың маңызды жетіспеушілігі бұл құрылып жатқан парақтың сыртқы түрін көре алмау және html тілін жақсы білу қажеттілігі.

Қазіргі уақытта Web-қосымшалар құруға арналған көптеген көмекші бағдарламалар, сонымен қатар html, php, css және C, C++, C #, CSS, D, Dylan, Erlang, HTML, Groovy, Haskell, Java, JavaScript, LaTeX, Lisp, Lua, Markdown, MATLAB, OCaml, Perl, PHP, Python, көптеген тілдерді қолдайтын кросс-платформалық мәтіндік редакторлар, R, Ruby, SQL, TCL және XML және плагиндер, синтаксисті бөлектеу құралдары кең таралып әртүрлі қосымшаларды жасауда қолданылады [10, 11].

Бірнеше программалық редокторларды талдау негізінде ағылшын тілінен онлайн платформаны әзірлеу үщін Sublime Text программалық редокторы таңдалынды.

Онлайн платформаны әзірлеместен бұрын оның моделі құрылды. Learning ағылшын курсының веб сайтының құрылымы 1-суретте көрсетілген.

Learning ағылшын курсының Web-қосымшасы – бір-бірімен логикалық түрде бір-бірінен көп веб беттерден тұрады, сонымен қатар сервер мазмұнының орны бар. Learning қосымшасы бірнеше бөлімнен тұрады. Сергіту сәті – бөлімі сөздіктерді жаттауға көмектеседі. Бұл бөлімде белгілі бір ағылшын сөздіктері жазылады, оларды төменде көрсетілген суреттер арқылы табады. Осы кезде студенттер немесе оқушылар сөздіктер жаттайды әрі сергіту ойыны немесе сәті болады. Портфолио – бұл бөлімде ағылшын курсы, қосымша білім алуға бағытталған бөлімі. Сонымен қатар сайтта жаңалықтар бөлімі бар. Сонымен қатар Байланыс, Білім Портфолио бөлімінде Learning course (бұл бөлімде ағылшын тілі курсы бар), Білімдер, Жаңалықтар орналасқан.

Оның ішінде Learning course Ыздік платформалар (мотивация беретін материалдар, кітаптар, веб сайттар немесе платформалар, қосымшалар ұсынылады) және Деңгейлер (ағылшын деңгейі) енгізілген.

Білімдер бөлімі – books, video, reading, vocabulary бөлімдерінен тұрады.

Жаңалықтар бөлімінде онлайн ағылшын курсының сайтына байланысты жаңалықтарды оқи аласыздар, сонымен қатар сайтқа қандай өзгеріс енгізілейін деп жатқандығы турал толық акпарттар біле аласыздар.

Байланыс – бүкіл веб-бетке немесе белгілі бір бөлімге арналған төменгі деректемені анықтайды. Әдетте онда оның негізгі элементінің мазмұны туралы қосымша ақпарат болады, мысалы, автордың аты, байланыс деректері, авторлық құқық немесе лицензия туралы ақпарат, қосымша навигация және т.б. Бұл бөлімде студенттерде сұрақтар туындаған жағдайда жауап алатын көптеген байланыс сілтемелері бар. Олар әлеуметтік желілер.

Learning ағылшын курсының веб сайты Sublime Text бағдарламасымен жасалынды және HTML, CSS, JavaScript бағдарламалау тілдері арқылы жасалынды және жасаудың алдында қосымшаның моделі жасалады.

Сонымен, қосымша әзірлеу барысында талдау, салыстыру әдістері қолданылды. Осы зерттеу әдістерінің нәтижесінде ағылшын тілін үйрету онлайн курсы қосымшасының моделі жасалды.

Ақпараттық технология бағытында модель сызба түрінде беріледі, және ол модельді жасау үшін UML тілінде берілген бірнеше диаграммаға жүгініміз.

Негізінде кез келген қосымшаны әзірлеуде концептуалды модель жасалады. Концептуалды модель дегеніміз ол объектіні, үдерісті және құбылысты, сонымен қатар олардың арасындағы байланысты сипаттайтын сызба. Ол сызбалар әр түрлі диаграммалар түрінде көрсетіледі. Мысалы, қосымшаны немесе бағдарламалық құралды әзірлегенде UML тіліндегі берілген 4-5 диаграмма қоладанылады, онаң ішінде құрылымдық диграмма (класс диаграммасы (class diagram), компонент диаграммасы (component diagram), пакет диаграммасы (package diagram)) мен іс-әрекет диаграммалары (белсенді диаграмма (activity diagram), прецедент диаграммасы (use case), тізбектілік диаграммасы (sequence diagram)) қарастырылады. Құрылымдық диаграммалар әзірленетін қосымшаның архитектурасын және объектілердің орналасуын жалпы қосымшаның құрылымын көрсетеді. Іс-әрекет диаграммалар объектілердің өзара қимыл әрекеттерін, олардың орындалу алгоритмін көрсетеді.

Кез келген модель сызу барысында келесі әрекеттер анықталуы тиіс:

1) пайдаланушылар мен объектілерді анықтау;

2) пайдаланушылардың іс-әрекеттерін анықтау;

3) пайдаланушылар арасындағы өзара байланысты анықтау;

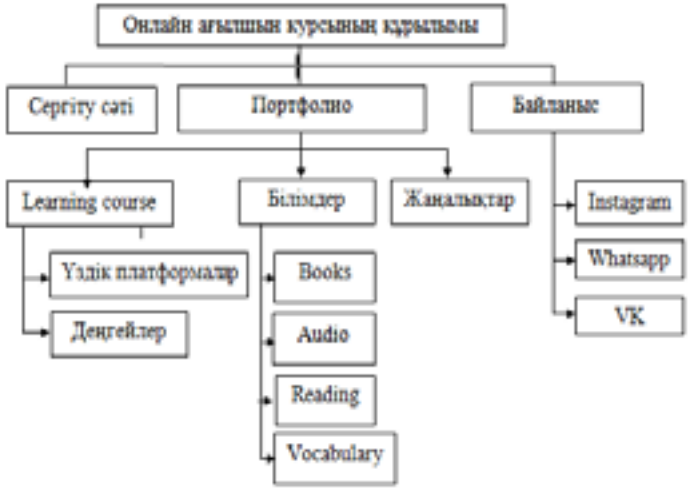
4) диаграмма арқылы қосымшаның құрылымын сипаттау;

5) диаграмма арқылы пайдаланушылардың іс-әрекеті мен өзара байланысын сипаттау.

Қосымшаның диаграммасы әзірленген соң ол диаграммадағы әрекеттерге декомпозиция диаграммасы жасалады, яғни үлкен көлемдегі байланыс ашылып сызылып көрсетіледі.

Талқылаулар мен нәтижесі

Модель жасау барысында қосымшадағы пайдаланатын объектілердің арасындағы қарым қатынас қарастырылып, UML диаграммалары арқылы қосымшаның құрылымын көрсетеді (сурет 1) және жағдай диаграммасы арқылы объектілердің әрекеттері сипатталады (сурет 2).



Сурет 1 – Онлайн ағылшын курсы платформасының құрылымы

Онлайн курстарға арналған қосымшаны әзірлеуде модельдеудің орыны маңызды. Білім беру курсындағы қосымшаның жағдай диаграммасы арқылы жүйемен адамның өзара қатынасын анықтау қажет. Өйткені, мақсатқа жету үшін жүйедегі (платформадағы) келесі әрекеттердің тізбекті әрекеті сипатталып көз алдыда болады. Осыған орай мәліметтерді және жаңа ақпараттың жылжуын модельдеуге болады. Кез келген қосымшаның нәтижесі оның модельдің дұрыс құрылуынан басталады. Модельді әзірлеуде UML тіліндегі use case диаграммасын қолданып, жүйедегі пайдаланушылар (актерлер) және әр қайсысының әрекеттері (жағдайлары/ прецеденттері) анықталады (2 сурет).

Сурет 2 – Онлайн курстар қосымшасының use case диаграммасы

Бұл зерттеуде осы модельді қолданып ағылшын тілі негізінде әзірленген қосымша ұсынылған.

Қосымшадағы суреттер сондай-ақ сурет сілтеме ретінде әрекет ететін белсенді аймақтарды қамтитын сурет ретінде қолданылуы мүмкін. Мұндай карта сыртқы түрі бойынша әдеттегі бейнеден еш айырмашылығы жоқ, бірақ бұл ретте ол әр түрлі формадағы көрінбейтін аймақтарға бөлінуі мүмкін, онда әрбір аймақ сілтеме болады. Әзірлеу барысында HTML тілімен қатар Flexbox технологиясы қолданылған.

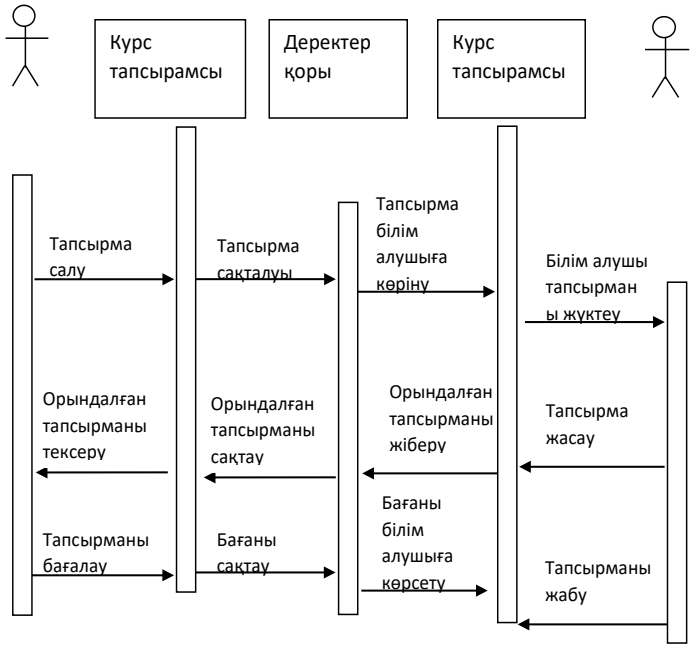
Байланыс бөлімде ағылшын курсымен қалай байланысуға болады соның бәрі көрсетілген, яғни әлеуметтік желілер арқылы байланысу сонымен қатар оларға сілтеме де бар. Мұнда әлеуметтік желілерден Вконтакте, Фейсбук, Инстаграм, Ватсап парақшаларының сілтемелерін пайдаланылды және олардың суреттерін алып, сол суреттің бетін бассаңыздар сілтеме бойынша баруға болады.

Жұмыстын орындалу барысында мақсатқа жетіп ағылшын тілін онлайн оқыту web-қосымшасының құрылымы (1 сурет) және UML тілінде use case диаграммасы ұсынылды (2 сурет) [12]. Осы диаграмма негізінде HTML тілді қолданып тиімді ағылшын тілін үйренуге арналған web-қосымша

жасалды Осы қосымшаның құрылым сызбасына және жағдай моделіне қарап әзірлеушілер универсалды қосымшаларды жылдам жасай алады.

Жалпы қосымша диаграммасындағы «Білім алушы» мен «Оқытушы» арасындағы қатынасты декомпозициялау диаграммасы арқылы келесідей сипаттауға болады (Сурет 3).

Декомпозиция деген ол үлкен бүтін қосымшаны кішкене жеке бөлшектерге бөлу. Декомпозиция ол қателерді табуға және оларды жылдам жоюға себепші.



Сурет 3 – Онлайн ағылшын курсы платформасындағы «Оқытушы» мен «Білім алушының» арасында өзара байланыс

«Оқытушы» мен «Білім алушының» арасында өзара байланыс тізбектік диаграмма арқылы көрсетілген. Бұл байланыстағы пайдаланушылар арасындағы әрекет жеке сипатталып, декомпозиция арқылы көрсетілген. Егер әзірлеушіге түсінікті болмай жатқанда бұл байланысты да декомпозициялап, «Білім алушының» нақты қандай тапсырма (Listening, Reading, Writig) таңдайтынын көрсетуге болады.

Қорытынды

Әрине, әртүрлі платформаларды әзірлеу барысында сол платформаның моделін жасап, ондағы барлық прецеденттерді анықтап бизнес-процесстерін сипаттап алу керек [13]. Ұсынылған модель бойынша кез келген тілді үйренуге, немесе басқа да пәндерді үйренуге универсалды модель ұсынылған. Модель жасалған соң платформа жасаудың тілдері мен технологиялары қарастырылады.

Онлайн ағылшын курсы web-қосымшасын әзірлеу және жүзеге асыру Sublime Text бағдарламасымен жасалынды және HTML, CSS, JavaScript бағдарламалау тілдері арқылы жүзеге асады. Use case арқылы негізі субъетілермен олардың әрекеттері анықталып көрсетілді.

ПАЙДАНЫЛҒЫН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Baigusheva, K. M., Baigabylov, N. O., Jarassova, G. S., Akanova, A. S.** Realization of Distance Educational Technologies on the Basis of Automated Informational System [Text] // Procedia-Social and Behavioral Sciences. – 2013. – T. 89. – P. 436–439.

2 **Chen, X., Tang, J.** Remote Tutoring System of Ideological and Political Course Based on Mobile Client [Text] // Advanced Hybrid Information Processing : 6th EAI International Conference, ADHIP 2022, Changsha, China, September 29–30, 2022, Proceedings, Part I. – Cham : Springer Nature Switzerland. – 2023. – P. 339–352.

3 **Shrivastava A., Shrivastava A.** Decoding and designing massive open online courses (MOOCs) [Text] // Interactive Technology and Smart Education. – 2023. – T. 20. – № 1. – P. 89–105.

4 **Akanova, A., Ospanova, N., Abildinova, G., Ulman, M.** Assessment tools for evaluating knowledge of online students [Text] // Proceedings of the 13th International Conference Efficiency and Responsibility in Education. – 2016. – P. 9–18.

5 **Muftah, M.** Impact of social media on learning English language during the COVID-19 pandemic // PSU Research Review. – 2022.

6 **Y Cui, H Li.** Evaluation System of Mobile English Learning Platform by Using Deep Learning Algorithm [Text] // Mobile Information Systems. – 2022. – T. 2022

7 **Li H.** Application of an Internet of Things Oriented Network Education Platform in English Language Teaching [Text] // Advances in Multimedia. – 2022. – T. 2022

8 **Chen, M., Yuan, Z.** Teaching mode of english language and literature based on artificial intelligence technology in the context of big data // Mobile Information Systems. – 2022. – T. 2022. – P. 1–11.

9 **Lin, M. H.** The Construction of an English Composition MOOC Using Google Classroom[Text] // JALT CALL Journal. – 2021. – T. 17. – № 3. – P. 277-297

10 **Khaled, B., Mokayef, M., Wong, C.H., Summakieh, M.H.D.A., Mokayef, M.** Table Tennis Tournament Scores and Statistics Web Application / [Text] // Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics, 2023, pp. 793–800.

11 **Niemiec, W., Borges, R., Cota, E.** Mobilex : a generic framework for cross-platform mobile development based on web language [Text] // ACM International Conference Proceeding Series. – 2022. – P. 347–352.

12 **Mashkoor, A., Egyed, A.** Evaluating the alignment of sequence diagrams with system behavior [Text] // Procedia Computer Science. – 2021. – T. 180. – P. 502–506.

13 **Alves, C., Monteiro, H.** Integrating Exploitative and Explorative Thinking in Business Process Analysis: A Conceptual Model and Method [Text] // Revista de InformáticaTeórica e Aplicada. – 2021. – T. 28. – No 1. – P. 47–62.

REFERENCE

1 **Baigusheva, K. M., Baigabylov, N. O., Jarassova, G. S., Akanova, A. S.** Realization of Distance Educational Technologies on the Basis of Automated Informational System [Text] // Procedia-Social and Behavioral Sciences. – 2013. – T. 89. – P. 436–439.

2 **Chen, X., Tang J.** Remote Tutoring System of Ideological and Political Course Based on Mobile Client [Text] // Advanced Hybrid Information Processing: 6th EAI International Conference, ADHIP 2022, Changsha, China, September 29-30, 2022, Proceedings, Part I. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2023. – P. 339–352.

3 **Shrivastava A., Shrivastava, A.** Decoding and designing massive open online courses (MOOCs)[Text] //Interactive Technology and Smart Education. – 2023. – T. 20. – № 1. – P. 89–105.

4 **Akanova, A., Ospanova, N., Abildinova, G., Ulman, M.** Assessment tools for evaluating knowledge of online students [Text] // Proceedings of the 13th International Conference Efficiency and Responsibility in Education. – 2016. – P. 9–18.

5 **Muftah, M.** Impact of social media on learning English language during the COVID-19 pandemic // PSU Research Review. – 2022.

6 **Y. Cui, H. Li.** Evaluation System of Mobile English Learning Platform by Using Deep Learning Algorithm [Text] // Mobile Information Systems. – 2022. – T. 2022

7 **Li, H.** Application of an Internet of Things Oriented Network Education Platform in English Language Teaching [Text] // Advances in Multimedia. – 2022. – T. 2022.

8 **Chen, M., Yuan, Z.** Teaching mode of english language and literature based on artificial intelligence technology in the context of big data //Mobile Information Systems. – 2022. – T. 2022. – P. 1–11.

9 **Lin M. H.** The Construction of an English Composition MOOC Using Google Classroom[Text] //JALT CALL Journal. – 2021. – T. 17. – №. 3. – P. 277–297

10 **Khaled, B., Mokayef, M., Wong, C. H., Summakieh, M. H. D. A., Mokayef,** M.Table Tennis Tournament Scores and Statistics Web Application [Text] // Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics, 2023, P. 793–800.

11 **Niemiec, W., Borges, R., Cota, E.** Mobilex : a generic framework for cross-platform mobile development based on web language [Text] // ACM International Conference Proceeding Series. – 2022. – P. 347–352.

12 **Mashkoor, A.,Egyed, A.** Evaluating the alignment of sequence diagrams with system behavior [Text] // Procedia Computer Science. – 2021. – T. 180. – P. 502–506.

13 **Alves, C., Monteiro, H.** Integrating Exploitative and Explorative Thinking in Business Process Analysis: A Conceptual Model and Method [Text] // Revista de InformáticaTeórica e Aplicada. – 2021. – T. 28. – No 1. – P. 47–62.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

**Н. Н. Оспанова[1], А. С. Аканова[2], М. С. Байбусинова[3]*
[1,3]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[2]Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана.
Принято к изданию 28.11.23.

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОНЛАЙН КУРСА

В связи с широким применением и быстрым развитием информационных технологий во всех сферах деятельности человека растет спрос на создание качественных и эффективных веб-приложений и его мобильных приложений, разрабатываются и приложения, облегчающие деятельность человека. Одним из главных преимуществ использования веб-приложений и мобильных приложений является то, что интернет создает на ресурсе легкий и наглядный доступ к нужным материалам. В настоящее время существует очень много курсов, направленных на дополнительное образование. Онлайн-платформенные курсы позволяют получить различные навыки, не выходя из дома. Широко распространенные массовые открытые онлайн-курсы имеют много преимуществ: это возможность для студентов взаимодействовать с наставниками, индивидуально планировать занятия в зависимости от уровня подготовки и потребностей каждого ученика, например, время, доступное для него. В данном исследовании рассматривается создание модели современных платформ для онлайн-курсов с помощью практических решений. То есть разработка онлайн-курса по английскому языку с рассмотрением шагов по выбору технологий разработки онлайн-курсов, разработке модели программного обеспечения с помощью UML диаграмм. Теоретическая и практическая эффективность данного исследования заключается в том, что оно является удобным и эффективным приложением к применению с углубленным изучением данной проблемы, экспертизой разработанных программ и рассмотрением предложенной модели.

Ключевые слова: онлайн курс, обучающая платформа, мобильное приложение, создание модели, UML диаграмма.

**N. N. Ospanova[1], A. S. Akanova[2], M. S. Baibussinova[3]*
[1,3]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[2]Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Republic of Kazakhstan, Astana.
Accepted for publication on 28.11.23

COMPUTER MODEL OF APPLICATION FOR ONLINE COURSE

Due to the widespread use and rapid development of information technologies in all spheres of human activity, the demand for the creation of high-quality and effective web applications and its mobile applications is growing, and applications that facilitate human activity are being developed. One of the main advantages of using web applications and mobile applications is that the Internet creates easy and visual access to the necessary materials on the resource. Currently, there are a lot of courses aimed at additional education. Online platform courses allow you to get various skills without leaving home. Widespread mass open online courses have many advantages: it is an opportunity for students to interact with mentors, individually plan classes depending on the level of training and needs of each student, for example, the time available for him. This research the creation of a model of modern online courses platforms

using practical solutions. That is, the development of an online course in English with consideration of steps for the selection of technologies for the development of online courses, the development of a software model, the development of a prototype. The theoretical and practical effectiveness of this study lies in the fact that it is a convenient and effective application for use with in-depth study of this problem, examination of the developed programs and consideration of the proposed model.

Keywords: online course, training platform, mobile application, modeling, UML diagram.

МРНТИ 44.29.33

https://doi.org/10.48081/RNHH2479

***Ж. К. Оржанова[1], А. А. Боканова[2], Ж. Н. Исабеков[3]**

[1]Академия логистики и транспорта, Республика Казахстан, г. Алматы;
[2]Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана;
[3]Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави, Республика Казахстан, г. Туркестан
*e-mail: zhanar.orzhanova@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФАЗОПОВОРОТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Статья посвящена актуальной проблеме – управлению режимами работы энергосистемы для обеспечения регулирования потоков электроэнергии.

Для воздушных линий электропередач (ВЛЭП) электроэнергетических систем (ЭЭС) Казахстана с большим количеством параллельных линий разного класса напряжения и значительной протяженности характерно неоптимальное распределение потоков мощности.

Развитие и внедрение устройств координации для управления фазами режимных параметров приводящих к перераспределению активных и реактивных мощностей по элементам электропередачи способствует повышению управляемости энергетической системы.

В статье рассмотрены инновационные технологии гибких (управляемых) систем электропередач на переменном токе FACTS на основе фазоповоротного трансформатора (ФПТ).

Для оптимального потокораспределения, снижения потерь и повышения пропускной способности, разработанных и эксплуатируемых зарубежными энергокомпаниями, было проведено сопоставление и анализ функциональных особенностей ФПТ.

Исследования проводились на универсальных стендах ЭВ-4 и ТОЭ-335.1 для определения углов поворота и фазовых сдвигов.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, потокораспределение, управляемость, потери, FACTS, фазоповоротные трансформаторы, фазовый сдвиг, углы поворота.

Введение.

Одним из основных мероприятий в плане осуществления Концепции развития электроэнергетической отрасли Республики Казахстан на 2023–2029 годы является создание и ввод в эксплуатацию системы «Интеллектуальная энергосистема» [1].

Создание такой системы предполагает вовлечение в равной степени в функциональную деятельность всех субъектов электроэнергетики.

К 2035 году с учетом динамики потребления электроэнергии для их обеспечения в Единой энергетической системы (ЕЭС) Республики Казахстан запланирован ввод 17,5 ГВт установленных генерирующих мощностей, основой организации которых станут внедрение разнообразных инновационных технологии Генерирующие мощности возрастут на 73 %. В сообщениях АО KEGOC [2] перспектива изменении конфигурации Национальной электрической сети (НЭС) осуществится с использованием высокоинтегрированных, интеллектуальных и современных технологии Smart Grids.

Для повышения управляемости и эффективности работы ЕЭС, стабильности и функционального покрытия снабжения потребителей электрической энергией обширно вводятся прогрессивные технологии гибких (управляемых) систем электропередач переменного тока FACTS (Flexible Alternative Current Transmission Systems) [3, 4], являющейся частью подсистем технологии Smart Grids «умные сети». С использованием гибких систем возможно регулирование потокораспределения среди объединенных электроэнергетических систем, а также в распределительных сетях, что способствует эффективному использованию межсистемных связей с учетом их ресурсов, оптимизации эксплуатации энергетического оборудования и конъюнктуре рынка электроэнергии.

Установкой, настройкой и эксплуатацией устройств FACTS в электроэнергетической системе достигается стабилизация напряжения, повышение управляемости, оптимизация потокораспределения, снижение потерь, сглаживание низкочастотных колебаний, усиление статической и динамической устойчивости, повышение пропускной способности линий и качество электроэнергии [5].

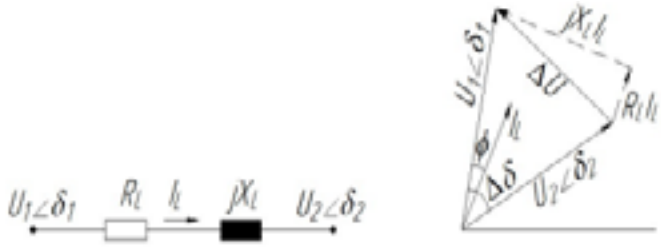
Для оптимального управления энергопотоками в 3-х фазных электрических сетях в Западной Европе, США, России и Казахстане используются относительно дешевые и технологически простые – фазоповоротные трансформаторы (ФПТ), назначение которых в образовании дополнительного фазового сдвига меж напряжениями первичных и вторичных шин. В процессе эксплуатации для ФПТ специфичным является подбор его оптимального угла сдвига фазы, который в основном выбирается сезонно по требованиям надежной устойчивой загрузки элементов сети. Например,

во Франции при напряжении 225 кВ углы регулирования составляет -3540, во Франции, Нидерландах и Германии при 400 кВ. При том же напряжении в США углы регулирования

В Казахстане имеется собственный опыт эксплуатации ФПТ, установленного в 2009 году на ПС (подстанции) 500 кВ Ульке. Отметим тот факт, что это первая установка ФПТ на постсоветском пространстве [6].

Материалы и методы

При написании статьи использовались основные положения теории электрических цепей (ТЭЦ), системы линейных уравнений. На рисунке 1 показаны углы, которые мы использовали для анализа управляемости потоков мощности ФПТ.



а) б)

а) эквивалентная схема; б) векторная диаграмма

Рисунок 1 – Углы поворота на выходе ФПТ

Напряжения U_1 и U_2 с углами сдвига δ_1 и δ_2 вводятся на концах рисунка 1а. Сопротивление участка показано как последовательное соединение реактивного сопротивления с активным [6-7]. Значение комплексного тока, протекающего на участке обусловлен разностью потенциалов на ее концах:

$$I_L = \frac{U_1 - U_2}{Z_L} = \frac{U_1 < \delta_1 - U_2 < \delta_2}{R_L + jX_L}. \quad (1)$$

где L_1 – комплексное значение сопряженного тока линии, U_1– напряжение фазы.

Поставив выражение (1) и значение полной мощности S, устанавливаем:

$$S_1 = \frac{U_1 U_2}{\frac{R_L^2 + X_L^2}{X_L}} sin\Delta\delta + \frac{U_1^2 - U_1 U_2 cos\Delta\delta}{\frac{R_L^2 + X_L^2}{R_L}} +$$

2

$$+j\left(\frac{U_1^2 - U_1 U_2 cos\Delta\delta}{\frac{R_L^2 + X_L^2}{X_L}} - \frac{U_1 U_2}{\frac{R_L^2 + X_L^2}{R_L}} sin\Delta\delta\right),$$

где – $\Delta\delta = \delta_1 - \delta_2$ сдвиг фаз относительно 1 и 2 узлами. С учетом идеализированной линии без потерь, т.е. при R_L получим:

$$P_1 = \frac{U_1 U_2}{X_L} sin\Delta\delta, \quad (3)$$

$$Q_1 = \frac{U_1^2 U_1 U_2 cos\Delta\delta}{X_L}. \quad (4)$$

Из выражений (3) и (4) P_1 и Q_2 являются функциями переменных сопротивлений и фазового угла сдвига меж напряжениями. По теории, изменяя эти параметры, можно оказывать воздействие на изменение распределения активной и реактивной мощностей в случае сложной замкнутой конфигурации электрической сети. По формуле (3) регулирование активной мощностью возможно изменением угла $\Delta\delta$, что возможно при применении фазоповоротных трансформаторов (ФПТ) с тиристорным управлением, которые относятся к устройствам FACTS.

Используя материалы зарубежных авторов [7] по использованию вольтодобавочных трансформаторов для напряжений входа-выхода пришли к выводу, что напряжения увеличиваются при больших фазовых сдвигах.

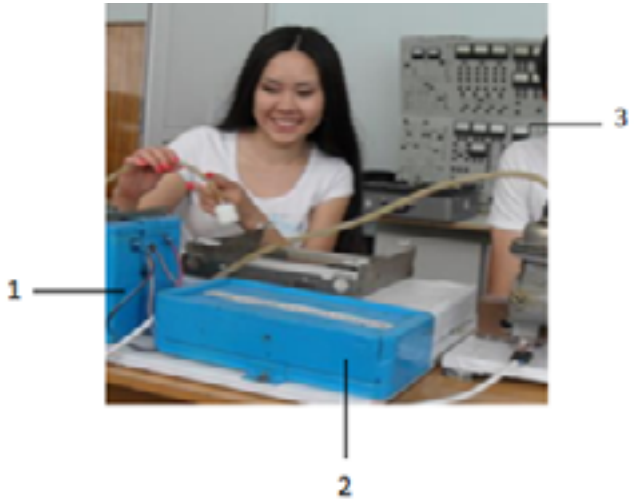
Результаты и обсуждение

В современном мире за рубежом эксплуатируются ФПТ – phase-shifting transformer (PST) где число витков переключается механически обмоток трансформатора с РПН (регулирование под нагрузкой) – on load tap changers (OLTS). Рынок ФТП представлен фирмами ABB, Siemens, Elin, Alstom (Westinghouse) и др.

В данном разделе представлены результаты исследования малогабаритного ФПТ для определения углов поворота Разнообразность

представленных на рынке продукции отличается в способах образования добавочного (регулируемого) вектора напряжения, различия углов поворота и преобразованного сдвига углов поворота вектора регулируемого напряжения. Исследования проводились с помощью виртуальных приборов (ВП). В отличие от реальной панели управления стационарного измерительного прибора, такая виртуальная панель может быть многократно перестроена в процессе работы для адаптации к конкретным условиям эксперимента. В зависимости от используемой платы и программного обеспечения пользователь получает измерительный прибор под ту или иную задачу.

Сочетание платы сбора данных, измерительного устройства и персонального компьютера предоставляет человеку новые возможности, недостижимые при использовании автономных измерительных приборов. На рисунке 2 показан экспериментальный стенд [8–10].



1– трансформатор; 2 – полупроводниковый коммутатор на высоковольтных тиристорах; 3 – универсальный стенд
Рисунок 2 – Экспериментальный стенд

В основе ФПТ заложен принцип вынужденной коррекции значения угла φ . Для определения угла поворота использовался учебный стенд «ВП ТОЭ-335.1», на панели коннекторов которого выбираем из меню «Приборы II» элементы для моделирования углов поворота $\Delta\delta$ (Рисунок 3).

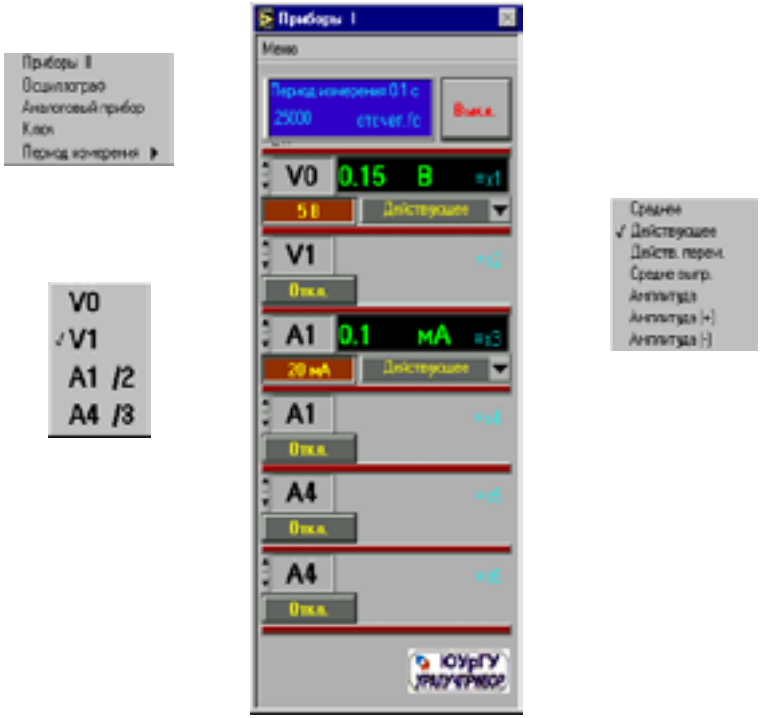


Рисунок 3 – Виртуальные приборы стенда ТОЭ-335.1

Выбор оптимальной настройки ФПТ зависит от полупроводникового коммутатора на высоковольтных тиристорах (TCPST – Thyristor-Controlled Phase-Shifting Transformer), которые позволяют плавно подстраиваться под текущий режим работы электроэнергетической системы, обеспечивая ее устойчивость в переходных процессах с оптимальными параметрами.

Выводы.

Работа на универсальных стендах позволила определить углы поворота Δδ и фазовый сдвиг φ, что предопределяет возможность широкого применения ФПТ в электроэнергетике Казахстана. В таблице представлены результаты эксперимента [8-10].

Таблица 1 – Углы регулирования ФПТ для разных классов напряжений

Номинальное напряжение линии, кВ	**Углы регулирования, эл.градусы**	**Мощность передачи, МВА**
110		100-120
220	-35/+35	200-260
500		1000-1200

Из таблицы видно, что чем выше напряжение, тем меньше угол регулирования ФПТ. Изменения углов поворота определялись с помощью виртуального осциллографа ЦЗО-01 из меню стенда ВП ТОЭ-335.1.

К преимуществам виртуальных приборов относится также их экономическая эффективность, так как практически любая плата сбора данных компьютерных программ обработки измерительной информации дешевле реального измерительного прибора.

Совершенно очевидно, что многие исследовательские задачи в XXI веке будут решаться с помощью виртуальных приборов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Концепция развития электроэнергетической отрасли Республики Казахстан на 2023–2029 годы от 28 марта 2023 года № 263 [Электронный ресурс]. – adilet.zan.kz.

2 **Велиев Ф.** KEGOC должен обеспечить запуск умных сетей к 2035 году [Электронный ресурс]. – kz.kursiv.media.

3 **Мисриханов, М. Ш., Рябченко, В. К., Ситников, В. Ф.** Основы технологии FACTS // Электро-Info. – 2007. – декабрь.– С.61–69.

4 **Hug-Glanzmann G.** Coordinated power flow control to enhance steady-state security in power systems. Dissertation, Swiss Federal Institute of Technology. – Zurich 2008.

5 **Ушаков, В. А.** Современные проблемы электроэнергетики : учебное пособие. – Томский политехнический университет: – Изд-во ТПУ, 2013. – 448 с.

6 **Грибов, Д. С.** Повышение пропускной способности ВЛ-500 кВ Жетыкара-Ульке : дисс.маг. – Алматы : АУЭС, 2013. – 72 с.

7 **Mekonnen M. T.,** Belmans R. The influence of phase shifting transformers on the results of flowbased market coupling // 9th International Conference on the European Energy Market (EEM12) – Florence, Italy, May 10–12. – 2012.

8 **Fei Z., Hongyang Y.** Steady state phasor modeling and analysis of hierarchically switched thyristor controlled phase shift transformer // Power System Technology – 2013. – 37 (11). P. 184–3189.

9 **Ванин, В. К., Евдокунин, Г. А., Николаев, Р. Н., Попов, М. Г., Искаков, А. К., Оспанов, Б. К., Утегулов Н. И.** Система РЗА фазорегулирующего устройства сверхвысокого напряжения // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем : сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. – М. : Научноинженерное информационное агенство, 2009. – С. 182–192.

10 **Боканова, А. А.** Методы и средства измерений электрических величин. Учебное пособие. – Астана : ЕНУ имени Л. Н. Гумилева, 2013. –232 с. ISBN 978-601-7429-48-5.

REFERENCES

1 Kontseptsiya razvitiya elektroenergeticheskoy otrasli Respubliki Kazakhstan na 2023-2029 gody ot 28 marta 2023 goda № 263. [The concept of development of the electric power industry of the Republic of Kazakhstan for 2023-2029 dated March 28, – 2023 No. 263]. [Electronic resource]. – adilet.zan.kz.

2 **Veliyev, F.** KEGOC dolzhen obespechit' zapusk umnykh setey k 2035 godu [KEGOC must ensure the launch of smart grids by 2035]. – [Electronic resource]. kz.kursiv.media.

3 **Misrikhanov, M. Sh., Ryabchenko, V. K., Sitnikov, V. F.** Osnovy tekhnologii FACTS. [Fundamentals of FACTS technology] // Elektro-Info. – 2007. december. – P.61–69.

4 **Hug-Glanzmann, G.** Coordinated power flow control to enhance steady-state security in power systems. Dissertation, Swiss Federal Institute of Technology. – Zurich, 2008.

5 **Ushakov, V. A.** Sovremennyye problemy elektroenergetik i : uchebnoye posobiye [Modern problems of the electric power industry]. – Tomskiy politekhnicheskiy universitet : – Publishing House, 2013. – 448 p.

6 **Gribov, D. S.** Povysheniye propusknoy sposobnosti VL-500 kV Zhetykara-Ul'ke: diss.mag. [Increasing the capacity of 500 kV overhead line Zhetykara-Ulke] – Almaty : AUPET, 2013. – 72 p.

7 **Mekonnen, M. T., Belmans, R.** The influence of phase shifting transformers on the results of flowbased market coupling // 9th International Conference on the European Energy Market (EEM12). – Florence, Italy, May 10–12. – 2012.

8 **Fei, Z., Hongyang, Y.** Steady state phasor modeling and analysis of hierarchically switched thyristor controlled phase shift transformer // Power System Technology. – 2013 – 37(11). P. 184–3189.

9 **Vanin, V. C., Evdokunin, G. A., Nikolaev, R. N., Popov, M. G., Iskakov, A. K., Ospanov, B. K., Utegulov, N. I.** Sistema RZA fazoreguliruyushchego ustroystva sverkhvysokogo napryazheniya [Relay protection system of ultra-high

voltage phase control device] // Sovremenny`e napravleniya razvitiya relejnoj zashhity` i avtomatiki e`nergosistem: sb. dokl. mezhdunar. nauch.-texnich. konf. [Text]. – Moscow : Nauchno-inzhenernoe informacionnoe agentstvo, 2009. – P. 182–192.

10 **Bokanova, A. A.** Metody i sredstva izmereniy elektricheskikh velichin. Uchebnoye posobiye [Methods and means of measuring electrical quantities] –Astana : ENU im.L.N.Gumileva, 2013. – 232 p. – ISBN 978-601-7429-48-5.

Принято к изданию 28.11.23.

Ж. К. Оржанова[1], А. А. Боканова[2], Ж. Н. Исабеков[3]
[1]Логистика және көлік академиясы, Казақстан Республикасы, Алматы қ;
[2]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Казақстан Республикасы, Астана қ;
[3]Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Казақстан Республикасы, Түркістан қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСЫНДА ФАЗАЛЫҚ АЙНАЛМАЛЫ ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫ ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Мақала өзекті мәселеге – электр энергиясының ағындарын реттеуді қамтамасыз ету үшін электр жүйесінің жұмыс режимдерін басқаруға арналған.

Қазақстанның электр энергетикалық жүйелерінің (ЭЭЖ) әртүрлі кернеу класындағы және едәуір ұзындықтағы параллель желілерінің көп саны бар әуе электр беру желілері (ӘЭЖ) үшін қуат ағындарының оңтайлы бөлінбеуі тән.

Электр беру элементтері бойынша белсенді және реактивті қуаттарды қайта бөлуге әкелетін режимдік параметрлердің фазаларын басқару үшін үйлестіру құрылғыларын дамыту және енгізу энергетикалық жүйенің басқарылуын арттыруға ықпал етеді.

Мақалада фазалық айналмалы трансформаторға (ФАТ) негізделген facts айнымалы токтағы икемді (басқарылатын) электр беру жүйелерінің инновациялық технологиялары қарастырылған.

Шетелдік энергетикалық компаниялар әзірлеген және пайдаланатын оңтайлы ағынды бөлу, шығындарды азайту және өткізу қабілетін арттыру үшін ФАТ функционалдық ерекшеліктерін салыстыру және талдау жүргізілді.

Зерттеулер айналу бұрыштары мен фазалық сдысуларды анықтау үшін ЭВ-4 және ТОЭ-335.1 әмбебап стендтерінде жүргізілді.

Кілтті сөздер: электр энергиясы жүйесі, ағынның таралуы, өңдеу, жоғалту, фактілер, фазалық айналмалы трансформаторлар, фазалық сдысу, кернеу.

Zh. K. Orzhanova[1], A. A. Bokanova[2], Zh. N. Issabekov[3]
[1]Academy of Logistics and Transport, Republic of Kazakhstan, Almaty;
[2]L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Astana;
[3]Khoja Ahmet Yasawi International Kazakh-Turkish University,
Republic of Kazakhstan, Turkestan.
Accepted for publication on 28.11.23.

PROSPECTS FOR THE USE OF PHASE-REVERSAL TRANSFORMERS IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

The article is devoted to an urgent problem – the management of the operating modes of the power system to ensure the regulation of electricity flows.

Non-optimal distribution of power flows is characteristic for overhead power transmission lines (PTL) of electric power systems (EPS) in Kazakhstan with a large number of parallel lines of different voltage classes and considerable length.

The development and implementation of coordination devices for controlling the phases of regime parameters leading to the redistribution of active and reactive capacities across power transmission elements contributes to improving the controllability of the energy system.

The article discusses innovative technologies of flexible (controlled) AC power transmission systems FACTS based on a phase-reversal transformer (FRT).

For optimal flow distribution, reducing losses and increasing throughput, developed and operated by foreign power companies, a comparison and analysis of the functional features of the FRT was carried out.

The studies were carried out on universal stands EV-4 and TOE-335.1 to determine the angles of rotation and phase shifts.

Keywords: electric power system, flow distribution, controllability, losses, FACTS, phase-reversal transformers, phase shift, voltage.

МРНТИ 50.05, 50.41

https://doi.org/.48081/VQFC9074

И. А. Пирманов[1], К. Т. Кошеков[2], Б. К. Сейдахметов[3], Я. М. Курбанов[4], Қ. Асқадұлы[5]
[1,2,3,4]Академия Гражданской Авиации, Республика Казахстан, г. Алматы,
[5] Восточно-Казахстанский технический университетимени Д. Серикбаева, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск.
e-mail: i.pirmanov@agakaz.kz

МОДЕЛЬ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ С ТЕХНОЛОГИЕЙ DIGITAL TWIN

Исследование технологии Digital Twin в учебном процессе представляет особый интерес, так как дает совершенно новые возможности для предоставления информации и получения как теоретических и практических знаний. В работе рассмотрена перспективные направление развития в рамках образовательного процесса.

Изучено развитие LMS систем и Digital Twin технологий. Анализировано ииспользование Moodle совместно с лицензией GNU GPL дает ряд преимуществ. Данный пакет документов распространяется под лицензией GNU GPL, при этом проект относится к категории Open Source. Лицензионное соглашение GNU GPL позволяет распространять программное обеспечение свободно с обязательным предоставлением исходного кода. В рамках исследования в Moodle был интегрирован пакет SCORM, который передает в локальное ключевые параметры и получает ответы на запросы. Таким образом был определен обмен данными между образовательной онлайн системой и локальным приложением с Digital Twin технологией.

В ходе исследовательской деятельности была успешно разработана новая модель учебной платформы с интегрированной Digital Twin технологией, которая может взаимодействовать с локальным приложением, которое позволяет ограничить распространение специальных материалов, предназначенных для служебного использования.

Ключевые слово: Digital Twin, LMS, система, технология, платформа, программное обеспечения

Введение

В 21 веке в образовательном процессе задействованы информационно-коммуникационные технологии. Двумя наиболее перспективными направления развития в рамках образовательного процесса являются развитие LMS систем и DT технологий [1-3].

Интеграция данных технологий в образование должно оказать положительный синергетический эффект. В первую очередь изучим LMS. Данные системы предназначены для полного администрирования учебного процесса. В период пандемии, связанной с COVID 19, одним из наиболее широко применяемых программных обеспечений стал пакет Moodle. Второе преимущество использования Moodle – модульность платформы [4-6]. Данная система как платформа является модульной. Moodle имеет широкий функционал, который позволяет гибко настраивать процесс публикация обучающих материалов и процесс изучения материалов по параметру затрачиваемого времени на изучение материала.

Третьим преимуществом является легкая развертываемость данной системы в качестве образовательной платформы.

Материалы и методы

Использование Moodle совместно с лицензией GNU GPL дает ряд преимуществ. Первое – данный пакет документов распространяется под лицензией GNU GPL, при этом проект относится к категории Open Source. Лицензионное соглашение GNU GPL позволяет распространять программное обеспечение свободно с обязательным предоставлением исходного кода. При наличии таких мер, внешние по отношению к заинтересованным лицам, эксперты способны отследить наличие вредоносного кода, что позволяет обеспечивать определенный уровень безопасности при помощи независимых и добровольных инспекций исходного кода.

Фиксируется практически каждое действие, связанное с пользователями. При отсутствии соответствующего функционала есть возможность использования дополнительных модулей, которые также являются Open Source. Модули могут расширить функционал Moodle. Более того, модульный подход позволяет интегрировать популярные сервисы, такие как Zoom, Google Meet, Big Blue Button, Google Calendar. В случае отсутствия готового решения по части наличия модулей с соответствующим функционалом, можно разработать собственный дополнительный модуль, что позволит полностью обеспечить нужный функционал [7,8].

Данный пакет программного обеспечения не требует знания языков программирования для развертывания системы. От пользователя операционной системы Windows требуется только распаковать архив, запустить приложение Start.exe для запуска функции раздачи открытого доступа, а затем перейти в браузере по адресу локального хоста, что не представляется сложным.

С учетом изложенного необходимо обратить внимание на то, что при дополнении Moodle соответствующим кодом и модернизировать его при помощи фирменных стилей, то можно получить внешне неузнаваемую образовательную платформу [9,10].

Результаты и обсуждение

В рамках исследования «Разработка комплекса интерактивных обучающих программ по технологическим процессам ремонта авиационной техники», в Moodle был интегрирован пакет SCORM, который передает в локальное ключевые параметры и получает ответы на запросы. Таким образом был определен обмен данными между образовательной онлайн системой и локальным приложением с DT технологией. Онлайн платформа размещена на сервере АО “Академия Гражданской Авиации”. Главная страница на платформе приведена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Главная страница Moodle

Как видно на рисунке на платформе размещен только 1 курс, который называется детали и агрегаты вертолета Ми-8. Данный курс содержит в себе теоретический лекционный материал, основанный на документации по ремонту данного типа ВС. Также в объеме курса предоставлены обучающие видеоматериалы по производству сборки и разборки агрегатов вертолета Ми-8.

Благодаря модульности Moodle образовательная платформа позволяет избегать жесткой типизации контента, который будет размещаться в рамках курса. Пример мультитипизации контента приведен на рисунке 2. Однако использование тех или иных дополнений к Moodle задает некоторые технические ограничения. Среди них потребность использования определенного типа файлов с контентом. Примером такого ограничения является использование видеофайлов с расширением «.WebM» для модуля интеграции интерактивного видео, однако это не означает что видео других форматов не удастся разместить, так как речь идет непосредственно о модуле интерактивного видео, в котором при просмотре допускается активное взаимодействие с пользователем, при котором онлайн проигрыватель оснащается дополнительными функциональными кнопками для взаимодействия с пользователем.

Рисунок 2 – Представление контента различных типов

Типизация контента и типизация файлов являются лишь условными, так как обучающее видео может относиться как к заданиям, так и к теоретическому материалу, что существенно расширяет возможности производства обучения. Такой подход позволяет производить качественную и более оперативную подготовку специалистов по обслуживанию вертолета Ми-8. Образовательная система является кроссплатформенной, что позволяет использовать ее практически на любом устройстве, более того, задействована полноценная веб-версия, которая существенно облегчает ее использование и позволяет открывать ее на устройствах, не имеющих мобильных приложений.

Непосредственно на рисунке 2 приведено 4 типа контента, которые в настоящее время используются в данной системе. Первый тип контента - лекция. Материал размещается как текстовый контент страницы. Естественно что режиме офлайн материал не будет доступен, однако скорость загрузки учебного материала при использовании веб-версии значительно выше, чем при размещении при помощи сторонних модулей. Еще одним преимуществом является факт того, что корректное отображение контента гарантировано только на платформе. Для создания копий материалов будет затрачено много времени, что является нецелесообразным. Пример размещенного лекционного материала приведен на рисунке 3.

Рисунок 3 – Пример лекционного материала

Следующим типом контента является интерактивное обучающее видео. Оно размещается при помощи стороннего материала и имеет ограничение по поддерживаемым типам файлов. Допускается применение файлов типа «.mp4» и «WebM». Соответствующие инструкции приведены на рисунке 4.

Во время съемок использовался формат видеозаписи с расширением «.MOV», который не соответствует. Для применения результатов видеосъемки в указанном модуле интерактивного видео необходимо произвести конвертацию видео. Для решения этой задачи используется Format Factory. Данное программное обеспечение используется для прямого преобразования одного формата видео в другой. При этом также допускается возможность применения видеоредакторов KDEnlive или Open Shot. При таком рассмотрении производятся временные затраты на добавление контента и повторной кодировки видео со съемки в нужный формат.

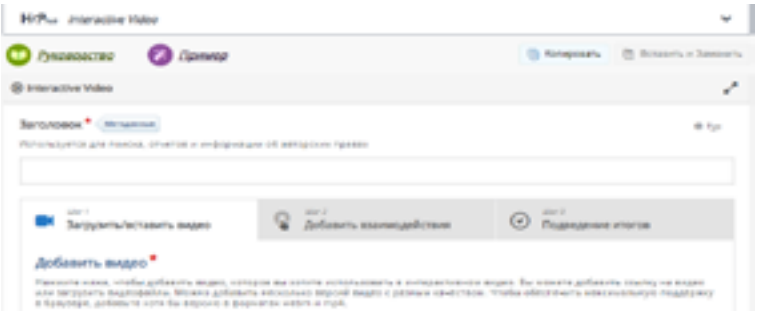


Рисунок 4 – Модуль загрузки в модуль интерактивного видео

Следующим после модуля с интерактивным видео стоит модуль тестовых заданий. Данный модуль предназначен для производства контроля теоретических знаний обучающегося. Тестовые задания имеют широкий спектр форм предоставления заданий. Среди них следующие:

- установление соответствия;
- выбор только одного правильного из множества;
- выбор нескольких правильных;
- открытый тест с требованием ввести ответ.

При наличии столь широкого инструментария по реализации тестовых заданий необходимо учитывать фактор изменения формата задания, что требует изменения операционной деятельности, что повлечет технические ошибки, даже если человек будет знать верный ответ.

Рисунок 5 – Вопрос тестового задания на установление соответствия

Следуя заданной последовательность после тестового задания стоит модуль с пакетом SCORM. Данный пакет необходим для реализации перехода из онлайн платформы в локальное приложение SP2.exe. Приложение находится на стадии тестирование и все еще дорабатывается. Однако уже в настоящее время доступен функционал по обмену данными из локального

приложения с пакетом SCORM на сервере. Пример содержимого SCORM пакета представлен на рисунке 6.

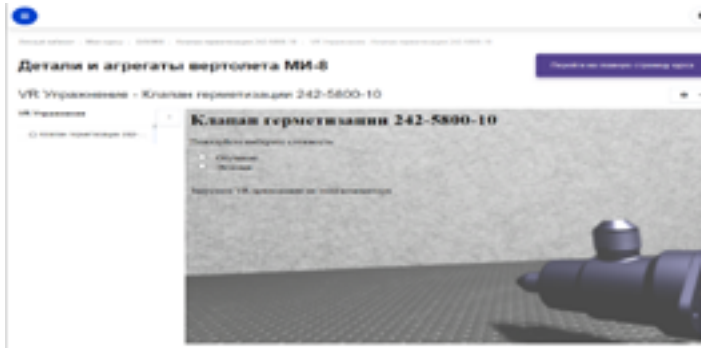


Рисунок 6 – Содержимое SCORM пакета

Данный модуль позволяет использовать локальное приложение в двух режимах, при этом режим заранее определяется на сервере. Особенностью данной реализации является потребность в том, что локальное приложение должно быть запущено перед тем, как удаленный сервер отправит запрос на локальный компьютер для обмена данными.

В случае отсутствия запущенного экземпляра исполняемого файла SP2.exe, которое является приложением виртуальной реальности, демонстрирующей рабочую среду, в которой предусмотрено выполнение рабочих операций специалиста по ремонту вертолета Ми-8, модуль пакета SCORM выдаст уведомление о том, что необходимо запустить приложение на локальном компьютере. При активации пакета на сервере и запуске локального приложения на компьютере в локальное приложение поступает запрос на ведение журнала выполняемых действий.

В режиме обучения данный журнал может помочь в работе над ошибками, однако в режиме экзамена данный журнал позволяет оценить количество ошибочных действий в операционной деятельности обучающегося при производстве ремонта вертолета.

В настоящее время получен прототип комплексной образовательной системы, который включает в свою структуру серверную платформу для изучения материала и проверки теоретических материалов и локальный клиент для производства теоретико-практического обучения в виртуальном пространстве. Структура приведена на рисунке 7.

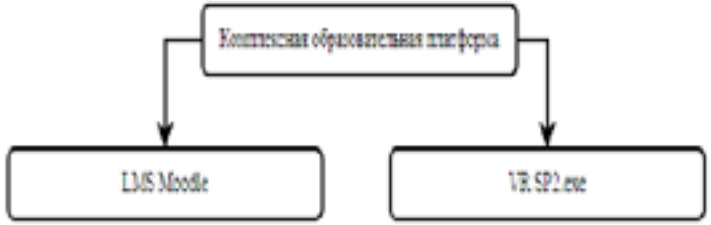


Рисунок 7 – Упрощенная структурная схема комплексной образовательной платформы

Исходя из предложенной структуры изучим преимущества и недостатки. В первую очередь отметим что для функционирования комплексной системы необходимо функционирование всех ее составляющих.

В нашем случае комплексная образовательная платформа включает в себя Moodle и SP2.exe. Так как используются информационные технологии, то в первую очередь необходимо соблюдать требование безопасности и непрерывности информационного потока. Это позволит стабильно функционировать системе. Безопасность необходима для сохранения уникального контента, в том числе и того, который предназначен строго для служебного использования. Защищенная информационная база позволит избежать подтасовки результатов и утечки данных об обучающихся.

Удаленный сервер имеет ряд уязвимостей, среди них высокая нагрузка по Интернет трафику и защищенность коммуникационных линий на уровне шифрования данных. Чем больше удаленность сервера от пользователя тем больше коммуникационных линий задействовано в передаче информации, таким образом увеличение числа коммуникационных линий влечет к увеличению числа уязвимых мест в процессе коммуникации.

Таким образом преимуществом образовательной платформы является ее удаленная доступность, а недостатком является рост числа уязвимостей по мере удаленности сервера.

Рассмотрим вариант технической реализации платформы. Учитывая факт того, что используются технологии удаленного доступа, можно отметить факт того, система может использоваться в локальной сети. Более того, при реализации удаленного сетевого доступа возникает потребность в создании более высокой иерархии ролей.

Если доступ будет реализован по локальной сети, то количество ролей и сложность иерархии уменьшатся. Более того в рамках ограниченной сети с известным количеством устройств, можно обеспечить фильтрацию устройств

при помощи MAC адресов, что послужит естественным защитным средством от постороннего доступа к сети.

Рисунок 8 – Схема доступа к удаленному серверу

Согласно схеме, приведенной на рисунке, можно заключить, что доступ к образовательной платформе будет ограничен. Исходя из этого необходимо детерминировать роли и права доступа к платформе. Определим главное условие существует три группы пользователей, которые заходят на платформу:

Технический администратор;

Учебный администратор;

Обучающийся.

В обязанности технического администратора входит развертывание и техническое обслуживание платформы, а также интеграция дополнений и обновление версий программного обеспечения. Учитывая большую трудоемкость Технических администраторов должно быть больше одного человека, так как направление технического администрирования имеет несколько направлений: front-end, back-end, fullstack.

Учебный администратор должен отслеживать качество размещаемого контента. Более того он должен отслеживать прогресс обучающегося и если учебный администратор является также преподавателем, то он должен помочь обучающемуся усвоить объем лекционного материала и работать вместе с обучающимся над ошибками.

Обучающийся имеет ограниченный доступ к материалам, размещаемым на платформе. Также стоит отметить что обучающийся имеет ограниченное количество прав по отношению к работе с контентом. По факту он может только просматривать контент и проходить тестирование. Приведем иерархическую диаграмму распределенного доступа с использованием закона дистрибутивности.

Рисунок 9 – Диаграмма распределения администраторского права с учетом закона дистрибутивности

Несмотря на то, что одни администраторские права происходят из других администраторских прав, их целевое применение является различным. В соответствии с изложенным ранее приведем на рисунке 10 иерархию прав по их целевому применению.

Иерархия строго нисходящая, это говорит о том, что обучающийся не может повлиять на администраторские права учебного администратора, также как и учебный администратор не может повлиять на администраторские права технического администратора. Однако технический администратор может повлиять как на права учебного администратора, так и на права обучающегося. Таким образом формируется трехуровневая техническая и функциональная система распределения доступа и прав.

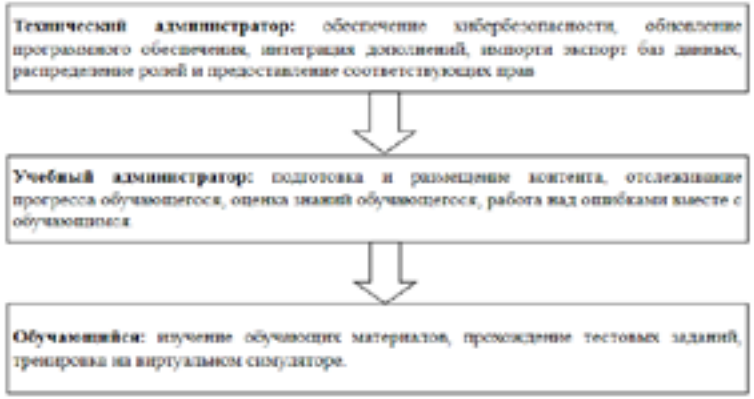


Рисунок 10 – Иерархия распределения технических прав на платформе

Не смотря на то, что в системе предусмотрено только три технических администраторских уровня по умолчанию, при производстве кастомизации платформы под задачи конкретного учреждения возможна настройка практически неограниченного количества администраторов, однако перед реализацией требуется строгое распределение полномочий каждого администратора на его уровне, для распределения ролей.

Заключение

В заключении всего вышеописанного необходимо отметить, что в ходе исследовательской деятельности была успешно разработана новая модель учебной платформы с интегрированной DT технологией, которая может взаимодействовать с локальным приложением, которое позволяет ограничить распространение специальных материалов, предназначенных для служебного использования. При этом система является максимально гибкой и доступной практически с любого устройства. В целях обеспечения безопасности сеть также может иметь ограничения на подключение устройств по их MAC адресам, что существенно влияет на доступность и контроль допусков к учебным материалом наравне с контролем безопасности. При этом система продолжает оставаться многопользовательской.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Piovesan, S. D., Passerino L. M., Pereira Ad.S.** Virtual reality as a tool in the education. // IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA); Madrid, Spain. – 2012. P. 295–298.

2 **Qurat-ul-Ain, Shahid F., Aleem, M., Islam, A., Iqbal, M., Yousaf, M.** A review of technological tools in teaching and learning computer science. // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. – 2019. – 15(11). – P. 17. – https://doi.org/10.29333/ejmste/109611

3 **Seegerer, S., Romeike, R.** Computer science as a fundamental competence for teachers in other disciplines. // In Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE). – New York, USA – 2018. P. 1–2. https://doi.org/10.1145/3265757.3265787

4 **Stosic, L., Stosic, I.** Perceptions of teachers regarding the implementation of the internet in education. // Computers in Human Behavior. 2015. – 53. P. 462–468. https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.027

5 **Tatnall, A., Davey, B.** Reflections on the history of computers in education. IFIP Advances in Information and Communication Technology. – USA, 2014. –424. P. 129–152.

6 **Collins, A., Halverson, R.** Rethinking Education in the Age of Technology : The Digital Revolution and Schooling in America. Teachers College Press; New York, USA. – 2018. P. 12.

7 **Kaminska, D., Sapinski, T., Wiak, S., Tikk, T., Haamer, R., Avots E., Helmi, A., Ozcinar C., Anbarjafari, G.** Virtual Reality and Its Applications in Education : Survey. Information; Switzerland; 2019. – 10(10):318. – P. 20. https://doi.org/10.3390/info10100318

8 **Lazar, I., Panisoara, I. O.** Understanding the role of modern technologies in education : A scoping review protocol. // Psychreg Journal of Psychology; University of Bucharest, Romania. – 2018. 2. P. 74–86. https://doi.org/10.5281/zenodo.1788345

9 **Lan, Y. J.** Immersion into virtual reality for language learning. Psychology of Learning and Motivation. – 2020. 72. P. 1–26. https://doi.org/10.1016/bs.plm.2020.03.001

10 **Lan, Y. J.** Immersion into virtual reality for language learning. Psychology of Learning and Motivation. – 2020. 72. P. 1–26. https://doi.org/10.1016/bs.plm.2020.03.001

Принято к изданию 28.11.23.

**И. А. Пирманов[1], К. Т. Кошеков[2], Б. К. Сейдахметов[3], Я. М. Курбанов[4], Қ. Асқадұлы[5]*
[1,2,3,4]Азаматтық авиация академиясы Қазақстан Республикасы, Алматы қ;
[5]Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университет Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ЦИФРЛЫҚ ЕГІЗДЕР ТЕХНОЛОГИЯСЫНА АНАЛИТИКАЛЫҚ ПЛАТФОРМА МОДЕЛІ

Оқу процесінде Digital Twin технологиясын зерттеу ерекше қызығушылық тудырады, өйткені ол ақпарат беру және теориялық және практикалық білім алу үшін мүлдем жаңа мүмкіндіктер береді. Жұмыста оқу үдерісі аясындағы дамудың перспективалық бағыттары қарастырылған.

LMS жүйелері мен Digital Twin технологияларының дамуы зерттелді. Талданған және Moodle-ды GNU GPL лицензиясымен бірге пайдалану бірқатар артықшылықтарды береді. Бұл құжаттар пакеті GNU GPL лицензиясы бойынша таратылады, ал жоба Open Source санатына жатады. GNU GPL лицензиялық келісімі бастапқы кодты міндетті түрде қамтамасыз ету арқылы бағдарламалық жасақтаманы еркін таратуға мүмкіндік береді.

Зерттеудің бір бөлігі ретінде SCORM пакеті Moodle бағдарламасына біріктірілді, ол негізгі параметрлерді жергіліктіге жібереді және сұраныстарға жауаптар алады. Осылайша, онлайн білім беру жүйесі мен Digital Twin технологиясы бар жергілікті қолданба арасындағы деректер алмасу анықталды.

Ғылыми-зерттеу іс-шаралары барысында біріктірілген Digital Twin технологиясы бар білім беру платформасының жаңа моделі сәтті әзірленді, ол ресми пайдалануға арналған арнайы материалдарды таратуды шектеуге мүмкіндік беретін жергілікті қосымшамен әрекеттесе алады.

Кілтті сөздер: Digital Twin, LMS, жүйе, технология, платформа, бағдарламалық қамтамасыз ету.

**I. Pirmanov[1], K. Koshekov[2], B. Seidakhmetov[3], Ya. Kurbanov[4], K. Askaduly[5]*
[1,2,3,4] Academy of Civil Aviation, Republic of Kazakhstan, Almaty,
[5] East Kazakhstan Technical University D. Serikbayeva,
Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk

Accepted for publication on 28.11.23

ANALYTICAL PLATFORM MODEL WITH DIGITAL TWIN TECHNOLOGY

The study of Digital Twin technology in the educational process is of particular interest, as it provides completely new opportunities for providing information and obtaining both theoretical and practical knowledge. The paper considers promising areas of development within the framework of the educational process.

The development of LMS systems and Digital Twin technologies has been studied. Analyzed and the use of Moodle in conjunction with the GNU GPL license provides a number of advantages. This package of documents is distributed under the GNU GPL license, while the project belongs to the Open Source category. The GNU GPL license agreement allows you to distribute the software freely with the obligatory provision of the source code. As part of the study, the SCORM package was integrated into Moodle, which transmits key parameters to the local and receives responses to requests. Thus, the data exchange between the online educational system and the local application with Digital Twin technology was defined.

In the course of the research activities, a new model of the educational platform with integrated Digital Twin technology was successfully developed, which can interact with a local application that allows you to limit the distribution of special materials intended for official use.

Keywords: Digital Twin, LMS, system, technology, platform, software.

МРНТИ 621.313.3

https://doi.org/10.48081/OMUQ1901

***Д. М. Рахимбердинова[1], А. Н. Новожилов[2], Е. Н. Колесников[3], Т. А. Новожилов[4]**

[1]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[2]Омский государственный технический университет, Российская Федерация, г. Омск
e-mail: Di_lara83@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ КОРОТКОЙ СЕТИ РУДОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА МАГНИТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ТОКА

В мощных печах рудотермического производства величина тока в короткой сети достигает величины 35–150 кА. Поэтому в них вторичная обмотка печного трансформатора выполняется в виде изолированных друг от друга расщеплений, а шинный пакет короткой сети изготавливается из такого же числа пар трубошин. Все они присоединяются к печному трансформатору и электродам печи с помощью компенсаторов и гибких связей. При этом трубошины в шинном пакете размещаются бифилярно в шахматном порядке с воздушными промежутками 20-40мм. Поэтому основными электрическими повреждениями короткой сети являются дуговые замыкания (ДЗ) между трубошинами и разрывы в их цепях. Для защиты от ДЗ все трубошины защищаются при помощи изоляции токоведущих частей, которая в процессе эксплуатации печи разрушается под влиянием окружающей среды, и возникают условия для возникновения ДЗ, которое, способно разрушить шинный пакет. Разрывы являются следствием многочисленных перемещений элементов короткой сети под действием температуры и перемещения электродов в процессе эксплуатации. После возникновения такого разрыва ток в поврежденной паре трубошин становится равным нулю. Это приводит к увеличению тока в неповрежденных парах трубошин, их перегреву и резкому сокращению службы. Однако диагностика этого вида повреждений, как правило, осуществляется по косвенным признакам. Этих недостатков лишена

предложенная простая и дешевая токовая защита на двух магнитных трансформаторах тока (МТТ), которые следует размещать вне шинного пакета короткой сети.

Ключевые слова: рудотермическая печь, печной трансформатор, короткая сеть, шинный пакет, трубошины, измерительный преобразователь, магнитный трансформатор тока, схемы защиты.

Введение

В рудотермическом производстве передача электрической энергии от печного трансформатора 1 к электродам 2 печи осуществляется с помощью короткой сети по схеме, приведенной на рисунке 1,а. В соответствии с этим рисунком и [1-3] короткая сеть состоит из неподвижных элементов в виде шинного пакета 3 и подвижных элементов в виде компенсатора 4, гибких связей 5; системы башмаков и контактных щек [1–3].

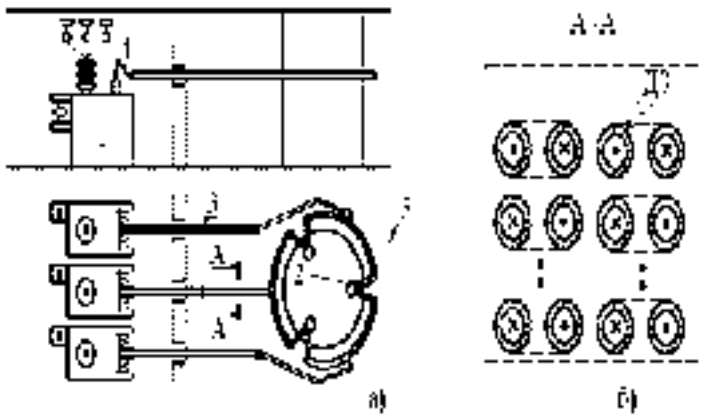


Рисунок 1 – Схемы расположения трубошин в шинном пакете (а) и расщепленной вторичной обмотки на трансформаторе (б)

Рабочие токи в короткой сети достигают порядка 35-150кА. В связи с этим вторичную обмотку печного трансформатора выполняют расщепленной, а число пар трубошин в шинном пакете, проводников компенсатора и гибких связей короткой сети принимают равным числу этих расщеплений. В связи с этим основными электрическими повреждениями в короткой сети являются возникновение разрывов в цепях расщеплений, которые располагаются в областях размещения их подвижных элементов, и дуговые замыкания (ДЗ) между трубошинами одного расщепления [2].

Практически всегда трубошины в шинном пакете размещаются бифилярно в шахматном порядке с воздушными промежутками 20-40мм [2]. Один из основных вариантов такого размещения трубошин в шинном пакете показан на рисунке 1,б. Из этого рисунка видно, что шинный пакет имеет два вертикальных ряда пар трубошин и G горизонтальных рядов. Направление тока в трубошинах этого шинного пакета обозначенное знаками (✕) и (●). Такое размещение трубошин с токами в шинном пакете позволяет значительно снизить величину его магнитного поля от токов в нем. Что сопровождается снижением его индуктивного сопротивление и потерь электроэнергии в нем [1–3]. Именно из-за такого расположение трубошин в шинном пакете в нем возможно только ДЗ между трубошинами одного расщепления, которое обычно сопровождается увеличением тока в трубошинах примерно в два раза.

В настоящее время от ДЗ в шинном пакете с помощью наложения на все трубошины изоляции из нескольких слоев липкой стеклоткани [1,2]. Однако короткая сеть работает в условиях высоких температур, а также при наличии в воздухе большого количества угольной пыли и абразивных продуктов горения печи. В связи с этим под воздействием такой окружающей среды в процессе эксплуатации происходит интенсивное разрушение этой изоляции. В результате за счет возникновения проводящих мостиков из угольной пыли между трубошинами может произойти замыкание в паре трубошин и возникнуть электрическая дуга, которая при рабочих токах печи за доли секунды способна инициировать полное разрушение дорогостоящего шинного пакета. То есть своевременное отключение повреждения такого вида позволит значительно сократить размеры повреждения и стоимость ремонта.

Основным видом электрического повреждения подвижных элементов является возникновение в них разрыва. Такой разрыв может возникнуть за счет многочисленного изменения длины элементов короткой сети под действием температуры или при перемещении электродов в процессе эксплуатации электрической печи. Обычно после такого разрыва ток в поврежденной паре трубошин становится равным нулю. В тоже время при неизменном режиме работы рудотермической печи происходит значительное увеличение тока в неповрежденных парах трубошин. Это приводит к их перегреву с соответствующими последствиями. Однако контроль появления этого вида повреждений во время эксплуатации рудотермической печи в настоящее время не проводится.

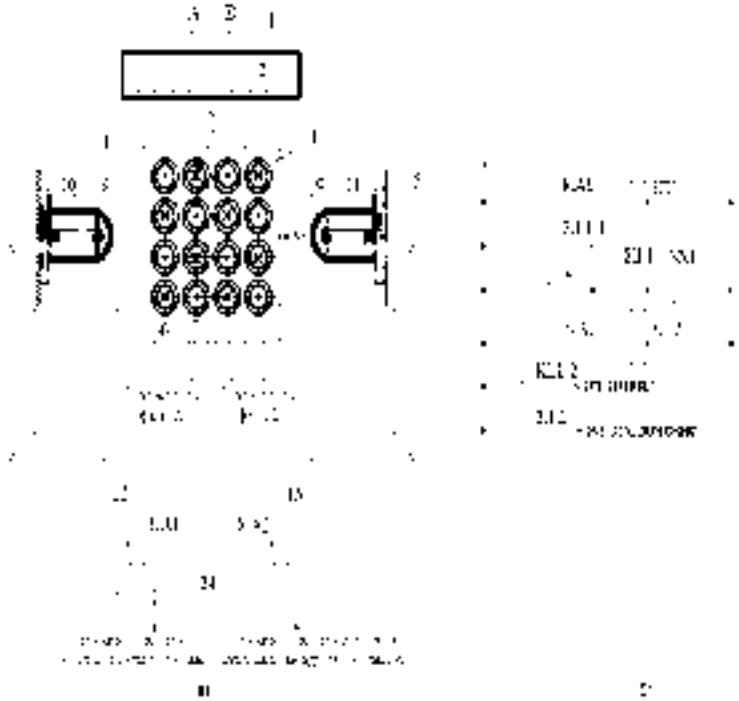
Материалы и методы

Глубокий анализ доступных источников информации показал, что для этих целей можно использовать токовые защиты, в которых в качестве измерительного преобразователя используется измерительный

преобразователь в виде одного магнитного трансформатора тока (МТТ) [4,5]. Защита токопровода с двумя трубошинами в вертикальных рядах от обрывов гибких связей и коротких замыканий в цепях расщеплений разработана в [5]. Ее работа основана на измерении магнитного поля шинного пакета. Для этого в [5] МТТ располагают относительно шинного пакета так, чтобы плоскость его измерительной катушки совпадала с горизонтальной плоскостью, проходящей через горизонтальную ось симметрии сечения шинного пакета. Такое устройство защиты способно быстро выявлять ДЗ и обрывы во всех элементах короткой сети, своевременно информировать персонал о виде повреждения и отключать печной трансформатор от сети. Однако чувствительность защиты с таким МТТ в значительной степени будет зависеть от места расположения пары трубошин, где произошло короткое замыкание или обрыв в их цепи, если шинные пакеты короткой сети имеют два вертикальных ряда трубошин при G горизонтальных рядов.

Уменьшения этой зависимости можно добиться, если в устройстве токовой защиты шинного пакета использовать измерительный преобразователь из двух МТТ. Расположение МТТ такой защиты относительно шинного пакета, их конструкция, а также схемы цепей защиты по переменному и постоянному оперативному току приведены на рисунках 2,а и 2,б соответственно.

МТТ измерительного преобразователя 5 защиты, также как и в [5], выполняются в виде плоских многовитковых катушек 8 и 9 помещаемых в электроизолирующие корпуса 10 и 11. В соответствии с рисунком 2 при реализации защиты их располагают симметрично относительно шинного пакета 4 короткой сети. При этом плоскость этих катушек совпадала с горизонтальной плоскостью, проходящей через горизонтальную ось симметрии сечения этого шинного пакета. Выводы 12 и 13 обмоток катушек МТТ 8 и 9 измерительного преобразователя 4 соединяются последовательно и присоединяются к реагирующему органу 14, выполненному в виде двух соединенных последовательно токовых реле КА1 и КА2 с разной величиной порога срабатывания.



1 – печной трансформатор; 2 – расщепление вторичной обмотка; 3 – трубошины; 4 – шинный пакет; 5 – измерительный преобразователь; 6, 7 – поврежденные трубошины; 8, 9 - плоские катушки МТТ; 10, 11 – электроизолирующие корпуса МТТ; 12, 13 – выводы измерительного преобразователя; 14 – реагирующий орган; КА1 и КА2 – токовые реле реагирующего органа.

Рисунок 2 – Расположение магнитных трансформаторов тока и схема защиты токопровода короткой сети

Если МТТ измерительный преобразователь и шинный пакет изготовлены и установлены идеально, то при таком их взаимном расположении сумма ЭДС, индуктируемых в обмотках МТТ, будет равняться нулю [5]. Однако, на практике это не так. Изготовить и установить МТТ и шинный пакет идеально практически всегда не удается. Поэтому на выходе обмоток МТТ появится небаланса $E_{нб}$. Под действием этой ЭДС в нормальных режимах работы в соответствии со схемой защиты по переменному току на рисунке

2,а в соединенных последовательно токовых реле КА1 и КА2 будет протекать ток небаланса, величину которого можно определить как

$$\dot{I}_{нб} = \dot{E}_{нб} / (Z_{мтт} + Z_{ка1} + Z_{ка2}), \quad (1)$$

где $Z_{МТТ}$ – полное сопротивление МТТ; $Z_{ка1}$ и $Z_{ка2}$ – полное сопротивление реле КА1 и КА2.

Пороги срабатывания этих реле различны [5–8]. Токовое реле КА1 реагирующего органа предназначено для выявления обрыва цепи одной из пар трубошин. То есть оно не должно срабатывать в самом тяжелом нагрузочном режиме печи. Поэтому его порог срабатывания определяется как

$$I_{ср1} = I_{нб,max} k_{отс}, \quad (2)$$

где $I_{нб,\ max}$ – максимальное значение тока небаланса в нагрузочном режиме работы; $k_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,1–1,3.

От броска тока намагничивания в этом случае защита не отстраивается, так как включение трансформатора в сеть производится с поднятыми электродами. При этом токи в короткой сети равны нулю. Однако для избежания ложной работы защиты при опускании электродов шихту используется задержка по времени с помощью реле тока КА1 (рисунок 2,б). Это вполне допустимо, так как задержка по времени не приводит к увеличению тяжести аварии.

Токовое реле КА2 реагирующего органа предназначено для защиты от ДЗ цепи одной из пар трубошин. В связи с этим оно не должно срабатывать при обрыве цепи в одной из пар трубошин и при опускании электродов шихту. В связи с этим его порог срабатывания выбирается как

$$I_{ср2} = I_{ср1} k_{отс}. \quad (3)$$

На рисунке 3 приведены зависимости величин ЭДС Е1 и Е2, полученные при перемещении МТТ 10 и 11 измерительного преобразователя 5 вдоль вертикальной оси Y для случаев, когда отсутствуют повреждения в шинном пакете, при обрыве в цепи трубошин 6 и 7, а также при ДЗ между двумя этими трубошинами.

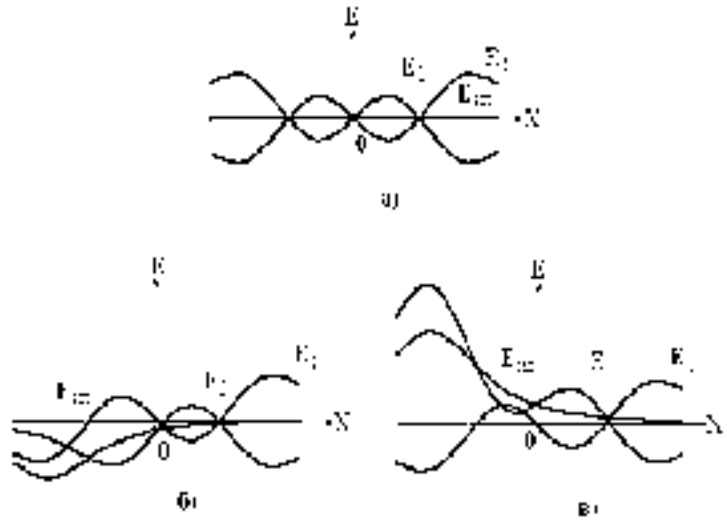


Рисунок 3 – Результаты моделирования составляющих магнитного поля пакета трубошин в нормальном режиме (а), при обрыве гибкой связи (б) и ДЗ в паре трубошин 6 и 7 (в)

Работает устройство защиты следующим образом. В нормальных режимах работы токопровода с рядным, бифилярным расположением в нем трубошин токи во всех трубошинах одинаковы по величине, а их направление соответствует тому, как показано на рисунке 2 [9–10].

В связи с этим, а также в соответствии с рисунком 3,а величины ЭДС Е1 и Е2 в катушках 8 и 9, лежащих на горизонтальной плоскости, проходящей через горизонтальную ось симметрии X, будут отличаться незначительно. При этом ЭДС $E_{ип}$ измерительного преобразователя 5, определяемая как сумма электродвижущих сил Е1 и Е2 в катушках элементов 8 и 9 будет равна ЭДС $E_{нб}$ небаланса. Поэтому в обмотках реле КА1 и КА2 протекает ток небаланса $I_{нб}$, который меньше порога срабатывания реле КА1, а следовательно и реле КА2. В связи с этим токовые реле КА1 и КА2, а также промежуточные реле KL1 и KL2 на рисунке 2, б находятся в исходном положении, а их контакты разомкнуты. Поэтому сигналы о наличии в короткой сети электрических повреждений отсутствуют.

При обрыве, например в цепи пары трубошин 6 и 7 токопровода в катушках 8 и 9 МТТ в соответствии с рисунком 7,б появятся разные по величине ЭДС Е1 и Е2. В результате ЭДС $E_{ИП}$ измерительного преобразователя 5, определяемая суммой этих ЭДС возрастет. И если при

этом ток в цепи токовых реле КА1 и КА2 тока превысит ток срабатывания токового реле КА1 $I_{ср1}$, то это реле сработает, и подаст напряжение на реле времени КТ. Через время срабатывания $t_{ср}$ контакты КТ этого реле замкнутся, вызовут срабатывание промежуточного реле KL1, которое через контакт KL1.1 станет на самоудержание, а через контакт KL1.2 сформирует сигнал о наличии обрыва в шинном пакете короткой сети. После устранения обрыва поврежденной пары трубошины при нажатии на кнопку SX1 защита возвращается в исходное состояние.

При ДЗ, например между трубошинами 6 и 7 в катушках 8 и 9 МТТ в соответствии с рисунком 3,в появятся разные по величине ЭДС Е1 и Е2, сумма которых вызовет в цепи токовых реле КА1 и КА2 ток. И если величина этого тока превысит ток срабатывания токового реле КА2, а именно величину $I_{ср2}$, то одновременно сработают реле КА1 и КА2. Однако поскольку реле КА1 выдает сигнал с выдержкой времени $t_{ср}$, а реле КА2 мгновенно, то контакты этого реле КА2 замкнутся и через промежуточное реле KL2 при помощи контакта KL2 сформируют сигнал на отключение печного трансформатора от сети.

Результаты и обсуждения

Таким образом, предлагаемое устройство токовой защиты рудотермического производства на МТТ способно защитить токопровод короткой сети с четырехрядным бифилярным расположением трубошин в вертикальных рядах в его шинном пакете, различая при этом виды повреждений, а также своевременно информировать персонал о появлении обрывов в короткой сети и отключать трансформатор при появлении ДЗ в ней. Что несомненно позволит значительно сократить как время, так и стоимость ремонта после аварии.

Информация о финансировании

Это исследование было профинансировано Министерством Науки и Высшего Образования Республики Казахстан (ИРН AP14972775).

Выводы

1 Основными электрическими повреждениями короткой сети рудотермического производства является обрывы в цепях пар трубошин и дуговые замыкания между ними.

2 Предложенная токовая защита короткой сети рудотермического производства на двух МТТ проста в установке и дешева из-за того, что МТТ размещаются вне шинного пакета. Это позволяет не только использовать ее для защиты шинного пакета с двумя вертикальными рядами пар трубошин и G горизонтальных рядов от электрических повреждений, но и с достаточной чувствительностью выявлять их, сигнализируя о возникновении обрыва или отключая трансформатор при появлении ДЗ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Данцис, Я. Б.** Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей / Я. Б. Данцис, Л. С. Кацевич, Г. М. Жилов, Н. Н. Митрофанов, В. Л. Розенберг, И.М. Черенкова. – М. : Металлургия, 1987. – 320 с.

2 **Данцис, Я. Б.** Методы электротехнических расчетов руднотермических печей. – Ленинград : Изд-во Энергия, 1973. – 188 с.

3 **Смелянский, М. Я.** Короткие сети электрических печей / М.Я. Смелянский, Н.И. Бортничук. – Л. : Госэнергоиздат, 1962. – 96 с.

4 **Семчинов, А. М.** Токопроводы промышленных предприятий / А.М. Семчинов. – Л. : Энергоиздат, 1981. 88 с.

5 Иннов. пат. 2713204 РК. Способ защиты однофазного печного трансформатора с короткой сетью в виде группы шин от электрических повреждений / Т. А. Новожилов, В. Н. Горюнов, А. Н. Новожилов, Д.М. Рахимбердинова; опубл. 04.02.2020, Бюл. №4. – 5 с.

6 **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А., Рахимбердинова, Д. М.** Защита короткой сети руднотермических печей // Электричество. – 2021. – № 5. – С. 33–38.

7 **Альтгаузен, А. П.** Электрооборудование и автоматика электротермических установок / А. П. Альтгаузен., М. Д. Бершитский, М.Я. Смелянский, В.М. Эдемский и др. – М. : Энергия, 1980. – 909 с.

8 **Засыпкин, А. С.** Релейная защита трансформаторов. М. : Энергоатомиздат, 1989. 240 с.

9 **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А., Рахимбердинова, Д. М.** Моделирование токов при электрических повреждениях в обмотках печного однофазного трансформатора с расщепленной вторичной обмоткой // Электротехника. – 2020. – № 6. – С. 58–63.

10 **Бессонов, Л. А.** Теоретические основы электротехники. – М. : 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]. – Moscow : Izd-vo Metallurgiya, 1987. – 320 p.

2 **Dancis, YA. B.** Metody elektrotekhnicheskih raschetov rudnotermicheskih pechej [Methods for electrical calculations of ore-thermal furnaces]. – Leningrad : Izd-vo Energiya, 1973. – 188 p.

3 **Smelyanskij, M. YA., Bortnichuk, N. I.** Korotkie seti elektricheskih pechej [Short networks of electric ovens]. – Leninrgad : Izd-vo Gosenergoizdat, 1962. – 96 p.

4 **Semchinov, A. M.** Tokoprovody promyshlennyh predpriyatij [Conductors of industrial enterprises] / A. M. Semchinov. – Energoizdat, 1982. – 208 p.

5 Innov. pat. 2713204 RK. Sposob zashchity odnofaznogo pechnogo transformatora s korotkoj set'yu v vide gruppy shin ot elektricheskih povrezhdenij / T. A. Novozhilov, V. N. Goryunov, A. N. Novozhilov, D. M. Rahimberdinova; opubl. 04.02.2020, Byul. № 4. – 5 p.

6 **Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A., Rahimberdinova, D. M.** Zashchita korotkoj seti rudnotermicheskih pechej // Elektrichestvo. – 2021. – № 5. – P. 33–38.

7 **Al'tgauzen, A. P.** Elektrooborudovanie i avtomatika elektrotermicheskih ustanovok / A. P. Al'tgauzen., M. D. Bershitskij, M.YA. Smelyanskij, V. M. Edemskij i dr. – Moscow : Energiya, 1980. – 909 p.

8 **Zasypkin, A. S.** Relejnaya zashchita transformatorov. Moscow : Energoatomizdat, 1989. – 240 p.

9 **Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A., Rahimberdinova, D. M.** Modelirovanie tokov pri elektricheskih povrezhdeniyah v obmotkah pechnogo odnofaznogo transformatora s rasshcheplennoj vtorichnoj obmotkoj // Elektrotekhnika. – 2020. – № 6. – P. 58–63.

10 **Bessonov, L.A.** Teoreticheskie osnovy elektrotekhnik [Theoretical foundations of electrical engineering]. – Moscow : Izd-vo Vysshaya shkola, 1967. – 775 p.

Принято к изданию 28.11.23.

**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;
[2]Омбы мемлекеттік техникалық университеті,
Ресей Федерациясы, Омбы қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

МАГНИТТІК ТОК ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫНДА КЕН ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДІРІСТІҢ ҚЫСҚА ЖЕЛІСІНІҢ ТОК ҚОРҒАНЫСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Рудоотермиялық өндірістің қуатты пештерінде қысқа желідегі ток мөлшері 35–150К шамасына жетеді. Сондықтан оларда пеш трансформаторының қайталама орамасы бір-бірінен оқшауланған бөліністер түрінде орындалады, ал қысқа желінің Шина пакеті бірдей жұп құбырлардан жасалады. Олардың барлығы пеш трансформаторы мен пеш электродтарына компенсаторлар мен икемді байланыстар арқылы қосылады. Бұл ретте Шина пакетіндегі құбыршектер 20–40 мм ауа аралықтарымен шахмат тәртібімен бифилярлы түрде орналастырылады. Сондықтан қысқа желінің негізгі электрлік зақымдануы-құбырлар арасындағы доғалық түйықталу (ДЗ) және олардың тізбектеріндегі үзілістер. ЖҚ - дан қорғау үшін барлық құбырлар ток өткізгіш бөліктерді оқшаулау арқылы қорғалады, ол пешті пайдалану кезінде қоршаған ортаның әсерінен жойылады және шина пакетін бұзуға қабілетті ЖҚ пайда болуы үшін жағдайлар туындайды. Үзілістер температураның әсерінен қысқа желі элементтерінің көптеген қозғалыстарының және жұмыс кезінде электродтардың қозғалысының салдары болып табылады. Мұндай үзіліс пайда болғаннан кейін зақымдалған құбырлар жұбындағы ток нөлге айналады. Бұл құбырлардың бүтін жұптарында токтың жоғарылауына, олардың қызып кетуіне және қызметтің күрт төмендеуіне әкеледі. Алайда, зақымданудың бұл түрін диагностикалау, әдетте, жанама белгілермен жүзеге асырылады. Бұл кемшіліктер екі магниттік ток трансформаторында (МТТ) ұсынылған қарапайым және арзан ток қорғанысынан айырылған, оларды қысқа желілік Шина пакетінен тыс орналастыру керек.

Кілтті сөздер: рудотермиялық пеш, пеш трансформаторы, қысқа желі, Шина пакеті, құбыр шиналары, өлшеу түрлендіргіші, магниттік Ток трансформаторы, Қорғаныс тізбектері.

**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, Russian Federation, Omsk.
Accepted for publication on 28.11.23

IMPROVEMENT OF CURRENT PROTECTIONS OF THE SHORT NETWORK OF ORE THERMAL PRODUCTION ON MAGNETIC CURRENT TRANSFORMERS

In powerful furnaces of ore-thermal production, the current in a short network reaches a value of 35–150kA. Therefore, in them, the secondary winding of the furnace transformer is carried out in the form of splits

isolated from each other, and the bus package of the short network is made of the same number of pairs of pipes. All of them are connected to the furnace transformer and furnace electrodes using compensators and flexible connections. At the same time, the tubewalls in the tire package are placed bifilarly in a staggered order with air gaps of 20–40mm. Therefore, the main electrical damages of the short network are arc closures (DZ) between the pipe shafts and breaks in their circuits. To protect against DZ, all pipe shafts are protected by means of insulation of current-carrying parts, which during the operation of the furnace is destroyed under the influence of the environment, and conditions arise for the occurrence of DZ, which is capable of destroying the tire package. Breaks are the result of numerous movements of the elements of the short network under the influence of temperature and the movement of the electrodes during operation. After the occurrence of such a gap, the current in the damaged pair of tubewells becomes zero. This leads to an increase in the current in undamaged pairs of pipes, their overheating and a sharp reduction in service life. However, the diagnosis of this type of damage is usually carried out by indirect signs. The proposed simple and cheap current protection on two magnetic current transformers (MTT), which should be placed outside the bus package of the short network, is devoid of these disadvantages.

Keywords: ore-thermal furnace, furnace transformer, short network, busbar package, pipe rods, measuring converter, magnetic current transformer, protection circuits.

МРНТИ 45.01.81

https://doi.org/10.48081/YYOH8649

***А. П. Смирнов,[1] Е. С. Риттер,[2] А. А. Савостин,[3] Д. В. Риттер,[4] С. С. Молдахметов[5]**

[1,2,3,4,5]Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева, Республика Казахстан, г. Петропавловск

*e-mail: esritter@ku.edu.kz

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОЙ СРЕДЕ И УЛУЧШЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЯ

В данной статье рассмотрен потенциометрический измеритель уровня электропроводной жидкости. Рассмотрен принцип действия, определены сильные и слабые стороны потенциометрического метода измерения уровня. Для анализа погрешности измерения измерителя разработана модель работы потенциометрического датчика в среде электропроводной жидкости с использованием численного моделирования методом конечных элементов (МКЭ) в декартовых координатах. Показано, что погрешность измерения уровня в потенциометрическом уровнемере имеет недопустимую величину и зависит от уровня жидкости и от расположения измерителя уровня.

Для устранения недостатков конструкции предложены конструктивные улучшения в виде дополнительных заземленных стержней, которые уменьшили зависимость от расстояния до вертикальной стенки и шунтирования зонда электропроводной жидкостью, и изоляционной пластины, которая уменьшила зависимость от расстояния от зонда до дна резервуара. Данные улучшения позволили избавиться от факторов, вносящих погрешность в результат измерения, и в результате повысили точность измерения уровня жидкости.

На основе разработанного метода моделирования электрического поля в электролите в декартовых координатах проведено сравнительное моделирование до улучшения и после улучшения конструкции. Сравнительное моделирование показало, что точность

измерения значительно улучшилась. Результаты сравнительного моделирования приведены на графиках.

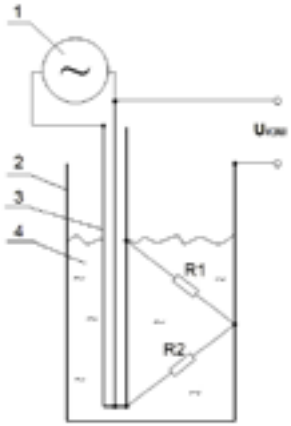
Ключевые слова: потенциометрический метод, измеритель уровня, уровнемер, численные методы моделирования, метод конечных элементов, погрешность измерения

Введение

Хранение жидкостей в резервуарах является важной частью различных отраслей промышленности [1, 2, 3], включая химическую промышленность, нефтяную промышленность, промышленность удобрений, автомобильную промышленность, системах мониторинга и обеспечения безопасности [4]. Идеальная система измерения уровня должна быть способна работать со всеми видами жидкостей и одновременно обладать стабильностью, высоким разрешением и низкой стоимостью.

Потенциометрический метод измерения уровня жидкости известен давно [5, 6]. Он имеет хорошие технические характеристики, но не лишен недостатков из-за особенностей конструкции, поэтому улучшение конструкции измерителя имеет большое значение.

Погружной зонд уровнемера имеет форму трубы с низким электрическим сопротивлением, и его концы питаются от генератора переменного тока с частотой несколько килогерц. Между этой трубой и стенкой резервуара находится проводящая жидкость, которая можно рассматривать как бесконечное количество сопротивлений. Поскольку все эти сопротивления соединены с одной и той же электропроводной стенкой резервуара, их можно представить как два эквивалентных сопротивления, обозначенных как R1 и R2. Они подключены с одной стороны к стенке резервуара и общему проводу, а с другой стороны – к поверхности зонда (рисунок 1).



1 – Генератор переменного тока
2 – Электропроводящий резервуар с жидкостью
3 – Зонд измерителя уровня
4 – Измеряемая жидкость
Uизм – выходное напряжение для измерения
Рисунок 1 – Принцип работы потенциометрического метода измерения

Генератор создает переменный ток большой амплитуды, что приводит к появлению напряжения на поверхности зонда. Сопротивления R1 и R2 формируют делитель напряжения на зонде, погруженном в жидкость. Между генератором и стенкой резервуара установлен усилитель с высоким входным сопротивлением.

Измеренное напряжение UИЗМ в нижней части зонда, относительно нулевого потенциала стенки резервуара, изменяется пропорционально уровню жидкости в резервуаре.

Измеренное напряжение UИЗМ в нижнем конце сенсора относительно стенки резервуара будет пропорционально уровню жидкости в резервуаре относительно нулевого потенциала стенки резервуара:

$$U_{ИЗМ} = U_{ГЕН} \frac{Lm}{Ls} \frac{R2}{R1 + R2} \qquad 1$$

где Lm – измеряемый уровень жидкости;

Ls – длина сенсора уровнемера.

Если рассмотреть различные конфигурации монтирования измерителя уровня, то можно заметить, что небольшое расстояние до дна емкости или до стенки емкости увеличивает токи, текущие в стенки резервуара. При уменьшении расстояния до стенки емкости на результат измерения начинает оказывать влияние шунтирующее действие электропроводности жидкости. Сопротивления резисторов R1 и R2 различаются распределением электрических токов сверху и снизу сенсора, то есть являются функцией граничных условий в верхней части и в нижней части сенсора. Изменение условий измерения уровня приводит к изменению сопротивлений R1 и R2, что, в свою очередь, сказывается на увеличении погрешности при измерении уровня.

Приведенные факторы, влияющие на результат измерения, требуют изменения конструкции измерителя уровня для уменьшения их влияния.

Материалы и методы

Для решения математической модели на микроуровне используются численные методы, которые основаны на дискретизации непрерывных переменных. Это означает, что при дискретизации непрерывные области изменения значений заменяются множествами значений в узловых точках, рассматриваемых как узлы некоторой сетки. Поэтому методы решения уравнений в частных производных также называют сеточными методами. Самым распространенным методом моделирования является метод конечных элементов (МКЭ) [7, 8, 9].

В данном контексте мы будем проводить моделирование электрического поля в электролите в статическом режиме, то есть в установившемся по времени состоянии [10].

В моделировании электрического поля в электролите необходимо выполнить:

- создание модели конечного элемента;
- построение конечно-элементной сетки;
- расчёт потенциала в каждой точке объёма в электролите;
- и из этого построить картину потенциалов и токов.

Создадим модель конечного элемента. Разобьём тело электролита на равные кубики в декартовых координатах с размером грани, равному радиусу сенсора R=5 мм.

Схема передачи потенциалов между конечными элементами внутри электролита показана на рисунке 2. Передачи потенциалов происходит через контактирующие грани соседних конечных элементов, что показано стрелками.

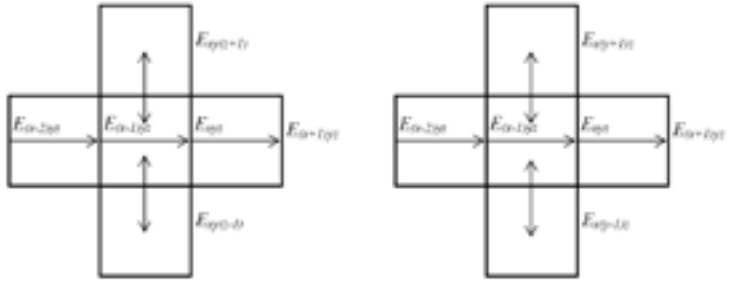


Рисунок 2 – Схема передачи потенциалов между конечными элементами внутри электролита в вертикальной и горизонтальной плоскостях

Под воздействием электрического поля внутри электролита происходит течение электрических токов, направленных из областей с более высоким потенциалом в области с более низким потенциалом и перпендикулярно линиям равного потенциала. Этот процесс создает распределение потенциалов электрического поля внутри электролита.

Можно сформулировать уравнение для электрических токов в электролите, используя закон Кирхгофа, в конкретном конечном элементе с координатами x, y, z.

$$y_L\left(E_{xy(z+1)}-E_{xyz}\right)+y_L\left(E_{(x-1)yz}-E_{xyz}\right)+y_L\left(E_{(x+1)yz}-E_{xyz}\right)+y_L\left(E_{xy(z-1)}-E_{xyz}\right)+y_L\left(E_{x(y+1)z}-E_{xyz}\right)+y_L\left(E_{x(y-1)z}-E_{xyz}\right)=0 \quad (2)$$

где yL – удельная электропроводность электролита.

Отсюда потенциал точки крайней грани конечного элемента x, y, z будет вычисляться как среднеарифметическое потенциалов из конечных элементов, контактирующих с конечным элементом x, y, z:

$$E_{xyz}=\frac{E_{xy(z+1)}+E_{(x-1)yz}+E_{(x+1)yz}+E_{xy(z-1)}+E_{x(y+1)z}+E_{x(y-1)z}}{6} \quad (3)$$

Построение конечно-элементной сетки.

Моделирование электрического поля в электролите в декартовых координатах трудоёмкое потому, что необходимо выполнить расчёт потенциалов всего множества конечных элементов. Модель электролита в декартовых координатах будет иметь вид параллелепипеда размером x, y, z. Для высокой точности вычислений необходимо принять большие числа x, y и z. Для ограничения количества конечных элементов построим модель бесконечного пространства конечных элементов в гранях параллелепипеда линейной экстраполяцией в виде:

$$E_{X\infty} = E_{X\infty-1} - \left(E_{X\infty-2} - E_{X\infty-1}\right) = 2E_{X\infty-1} - E_{X\infty-2} \quad (4)$$

$$E_{Y\infty} = 2E_{Y\infty-1} - E_{Y\infty-2} \quad (5)$$

$$E_{Z\infty} = 2E_{Z\infty-1} - E_{Z\infty-2} \quad (6)$$

где $E_{X\infty}$ – потенциал грани бесконечного пространства конечных элементов по оси x;

$E_{X\infty}$ – потенциал грани бесконечного пространства конечных элементов по оси y;

$E_{X\infty}$ – потенциал грани бесконечного пространства конечных элементов по оси z.

Расчёт потенциала в каждой точке объёма в электролите.

Проведем численное моделирование передачи электрического потенциала между конечными элементами внутри электролита, используя параллелепипед размером xyz=35x40x268 конечных элементов. Выполним вычисления с использованием метода итерации в программе MATLAB. В модели учтем краевые условия, устанавливая потенциал плоской стенки равным нулю и что ток в плоскую стенку, помещённую в поле потенциалов, равен нулю. Подключим источник тока к краям сенсора такой, чтобы напряжение между конечными элементами сенсора будет изменяться на единицу напряжения для наглядности.

Примем в модель условие, что удельная электропроводность электролита постоянная и одинаковая во всех конечных элементах электролита.

Результаты и обсуждение

Улучшение конструкции измерителя уровня.

Для исключения утекания токов в горизонтальную стенку резервуара (дно) предлагается установить внизу зонда пластину из фторопласта, изолирующую токи в дно резервуара.

Для исключения влияния расстояния до вертикальной стенки предлагается добавить два заземленных изолирующих штыря сбоку от измерительного зонда, изолирующие токи в стенки резервуара.

Экспериментальный образец примененных конструкционных улучшений приведен на рисунке 3.

Рисунок 3 – Экспериментальный образец измерителя уровня улучшенной конструкции

Построение картины потенциалов.

В результате итерации вычислений потенциалов конечных элементов получим x+y+z слоев картину электрического поля внутри электролита.

В центре таблицы помещён сенсор потенциометрического уровнемера на глубину 40 единиц потенциала в сенсоре. Сенсор выделен в таблице серым цветом. Выше середины сенсора условно потенциал отрицательный, ниже середины сенсора условно потенциал положительный. Строка потенциалов на середине сенсора выделена зелёным цветом. Жёлтым цветом выделен изолятор сенсора.

Слева, справа и ниже сенсора расположены конечные элементы электролита. Шаг конечных элементов электролита выбран в единицах радиуса сенсора R=5 мм.

Если помещать сенсор вертикально с длинной плоской электропроводной стенкой с электролитом на расстоянии 3R…16R от стенки, то распределение поля потенциалов изменится. Влияние расстояния от сенсора до вертикальной плоской стенки на абсолютную погрешность измерения уровня приведено в таблице 1 и рисунке 4. Из-за дополнительных штырей сбоку от зонда минимальное расстояние до вертикальной стенки 40 мм.

Таблица 1 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до вертикальной плоской стенки

Расстояние от сенсора до вертикальной стенки S, мм	15	20	30	40	60	80
Абсолютная погрешность измерения уровня стержневого сенсора Δm_1, мм	-7,96	-8,70	-10,00	-10,94		-13,20
Абсолютная погрешность измерения уровня сенсора с экраном и изолятором Δm_2, мм				-0,76	-0,69	-0,33

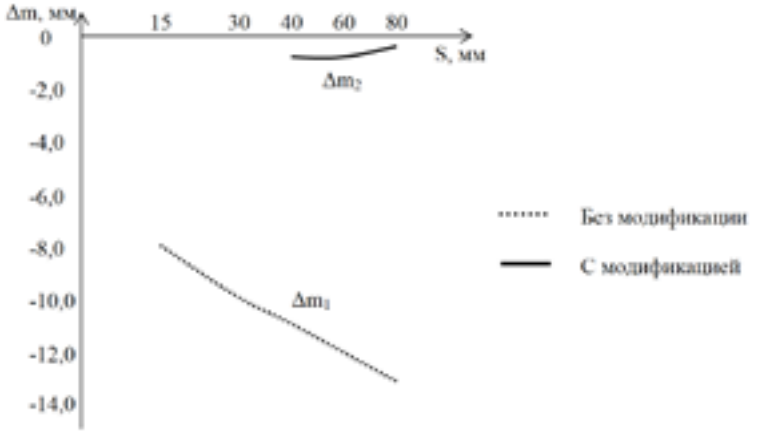


Рисунок 4 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до вертикальной электропроводной плоской стенки

Если помещать сенсор вертикально с длинной плоской электропроводной стенкой с электролитом на глубину 6R…220R в электролите, то распределение поля потенциалов изменится. Влияние глубины сенсора в электролите на абсолютную погрешность измерения уровня приведено в таблице 2 и рисунке 5.

Таблица 2 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от глубины сенсора в электролите

Глубина сенсора в электролите L, мм	30	45	100	225	500	750	1100
Абсолютная погрешность измерения уровня стержневого сенсора Δm_1, мм	-4,50	-5,30	-8,90	-10,84	-12,54	-12,88	-13,00

Абсолютная погрешность измерения уровня сенсора с экраном и изолятором Δm_2, мм		-0,19	-0,28	-0,31	-0,38	-0,58	-0,55

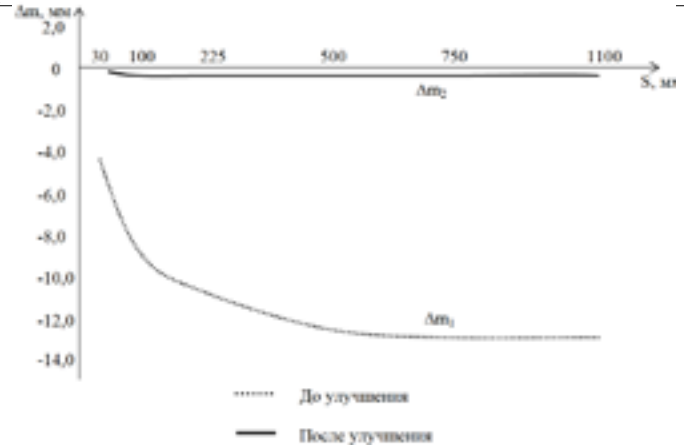


Рисунок 5 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от глубины сенсора в электролите возле вертикальной электропроводной плоской стенки

Если помещать горизонтальную стенку на расстоянии 4R…30R ниже сенсора, то распределение поля потенциалов изменится. Влияние расстояния от сенсора до горизонтальной стенки в электролите на абсолютную погрешность измерения уровня приведено в таблице 3 и рисунке 6. Из-за дополнительных штырей под изоляционной пластиной минимальное расстояние до дна составляет 70 мм.

Таблица 3 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до горизонтальной стенки

Расстояние от сенсора до горизонтальной стенки S, мм	30	45	70	100	150
Абсолютная погрешность измерения уровня стержневого сенсора Δm_1, мм	-21,54	-11,02	-6,58	-5,72	-5,64
Абсолютная погрешность измерения уровня сенсора с экраном и изолятором Δm_2, мм			-5,52	-3,48	-1,37

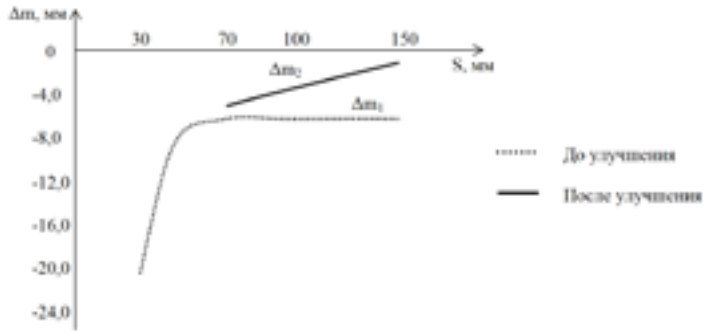


Рисунок 6 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до горизонтальной стенки.

Информация о финансировании

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP13268797).

Выводы

Моделирование стержня в электролите методом конечных элементов позволяет моделировать любую конфигурацию среды с разными условиями электропроводности жидкости и расположения сенсора. Результаты моделирования позволяют оценить погрешность измерения устройства, основанного на потенциометрическом методе измерения.

Моделирование потенциометрического измерителя уровня без улучшения показывает его неудовлетворительные метрологические характеристики.

В статье предложены конструкционные улучшения, которые позволяют повысить метрологические характеристики до приемлемого уровня.

После улучшения конструкции измерителя уровня было проведено сравнительное моделирование, которое наглядно показывает улучшение всех характеристик измерения при различных расположениях измерителя уровня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Дивин, А. Г., Пономарев, С. В., Мозгова, Г. В.** Методы и средства измерений, испытаний и контроля : учебное пособие [Текст]. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – Ч. 2. – С. 45–59.

2 **Mohindru, P.** Development of Liquid Level Measurement Technology : A Review [Текст] // Flow Measurement and Instrumentation, 2023. – №89. – 14 с.

3 **Singh, Y., Raghuwanshi, S. K., Kumar, S.** Review on Liquid-Level Measurement and Level Transmitter Using Conventional and Optical Techniques [Текст] // IETE Technical Review. – 2018. – №4. – С. 329–340.

4 **Ташматов, Х. К.** Микропроцессорная измерительная система контроля расходов воды для открытых каналов гидромелиоративных систем [Текст] // Инновационная наука. – 2015. – №6. – С. 80–82.

5 Sensor array for the potentiometric measurement of a fill level in a container [Текст] : Пат. US20190049282A1 США,; заявитель и патентообладатель Baumer Electric AG.; опубл. 14.02.19. – 7 с.

6 **Staff, E.** Potentiometric Level Measurement Principle [Текст] // Inst Tools. – 2017. – [Электронный ресурс] – URL: https://instrumentationtools.com/potentiometric-level-measurement-principle (Дата обращения 02.09.23)

7 **Алексеев, Г. В.** Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений : учебное пособие [Текст]. – Владивосток : Владивосточный федеральный университет, 2010. – С. 19–29.

8 **Dimitrios, G.** Essentials of the Finite Element Method [Текст]. – Academic Press, 2015. – С. 1–18.

9 **Tan, C. M., Li, W., Gan, Z.** Applications of Finite Element Methods for Reliability Study of ULSI Interconnections // Microelectronics Reliability [Текст]. – 2012. – №8. – С. 1539–1545.

10 **Калиткин, Н.Н., Корякин, П.В.** Численные методы. Методы математической физики : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования [Текст]. – М : Академия, 2013. – С. 101–104.

REFERENCES

1 **Divin, A. G., Ponomarev, S. V., Mozgova, G. V.** Metody i sredstva izmerenij, ispytanij i kontrolja : uchebnoe posobie [Methods and instrumentation, testing and control: a tutorial] [Text]. – Tambov : Izd-vo FGBOU VPO «TGTU», 2012. – P. 2. – P. 45–59.

2 **Mohindru, P.** Development of Liquid Level Measurement Technology: A Review [Development of Liquid Level Measurement Technology : A Review] [Text] // Flow Measurement and Instrumentation, 2023. – №89. – 14 p.

3 **Singh, Y., Raghuwanshi, S. K., Kumar, S.** Review on Liquid-Level Measurement and Level Transmitter Using Conventional and Optical Techniques [Review on Liquid-Level Measurement and Level Transmitter Using Conventional and Optical Techniques][Text] // IETE Technical Review. – 2018. – №4. P. 329–340.

4 **Tashmatov, H. K.** Mikroprocessornaja izmeritel'naja sistema kontrolja rashodov vody dlja otkrytyh kanalov gidromeliorativnyh sistem [Microprocessor

measuring system for monitoring water flow rates for open channels of irrigation and drainage systems] [Text] // Innovacionnaja nauka. – 2015. – № 6. – P. 80–82.

5 Sensor array for the potentiometric measurement of a fill level in a container [Sensor array for the potentiometric measurement of a fill level in a container] [Text] : Pat. US20190049282A1 USA; zajavitel' i patentoobladatel' Baumer Electric AG.; opubl. 14.02.19. – 7 p.

6 **Staff, E.** Potentiometric Level Measurement Principle [Potentiometric Level Measurement Principle] [Text] // Inst Tools. – 2017. – [Electronic resource] – URL: https://instrumentationtools.com/potentiometric-level-measurement-principle (Data obrashhenija 02.09.23)

7 **Alekseev, G. V.** Vvedenie v chislennye metody reshenija differencial'nyh uravnenij: uchebnoe posobie [Introduction to numerical methods for solving differential equations : a tutorial] [Text]. – Vladivostok : Vladivostochnyj federal'nyj universitet, 2010. – P. 19–29.

8 **Dimitrios, G.** Essentials of the Finite Element Method [Essentials of the Finite Element Method] [Text]. – Academic Press, 2015. – P. 1–18.

9 **Tan, C. M., Li, W., Gan, Z.** Applications of Finite Element Methods for Reliability Study of ULSI Interconnections [Applications of Finite Element Methods for Reliability Study of ULSI Interconnections] [Text] // Microelectronics Reliability. – 2012. – № 8. – P. 1539–1545.

10 **Kalitkin, N. N., Korjakin, P. V.** Chislennye metody. Metody matematicheskoj fiziki : uchebnik dlja stud. uchrezhdenij vyssh. prof. obrazovanija [Numerical methods: in 2 books. Book 2. Methods of mathematical physics : a textbook for students of higher prof. education] [Text]. – Moscow : Akademija, 2013. – P. 101–104.

Принято к изданию 28.11.23.

**А. П. Смирнов[1], Е. С. Риттер[2], А. А. Савостин[3], Д. В. Риттер[4], С. С. Молдахметов[5]*
[1,2,3,4,5]Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы, Петропавл қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ЭЛЕКТРӨТКІЗГІШ ОРТА ДЕҢГЕЙІНІҢ ПОТЕНЦИОМЕТРИЯЛЫҚ ӨЛШЕГІШІН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ӨЛШЕГІШТІҢ КОНСТРУКЦИЯСЫН ЖАҚСАРТУ

Бұл мақалада электрөткізгіш сұйықтық деңгейінің потенциометриялық өлшегіші қарастырылған. Әрекет принципі

қарастырылған, деңгейді өлшеудің потенциометриялық әдісінің мықты және әлсіз жақтары анықталған. Өлшегіштің өлшеу қателігін талдау үшін декарттық координаттардағы ақырғы элементтер әдісімен (АЭӘ) сандық модельдеуді қолдана отырып, электрөткізгіш сұйықтық ортасында потенциометриялық датчиктің жұмыс моделі жасалды. Потенциометриялық деңгейөлшеуіштегі деңгейді өлшеу қателігінің артылмайтын шамасы бар және сұйықтық деңгейіне және деңгей өлшегіштің орналасуына байланысты болатындығы көрсетілген.

Конструкцияның кемшіліктерін жою үшін тік қабырғаға дейінгі қашықтыққа тәуелділікті және зондты электрөткізгіш сұйықтықпен айналып өтуді және зондтан резервуардың түбіне дейінгі қашықтыққа тәуелділікті төмендететін оқшаулағыш пластинаны төмендететін қосымша жерге тұйықталған шыбықтар түріндегі конструктивті жақсартулар ұсынылады. Бұл жақсартулар өлшеу нәтижесіне қателік әкелетін факторлардан арылуға мүмкіндік берді және нәтижесінде сұйықтық деңгейін өлшеу дәлдігін арттырды.

Декарттық координаттардағы электролиттегі электр өрісін модельдеудің әзірленген әдісіне сүйене отырып, конструкцияны жақсартқанға дейін және одан кейін салыстырмалы модельдеу жүргізілді. Салыстырмалы модельдеу өлшеу дәлдігінің айтарлықтай жақсарғанын көрсетті. Салыстырмалы модельдеу нәтижелері графиктерде келтірілген.

Кілтті сөздер: потенциометриялық әдіс, деңгей өлшегіш, деңгейөлшеуіш, сандық модельдеу әдістері, ақырғы элементтер әдісі, өлшеу қателігі

**P. Smirnov[1], E. S. Ritter[2], A. A. Savostin[3], D. V. Ritter[4], S. S. Moldakhmetov[5]*
[1,2,3,4,5]Manash Kozybayev North Kazakhstan niversity,
Republic of Kazakhstan Petropavlovsk
Accepted for publication on 28.11.23

NUMERICAL SIMULATION OF A POTENTIOMETRIC LEVEL METER IN AN ELECTRICALLY CONDUCTIVE MEDIUM AND IMPROVING THE LEVEL METER CONSTRUCTION

This article considers a potentiometric level meter for an electrically conductive liquid. The principle of operation is considered, the strengths and weaknesses of the potentiometric method of level measurement are

determined. To analyze the measurement error of the meter, a model of the operation of a potentiometric sensor in an electrically conductive fluid medium has been developed using numerical simulation by the finite element method (FEM) in Cartesian coordinates. It is shown that the error in level measurement in a potentiometric level gauge has an unacceptable value and depends on the liquid level and the location of the level meter.

To eliminate construction weakness, design improvements were proposed in the form of additional grounded rods, which reduced the dependence on the distance to the vertical wall and bridging the probe with an electrically conductive liquid, and an insulating plate, which reduced the dependence on the distance from the probe to the bottom of the tank. These improvements have eliminated factors that introduce error into the measurement result, and as a result have increased the accuracy of liquid level measurements.

Based on the developed method for modeling the electric field in an electrolyte in Cartesian coordinates, comparative modeling was carried out before and after improving the construction. Comparative simulations showed that the measurement accuracy was significantly improved. The results of comparative modeling are shown in the graphs.

Keywords: potentiometric method, level meter, level gauge, numerical modeling methods, finite element method, measurement error

ҒТАМР 49.37.29

https://doi.org/10.48081/XCCW5875

А. С. Толегенова[1], Т. Г. Сериков[2], А. О. Карабасов[3], Р. Т. Қасым[4], Б. Тұрдыбек[5]

[1,2,3]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы;

[4,5]Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан Республикасы

e-mail: balgyn.bek.2018@gmail.com

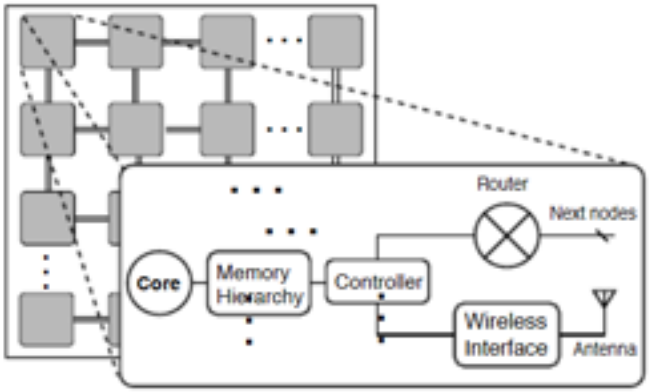
КЕҢ ЖОЛАҚТЫ АНТЕННАНЫҢ КӨМЕГІМЕН КӨП ЧИПТІ ДЕРЕКТЕРДІ БЕРУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Бірнеше жұмыс кристалды байланыстыру үшін mm-wave сымсыз қосылымдарын пайдалануды қамтиды және олардың жүйелік деңгейде кідірісі мен икемділігі төмен таралуының арқасында бұл жаңа парадигма қолданыстағы көп ядролы архитектуралардың масштабталу кедергілерін жеңе алатынын көрсетеді. Дегенмен, дәл сол жұмыстар чиптің сымсыз ішкі арнасын дұрыс түсінбестен 10 Гбит/с-тан жоғары жылдамдықты және 1 Pj/bit-ке жақын тиімділікті болжайды. Бұл мақалада мұндай болжамдар коммерциялық чиптердің шығындары мен дисперсиясын бағалай отырып, шындықтан алыс екендігі алғаш рет көрсетілген. Негізгі мәселені одан әрі ашу және WNoC әлеуетін растау үшін осы жаңа сымсыз сценарийдің бірегей қасиеттерін – монолитті және статикалық сипатты қолданатын әдістеме ұсынылды, оның қолданылуы мақалада талқыланады. Сценарийдің бірінші қасиеті арнаны жобалауға мүмкіндік береді, яғни таратуды жақсарту үшін өндіруші үшін чипсет пакетін ыңғайлы түрде өзгерту мүмкіндігі бар. Зерттеу чиптің жиілік реакциясын оның корпусының өлшемдерін мұқият таңдау арқылы оңтайландыру үшін осы бірегей қасиетті пайдаланады. Ақырында, оған бейімделу үшін арнаның статикалық қасиеттері қолданылады және физикалық деңгейде қарапайым түзетулер арқылы тиімділік пен жылдамдықты арттыру әдеттері қарастырылады.

Кілттік сөздер: кең жолақты антенна, чипаралық байланыс, сымсыз желі, миллиметрлік толқын, маршруттау.

Кіріспе

Қазіргі заманғы деректер жүйелерінде көп чипті деректерді беру (Multi-chip Communication, MCC) танымал бола бастады. Бұл технология бірнеше чиптерді немесе құрылғыларды ақпарат алмасу үшін бір желіге біріктіруге мүмкіндік береді, бұл есептеу, байланыс, биомедициналық инженерия және т.б. сияқты әртүрлі салаларда жаңа мүмкіндіктер ашады [1,2] Көп чипті деректерді сәтті енгізудің негізгі аспектілерінің бірі-чиптер арасындағы тиімді байланыс [3]. Бұл тұрғыда кең жолақты антенналар көбірек назар аударады және көп чипті байланыс жүйелерінде деректерді беру тиімділігін арттыруға ықпал ететін маңызды элементтердің бірі болып табылады. Осылайша, көптеген ядролар дәуірінде жаңа парадигмалар қажет. WnoC үшін арнайы жасалған 60/90 ГГц біріктірілген трансиверлер сыналды [4, 5]. Көптеген жұмыстар [6, 7, 8, 9], хип қаптамасының шығын мен шашырауға әкелетін әсерін елемеңіз немесе шашырауды мүлдем елемеңіз. Бұл WNoC парадигмасының әлеуетін жоққа шығармайды, бірақ қол жетімді жылдамдық пен қуат туралы қате болжамдарға әкеледі. Мысалы, көптеген wnoc архитектуралары 10 Гбит/с-тан жоғары жылдамдықты ұсынады [10, 11, 12], бұл көп сәулелі әсерлерге байланысты қол жетімсіз болуы мүмкін. Басқа жұмыстар 25 және 30 дБ арасындағы жолдағы шығындарды болжай отырып, қуат тұтынуды бағалауға мүмкіндік береді, бұл стандартты Чип корпустарындағы шындықтан алыс мәндер.



Сурет 1 – Чиптегі сымсыз желі архитектурасының эскизі

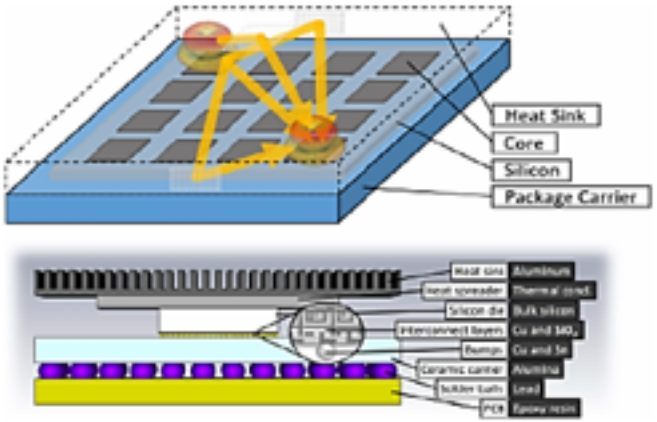
Материалдар және әдістер

Арнаның сипаттамасы. Біз көбінесе назардан тыс қалатын нақты есептеу пакеті шеңберінде таралуды зерттейміз. Ыдырау мен дисперсияның масштабтау тенденцияларын анықтау үшін жиілік пен уақыт аймақтарын талдау жүргізіледі.

Арнаны жобалау. Ішкі Чип арнасы бірегей, өйткені оны жобалауға болады. Сондықтан біз әлсіреу мен диффузияны бірлесіп азайту үшін қаптаманың дизайн кеңістігін зерттейтін оңтайландыру схемасын ұсынамыз. Біз оларды 30 дБ және 3,52 бірге немесе 47 ДБ және 7,32=жеке төтенше жағдайларда азайтамыз.

Статикалық трансиверді оңтайландыру. Ішкі кристалды арна да ерекше, өйткені ол квази-детерминирленген. Осыған сүйене отырып, біз көп жолақты әсерлерді болжау және оларға трансивердің артқы жағын бейімдеу арқылы диффузиямен күресуді ұсынамыз.

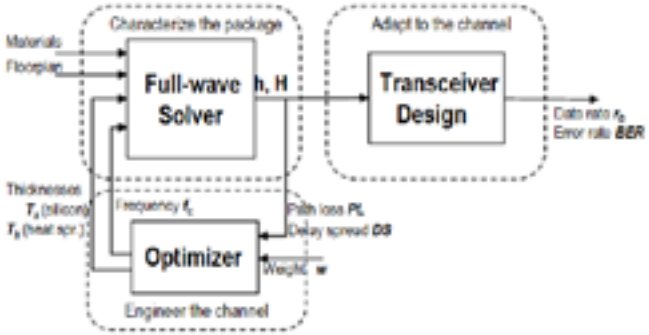
Чиптегі сымсыз желі. WNoC кең мағынада сымды dnoc үстінен сымсыз ішкі қосылымдарды енгізуді білдіреді. Сымсыз интерфейске кіретін Пакет серияланған, модуляцияланған және антенна 2-суретте көрсетілгендей берілген үлгі бойынша шығарылады.



Сурет 2 – Қақпағы бар корпуста сымсыз тарату (жоғарыда) және әдеттегі көлденең қимасы (төменде)

Чиптің құрылымы және антеннаның орналасуы: стандартты чиптің әдеттегі көлденең қимасы оқшаулағышпен бөлінген және жоғалған кремний субстратының үстіне орналастырылған 5–10 қабатты металл пакеттен тұрады [13].

Жүйені жобалау: Сымсыз ішкі Чип арнасы негізінен белгісіз және сәулетшілерге WNoC-тың шынайы әлеуетін бағалауға кедергі келтіреді. 3-суретте қысқаша ұсынылған ұсынылған әдістеме мәселені үш кезеңде шешеді.

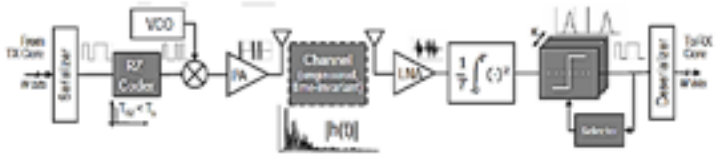


Сурет 3 – Ұсынылған әдістеме: пакетті сипаттау, арнаны жобалау және оған бейімдеу

Оның негізгі мақсаты-пакет өлшемдері мен жиілік диапазонының тіркесімін табу, бұл жолдың жоғалуы мен дисперсиясын азайтады [14].

Мақсатымыз үшін ең жақсы пакет пен жиілік диапазонын тапқаннан кейін, біз арнаның статикалық табиғатын пайдалана отырып, трансиверді оңтайландырамыз.

Модельдеуді орнату. 1-суретте көрсетілген құрылым толқынды шешгіште ұсынылған. Есептеу жүктемесін азайту үшін дөңес массиві қатты металл элементі ретінде жуықталады. Арна жолдағы шығындарды және кідірістердің таралуын азайту үшін жасалғаннан кейін, арнаның статикалық табиғатын қолданамыз. 4-суретте әдеттегі сымсыз ішкі чиптің құрылымдық схемасы көрсетілген.



Сурет 4 – OOK және когерентті емес анықтауды қолдайтын сымсыз чип аралық байланыстағы физикалық деңгей

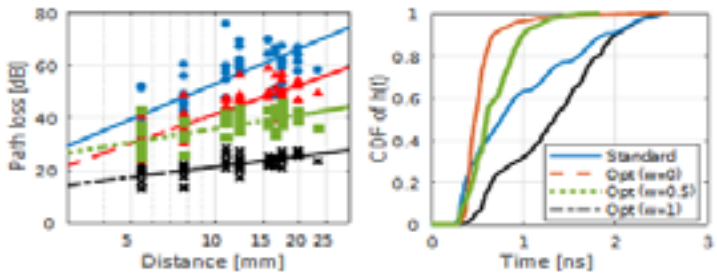
Әдетте OOK модуляциясы қарастырылады. Биттердегі энергия E_b=Or / rb, мұндағы Prx – қабылданған қуат, ал RB – таңбаларды беру жылдамдығы деп есептесек, OOK үшін BER шектеулі (1).

$$BER_{OOK} = \frac{1}{2} erfc\left(\sqrt{\frac{E_b}{4N_0}}\right), \quad (1)$$

мұндағы, *erfc*-қатенің қосымша функциясы, ал E_b / N_0 – сигнал/шу қатынасы. Бұл шекара оңтайлы шекті есептеумен және ISI жоқ когеренттілікті анықтауды қамтиды. Біздің жағдайда, бұл деректер жылдамдығы Найквист жылдамдығынан асып кеткен кезде көрінеді.

Нәтижелер мен талқылау

Өткізу жылдамдығына әсері. Кідірістердің таралуын айтарлықтай азайту арқылы арнаны жобалау процесі стандартты чиппен салыстырғанда isi-сыз жылдамдықты арттырады. Сонымен қатар, трансиверді оңтайландыру (i) 10 ГГц жиілікте BER 10-15-ке жету қол жетімді екенін және (ii) басқаша мүмкін болмайтынын көрсетті [16, 17]. Біз үш W өкілдік мәнін таңдап, нәтижелерді стандартты чиппен салыстырдық (Ts= 0,7 мм, Th= 0,2 мм, fc= 60 ГГц). 5-сурет пен 1-кесте осы процестің нәтижесін көрсетеді.



Сурет 5 – Оңтайлы нүктелер арасындағы салыстыру трактінің жоғалуы және кідірістердің таралуы

Алдымен біз W= 0-ді өте жоғары өнімділікке еліктеу үшін орнатамыз, осылайша кідірістердің таралу шектерін итереміз. Шыңы {TS= 0,3, Th= 0,8, fc= 110} шамасында табылды және Bc = 14,02 ГГц когеренттік диапазонында trms= 71,32 PS ең нашар кідіріс таралуын береді. Жолдағы шығындарға келетін болсақ, бұл есептік нүкте де стандарттан 10-15 дБ жақсы [15].

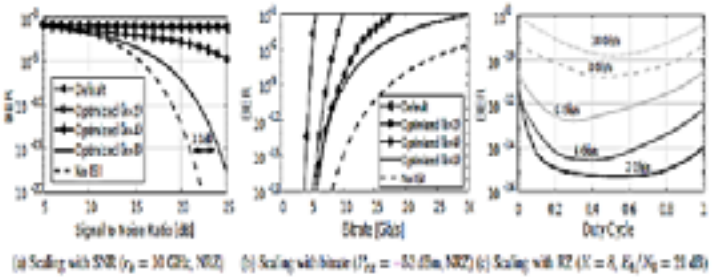
Екінші өкілдік жағдай W= 1 болар еді, бұл жолды жоғалту шегін кеңейтеді. Шыңы кремнийді біздің төменгі шегімізге дейін сұйылту және қалыңдық дистрибьюторын қолдану арқылы алынды: {TS = 0,1, Th= 0,8, fc=60}. Бұл жағдайда Lmax үшін 47,07 дБ және Large үшін 32,69 дБ (n = 1,32) трактаттағы шығындардың айтарлықтай төмендеуіне қол жеткізіледі. Стандартты чиппен салыстырғанда бұл дизайн когеренттіліктің өткізу қабілеттілігін 3,52 есе және трактінің жоғалуын 1,5 еседен астам арттыруға мүмкіндік береді.

Кесте 1 – Оңтайландырылған қаптама дизайнының қысқаша сипаттамасы

	τ_{rms} (ns)	B_c (GHz)	L_{max} (dB)	L_{avg} (dB)	n
w=0	0.07	14.02	58.62	42.76	3.28
w=0.5	0.15	6.76	45.49	36.48	1.74
w=1	0.59	1.69	28.55	21.88	1.32
Std.	0.52	1.92	75.62	54.57	4.61

Статикалық трансиверді оңтайландыру. Біз өнімділік шектерін кеңейтуге мүдделі болғандықтан, бұл бөлім Жоғары өнімділікті қамтамасыз етуге арналған корпустағы трансивердің жақсартуларын бағалайды. Осылайша, біз trms= 71,32 PS кідіріс спрэдімен {Ts= 0,3, Th=0,8, fc = 110} есептеу нүктесінің ең нашар өтпелі сипаттамасын аламыз.

Табалдырықты бейімдеу. 6 (A) суретте WNoC-тың көптеген жұмыстарында болжанған 10 Гбит/с rbof тұрақты жылдамдығы үшін алынған BER және EB / N0 функциясы көрсетілген. 6(B) суретте көрсетілген нәтижелер isi қабырғасына шамамен 5 Гбит/с жылдамдықпен жеткенде әдепкі қабылдағыштың жұмысын тоқтататынын көрсетеді. 6(а) және 6(б) суреттерден жасауға болатын тұжырымдардың бірі-біз тәуекелді барынша азайта аламыз, бірақ одан толықтай құтыла алмаймыз. 6(с)-суретте келтірілген нәтижелер қателіктердің жиілігін азайтатын жұмыс циклінің мәні бар екенін көрсетеді. Мұнда кеңістікті үнемдеу мақсатында көрсетілмеген EB / N0 масштабтау талдауы сонымен қатар RZ біздің тізбегімізді BER = 10-15 үшін тамаша қабылдағышқа 1,2 дБ жақындататынын көрсетті.



Сурет 6 – Модуляция жағдайында трансиверді оңтайландырудың биттік қате жиілігіне (BER) әсері OOK

Өткізу жылдамдығына әсері. Кідірістердің таралуын айтарлықтай азайту арқылы арнаны жобалау процесі стандартты чиппен салыстырғанда isi-сыз жылдамдықты арттырады. Сонымен қатар, трансиверді оңтайландыру (i) 10 ГГц жиілікте BER 10-15-ке жету қол жетімді екенін және (ii) басқаша мүмкін болмайтынын көрсетті.Осылайша, бұл біздің әдістеме WNoC әдебиеттерінде әдетте болжанатын жылдамдықты қамтамасыз ететіндігін дәлелдейді.

Қуат тұтынуға әсері. Трактаттағы шығындарды 47 дБ-ге дейін азайту арқылы біз соңғы трансивер ұсыныстарында болжанғанға жақын әлсіреу деңгейіне жетеміз ([16, 17] 26,5 ДБ және [18, 19] деректері бойынша есептелген 26 дБ. Мұндай болжамдарға сәйкес келу [16, 17] немесе [18, 19] үшін 0,54 Pj/bit үшін 1,95 Pj/bit биттік энергияға әкеледі, бұл wnoc әдебиетінде болжанғанға сәйкес. Оның үстіне, біздің трансивер ISIE эффектілерін 10 Гбит/с және BER = 10-15 деңгейінде өтеу үшін қосымша 1,9 дБ SNR қажет.Арнаның жоғалуы мен тиімділігі арасында нақты байланыс орнату үшін қуат күшейткіштері қазіргі заманғы трансиверлердің ең көп тұтынылатын компоненттері болып табылады, мысалы, 70,8 % [18, 19]. Қосымша шығындарды, Шу көрсеткіштерін немесе тізбек шектеулерін өтеу бұл көрсеткіштердің одан да артуына әкеледі [20].

Зерттеу бағыттары. Бұл жұмыс intra-chip арнасындағы бұзушылықтарды айтарлықтай азайтқанымен, біз төменгі шекараға жеттік деп ойламаймыз. Жаһандық оптимумдарды табу үшін имитациялық күйдіру әдістерін қолданудан басқа, біз таралуды одан әрі жақсарта аламыз, (i) рефлекторлар арқылы белгілі бір сәулелерді бағыттау немесе сәулені қалыптастыру үшін бұрыннан бар көптеген антенналарды пайдалану, (ii) кремнийді өндіріс шегіне дейін немесе (iii) терагерц диапазонына дейінгі жиіліктерді зерттеу.

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 оптимистік екенін көрсеттік, бұл сандар стандартты чипсет үшін тапқаннан бір немесе екі ретті жақсырақ деп есептейміз. Осы іргелі мәселені әрі қарай шешу және WNoC әлеуетін растау үшін біз осы жаңа сымсыз сценарийдің екі ерекше қасиетін қолданатын әдістемені ұсындық: оның монолитті және статикалық сипаты. Біріншісі бізге арнаны жобалауға мүмкіндік береді, яғни таратуды жақсарту үшін чипсет пакетін өндірушіге ыңғайлы түрде өзгертуге мүмкіндік береді. Бұл процесс жолдағы шығындарды 47 дБ немесе өткізу қабілеттілігін 10 ГГц-тен жоғары сәйкессіздікпен төмендетуге мүмкіндік берді. Екіншісі Nyquist шегінен тыс көп сәулелі әсерлерді азайту үшін трансиверді оңтайландыруға мүмкіндік береді. OOK сигналдарын 10 Гбит/с жылдамдықпен 10-15 күшейту коэффициентімен сигнал/шу қатынасы дисперсиясыз ортаға қарағанда небәрі 1,9 дБ артық декодтай алатындылығы көрсеттілді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **D. Wentzlaff, P. Griffin, H. Hoffmann, L. Bao, B. Edwards, C. Ramey, M. Mattina, C.-C. Miao, J. F. Brown III, and A. Agarwal,** «On-chip interconnection architecture of the tile processor» // IEEE Micro. – 2007. Vol. 27. No. 5. P. 15–31

2 **G. Chrysos,** «Intel R Xeon Phi coprocessor-the architecture» // IntelWhitepaper. – Vol. 176 – 2014.

3 **S. Abadal, B. Sheinman, O. Katz, O. Markish, D. Elad, Y. Fournier, D. Roca, M. Hanzich, G. Houzeaux, M. Nemirovsky, E. Alarc´on, andA. Cabellos-Aparicio.** «Broadcast-Enabled Massive Multicore Architectures: A Wireless RF Approach» IEEE MICRO, 2015. Vol. 35. No. 5. P. 52–61

4 **D. Matolak, A. Kodi, S. Kaya, D. DiTomaso, S. Laha, and W. Rayess,**«Wireless networks-on-chips: architecture, wireless channel, and devices» // IEEE Wireless Communications Vol. 19, No. 5. 2012.

5 **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. Vol. 2. No. 2. P. 124–136.

6 **M. A. I. Sikder, A. Kodi, W. Rayess, D. Ditomaso, D. Matolak, and S. Kaya,** «Exploring wireless technology for off-chip memory access» // In Proceedings of the HOTI ’16. 2016. P. 92–99.

7 **H. M. Cheema and A. Shamim,** «The last barrier: On-chip antennas,» IEEE Microwave Magazine. 2013 Vol. 14 No. 1. P. 79–91

8 **Y. P. Zhang, Z. M. Chen, and M. Sun,** «Propagation Mechanisms of Radio Waves Over Intra-Chip Channels With Integrated Antennas: Frequency-Domain Measurements and Time-Domain Analysis,» // IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2007 – Vol. 55. No. 10, P. 2900–2906.

9 **H.-t. Wu, J.-j. Lin, and K. K. O.** «Inter-Chip Wireless Communication» // In Proceedings of the EuCAP ’13 – 2013. P. 3647–3649.

10 **S. Abadal, M. Iannazzo, M. Nemirovsky, A. Cabellos-Aparicio, H. Lee, and E. Alarc´on,** «On the Area and Energy Scalability of Wireless Network-on-Chip: A Model-based Benchmarked Design Space Exploration» // IEEE/ACM Transactions on Networking. 2015. – Vol. 23. No. 5. P.1501–13.

11 **S. Deb, A. Ganguly, P. P. Pande, B. Belzer, and D. Heo,** «Wireless NoC as Interconnection Backbone for Multicore Chips : Promises and Challenges,» IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems 2012.– Vol. 2. No. 2. P. 228–239

12 **W. Choi, K. Duraisamy, R. G. Kim, J. R. Doppa, P. P. Pande, D. Mar-culescu, and R. Marculescu,** «On-Chip Communication Network for Efficient Training of Deep Convolutional Networks on Heterogeneous Manycore Systems,» IEEE Transactions on Computers. 2018.Vol. 67. No. 5. P. 672–686

13 **W.-H. Chen, S. Joo, S. Sayilir, R. Willmot, T.-Y. Choi, D. Kim, J. Lu,D. Peroulis, and B. Jung,** «A 6-Gb/s Wireless Inter-Chip Data Link Using 43-GHz Transceivers and Bond-Wire Antennas,» IEEE Journal of Solid-State Circuits, oct 2009. – Vol. 44 – No. 10. P. 2711–2721

14 **K. Kim, W. Bornstad, and K. K. O** «A Plane Wave Model Approach to Understanding Propagation in an Intra-chip Communication System» In Proceedings of the APS ’01, 2001, P. 166–16.

15 **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.

16 **P. Y. Chiang, S. Woracheewan, C. Hu, L. Guo, H. Liu, R. Khanna, and J. Nejedlo,** «Short-Range, Wireless Interconnect within a Computing Chassis: Design Challenges,» IEEE Design & Test of Computers. 2010 – Vol. 27. No. 4, P. 32–43, .

17 **J. Simkin and C. W. Trowbridge,** «Optimizing electromagnetic devices combining direct search methods with simulated annealing,» // IEEE Transactions on Magnetics, 1992 – Vol. 28, No. 2. P. 1545–1548

18 **J. Branch, X. Guo, L. Gao, A. Sugavanam, J. J. Lin, and K. K.O,** «Wireless communication in a flip-chip package using integrated antennas on silicon substrates,» // IEEE Electron Device Letters. 2005 – Vol. 26, No. 2. P. 115–117. 19 **X. Yu, S. P. Sah, H. Rashtian, S. Mirabbasi, P. P. Pande, and D. Heo,** «A 1.2-pJ/bit 16-Gb/s 60-GHz OOK Transmitter in 65-nm CMOS for Wireless Network-On-Chip,» IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2014 – Vol. 62. No. 10. P. 2357–2369

20 **F. Bieck, S. Spiller, F. Molina, M. Topper, C. Lopper, I. Kuna, T. C.Seng, and T. Tabuchi,** «Carrierless design for handling and processing of ultrathin wafers» // Proceedings of the ECTC ’10. P. 316–322. 2010.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

А. С. Толегенова[1], Т. Г. Сериков[2], А. О. Карабасов[3],
Р. Т. Қасым[4], Б. Тұрдыбек[5]
[1,2,3]Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана;
[4,5]Академия логистики и транспорта, Республика Казахстан, г. Алматы.
Принято к изданию 28.11.23.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОЧИПОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ШИРОКОПОЛОСНОЙ АНТЕННЫ

Несколько работ предполагают использование беспроводных подключений mm-wave для связи на кристалле и показывают, что благодаря их распределению с низкой задержкой и гибкостью на системном уровне эта новая парадигма может преодолеть барьеры масштабируемости существующих многоядерных архитектур. Однако те же самые работы предсказывают скорость выше 10 Гбит/с и эффективность, близкую к 1 Pj/bit, без неправильного понимания беспроводного внутреннего канала чипа. В этой статье впервые показано, что такие прогнозы далеки от реальности, оценивая затраты и дисперсию коммерческих чипов. Чтобы дополнительно раскрыть фундаментальную проблему и подтвердить потенциал WNoC, была предложена методология, которая использует уникальные свойства этого нового беспроводного сценария – монолитный и статический характер, о применение которых будет рассказано в статье. Первое свойство сценария позволяет проектировать канал, что означает, что есть возможность удобно изменить пакет чипсета для производителя для улучшения распространения. В исследовании используется это уникальное свойство для оптимизации частотной характеристики чипа путем тщательного подбора размеров его корпуса. Наконец, чтобы адаптироваться к нему, используются статические свойства канала и рассматриваются привычки повышения эффективности и скорости с помощью простых корректировок на физическом уровне.

Ключевые слова: широкополосная антенна, межчиповая связь, беспроводная сеть, миллиметровая волна, маршрутизация.

A. S. Tolegenova[1], T. G. Serikov[2], A. O. Karabassov[3],
R. T. Kasym[4], B. Turdybek[5]
[1,2,3]S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Republic of Kazakhstan,Astana,
[4,5]Academy of Logistics and Transport, Republic of Kazakhstan, Almaty,
Accepted for publicati on 28.11.237

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE MULTI-CHIP DATA TRANSMISSION WITH A BROADBAND ANTENNA

Several papers suggest the use of mm-wave wireless connections for on-chip communication and show that thanks to their low-latency distribution and flexibility at the system level, this new paradigm can overcome the scalability barriers of existing multicore architectures. However, the same works predict speeds above 10 Gbit/s and efficiency close to 1 Pj/bit, without misunderstanding the wireless internal channel of the chip. This article shows for the first time that such forecasts are far from reality, estimating the costs and variance of commercial chips. In order to further reveal the fundamental problem and confirm the potential of WNoC, a methodology was proposed that uses the unique properties of this new wireless scenario - monolithic and static nature, the application of which will be described in the article. The first property of the script allows you to design a channel, which means that it is possible to conveniently change the chipset package for the manufacturer to improve distribution. The study uses this unique property to optimize the frequency response of the chip by carefully selecting the size of its housing. Finally, in order to adapt to it, static properties of the channel are used and habits of increasing efficiency and speed with simple adjustments at the physical level are considered.

Keywods: broadband antenna, intertype communication, wireless network, millimeter wave, routing.

ORSTI 47.13.0

https://doi.org/10.48081/YBED5026

***G. Toleutay[1,2], M.Yelubay[3], G. Aitkaliyeva[4], G.Yelemessova[5]**
[1,4,5]Satbayev University, Republic of Kazakhstan,Almaty,
[2]Istanbul University, Turkey, Istanbu;
[3]Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
[3]e-mail: yelubay.m@tou.edu.kz

POLYAMPHOLYTES AS IONIC POLYMERS FOR ADVANCED STORAGE SYSTEM

The search for efficient and sustainable energy storage solutions has led researchers to explore a wide array of materials and technologies. Among these, polymers have emerged as a promising candidate in the development of advanced battery systems. This innovative approach offers several advantages and holds the potential to revolutionize the way we store and utilize energy. While polymers in battery systems hold tremendous promise, challenges remain, including optimizing conductivity and addressing potential issues related to polymer degradation over time. However, ongoing research and development efforts are actively addressing these problems, pushing the limits of what is achievable with polymer-based energy storage technologies. As technology continues to advance and our understanding of polymer materials deepens, we can anticipate a future where polymer-based batteries play a significant role in powering our world with cleaner, safer, and more versatile energy sources. Furthermore, the family of polymers known as polyampholytes, which contain both positive and negative charges in a single macromolecule, has a lot of potential applications in Advanced Battery Technologies. Because of this distinct quality, polyampholytes can display fascinating electrochemical properties, which makes them desirable candidates for use as ionic polymers in batteries. This article delves into the emerging field of polyampholytes and their promising role as ionic polymers in the realm of advanced battery technologies. Herin we will explore their potential contributions to improving battery safety, stability, and overall performance. This study highlights the innovative possibilities that polyampholytes offer in the pursuit of next-generation energy storage solutions.

Keywords: Polyampholytes, ionic polymers, advanced storage systems, electrochemical performance, energy storage systems.

Introduction

Polyampholytes are macromolecules composed of repeating units that carry both positive and negative charges [1, 2]. These charges can arise from the presence of different functional groups, such as amino acids or sulfonic acid groups, within the polymer structure. The simultaneous presence of positive and negative charges enables polyampholytes to exhibit a wide range of properties, including the ability to conduct ions, respond to external stimuli, and enhance overall electrochemical performance. This unique characteristic distinguishes them from other types of polymers and imparts fascinating properties and behaviors. These charges can originate from different functional groups, such as acidic and basic groups or ionizable amino acids [3–5]. The charge distribution may be random, alternating, or block-like, depending on the synthesis method and monomer composition. The presence of charged groups enables polyampholytes to exhibit unique electrostatic interactions, such as intra-chain and inter-chain coulombic interactions, which greatly influence their properties. The charge density and overall properties of polyampholytes are highly dependent on the pH of the surrounding environment. At specific pH values, the ionizable groups within the polyampholyte can either become fully charged, partially charged, or neutral. Consequently, the conformation, solubility, and intermolecular interactions of the polyampholyte can undergo significant changes. The interesting point is that the Polyampholytes display also the amphoteric behavior, meaning they can act as both anionic and cationic polymers depending on the pH and ionic strength of the medium. This characteristic allows polyampholytes to interact with oppositely charged species, such as metal ions or other polyions, through electrostatic attraction or repulsion. The interplay between electrostatic interactions, solvent interactions, and polymer flexibility influences the conformational behavior of polyampholytes.

Materials and methods

Electrochemical Performance of polyampholytes in Advanced storage system

Polyampholytes can serve as excellent ionic polymers in batteries due to their high ionic conductivity and compatibility with various electrode materials. They can function as electrolytes, separators, or binder materials, facilitating ion transport within the battery system. Their ability to transport both cations and anions improves charge distribution and helps mitigate issues such as electrode polarization and capacity fading. Additionally, the presence of charged groups within the polyampholyte structure can enhance ion adsorption and diffusion, contributing to faster charging and discharging rates. Here, we delve into the

electrochemical performance of polyampholytes in batteries and their contributions to advanced energy storage technologies [6, 7].

One of the key attributes of polyampholytes is their ability to conduct ions efficiently. Due to the presence of both positive and negative charges within the polymer chains, polyampholytes offer high ionic conductivity for both cations and anions. This facilitates the rapid movement of ions between the electrodes, leading to enhanced charge transport and improved battery performance. The high ionic conductivity of polyampholytes helps minimize resistive losses and mitigates issues such as electrode polarization and voltage fading. The charged groups within polyampholytes promote strong interactions with ions in the electrolyte. This enables enhanced ion adsorption and diffusion, facilitating faster charging and discharging rates. Polyampholytes can effectively capture and transport both positive and negative ions, thereby improving the overall ionic mobility and ion distribution within the battery system. This characteristic is particularly valuable in high-power applications where rapid charging and discharging are essential. Polyampholytes can also form a stable interface with electrode materials, reducing interfacial resistance and improving the overall electrochemical performance. The charged groups within the polyampholyte structure facilitate strong interactions with the electrode surfaces, promoting efficient ion transfer and minimizing charge transfer resistance. This leads to reduced polarization effects, enhanced charge and discharge efficiency, and improved power output. These kinds of polymers possess inherent flexibility, allowing them to adapt to volume changes that occur during charge-discharge cycles. This flexibility helps accommodate the stress-induced strain caused by repeated expansion and contraction of electrode materials, thereby improving the mechanical stability of the battery. By reducing mechanical stress, polyampholytes contribute to enhanced cycle life, preventing electrode degradation, and ensuring long-term battery performance.

The presence of charged groups within the polyampholyte structure enables strong interactions with electrode surfaces, reducing the formation of harmful dendrites during cycling. Dendrite formation can lead to short circuits and safety hazards in batteries. By suppressing dendrite growth, polyampholytes enhance the safety and longevity of the battery system, as well as exhibit a high compatibility with a wide range of electrode materials, including metals, metal oxides, and sulfur-based compounds. This compatibility allows for versatile battery chemistries and enables the utilization of different electrode materials with optimal performance. Polyampholytes can enhance the stability and reactivity of electrode-electrolyte interfaces, contributing to improved electrochemical performance across diverse battery systems. Literature survey shows that the properties of polyampholytes can be tailored through modifications in the polymer composition, charge density, molecular weight, and charge distribution. This flexibility enables the design of

polyampholytes with specific characteristics suited for various battery applications. By fine-tuning the polymer structure, researchers can optimize properties such as ionic conductivity, mechanical strength, thermal stability, and electrochemical performance, enhancing the overall functionality of batteries [8–10].

Self-Healing Polyampholyte Hydrogels for Exceptional Mechanical Strength

T. Long and et al. [11] have successfully developed self-healing polyampholyte hydrogels with exceptional mechanical strength in the Megapascal range, excellent resilience, improved toughness, and satisfactory conductivity. These hydrogels were created through a one-step polymerization process, involving positively charged imidazolium-based ionic liquid monomers containing urea groups and negatively charged 3-sulfopropyl methacrylate potassium salt monomers, followed by subsequent dialysis in water.

After three days of dialysis, the initially soft hydrogels transform into mechanically robust structures with a tensile strength of approximately 1.3 MPa, a strain at break of about 720 %, and a toughness of around 6.7 MJ*m−3. The presence of hydrogen-bonding interactions involving urea groups plays a crucial role in enhancing the mechanical strength and toughness of these hydrogels. Furthermore, these hydrogels can spontaneously heal from physical cuts at room temperature, achieving a remarkable healing efficiency of around 91 %, thanks to the reversibility of electrostatic and hydrogen-bonding interactions. These mechanically robust hydrogels retain a satisfactory ionic conductivity of about 3 S *m − 1 at room temperature, making them suitable for use as highly flexible and stretchable conductors with self-healing capabilities. Hydrogels, which are materials containing significant water content in their three-dimensional structures, have gained attention for their potential applications in load-bearing materials like cartilage and tissue engineering scaffolds. However, traditional hydrogels often suffer from vulnerability to severe stretching, bending, and compression, limiting their practical utility [11].

Various approaches have been explored to address this challenge, with a focus on imparting self-healing abilities to hydrogels. Unfortunately, achieving both high mechanical strength and efficient self-healing has been a challenging balance to strike. Several authors mention other efforts to create self-healing hydrogels with varying degrees of success. Some methods resulted in rapid self-healing but with limited mechanical strength, while others achieved higher mechanical strength but struggled with effective self-healing. The key challenge in this field has been reconciling strong and stable crosslinking interactions, which improve mechanical strength but hinder self-healing, with the need for reversible cleavage and formation of dynamic covalent bonds or noncovalent interactions to enable efficient healing. Some authors proposed a novel approach to address this challenge by tailoring the strength of electrostatic interactions in hydrogels through a dialysis process. This

process removes some counter ions and introduces hydrogen-bonding interactions as sacrificial bonds to dissipate energy, resulting in hydrogels with excellent healing abilities and outstanding mechanical strength. These hydrogels also maintain a proper number of counter ions, enabling the percolation of conductive pathways and providing satisfactory electrical conductivity [12].

Enhancing Electrolyte Performance with Polyampholyte Doping

Wei J. et al. [7] collaborated to design and enhance the performance of electrolytes using «hot ice» alignment and polyampholyte doping. These improvements resulted in significantly higher ionic conductivity thanks to the formation of vertical liquid ion channels. In the case of aligned-PA gel-based supercapacitors, they achieved an ultrahigh discharge capacitance of 201.5 $F*g^{-1}$ at 0.1 $A*g^{-1}$, which is approximately twice that of the non-aligned counterparts. This improvement can be attributed to the optimized adhesion of polyampholyte-doped electrolytes during charging, leading to reduced interface resistance. Impressively, even after undergoing 10,000 charge-discharge cycles, the steady capacitance remained at about 101.1 %. Consequently, these electrolyte materials, with their enhanced ionic mobility and mechanical strength, hold great promise for use as integrated electrolytes and separators in flexible and wearable electronic devices.

In a related study, Hastings et al. [13] delved into the transition from self-coacervation to complex coacervation of various charge-balanced polyampholyte (PA) and polyelectrolyte (PE) pairs. Their focus was on copolymers of methacrylic acid and N-(3-aminopropyl) methacrylamide hydrochloride, with a particular emphasis on how the distribution of charges affects coacervate properties. To assess the response of different charge-balanced coacervates to pH changes, they employed turbidimetric pH titration. The study revealed that as molecular weight increased, coacervates' resistance to stimuli like ionic strength and pH grew, progressing from liquid self-coacervates formed by stoichiometric PA to complex coacervates formed by complementary nonstoichiometric PAs, and finally to less hydrated coacervates or precipitates formed from two PE homopolymers. Optical microscopy was used to map the compositional regions corresponding to liquid-liquid and liquid-solid phase separations. The researchers found that coacervates exhibited thermal responsiveness and lower critical solution temperatures dependent on composition and ionic strength. Isothermal titration calorimetry (ITC) confirmed that complexation was primarily driven by entropy. Moreover, coacervate droplets were shown to reversibly bind ionic dyes, suggesting their potential use in drug release systems. Genipin could also be employed to create cross-linked coacervate microgels. These synthetic coacervates, accessible through free-radical copolymerization, served as valuable models for studying phase separation in natural polyampholytes [13].

Another study focused on obtaining an ionic complex composed of anionic and cationic monomers by protonating (N,N-diethylamino)ethylmethacrylate (DEA) with acrylic acid (AAc). Through free radical copolymerization of this ionic complex and acrylamide (AAm), the researchers generated ionically crosslinked polyampholytic gel electrolytes known as poly(AAc–DEA–AAm), abbreviated as PADA. Two types of organic solvents containing a lithium salt were used in the process. DSC thermograms demonstrated the good thermal stability of the resulting PADA gel electrolyte. Impedance analysis conducted at various temperatures from -30 to 75 °C revealed that the ionic conductivities of PADA gel electrolytes closely approached those of liquid electrolytes. The temperature-dependent behavior of ionic conductivities aligned with the Arrhenius equation. Moreover, increasing the molar ratios of cationic to anionic monomers boosted the ionic conductivities of PADA gel electrolytes. PADA gels prepared in solvent mixtures of propylene carbonate, ethyl methyl ether, and dioxolane exhibited higher ionic conductivities compared to those prepared solely in propylene carbonate. Impressively, even at -30 °C, the ionic conductivities of both types of PADA gel electrolytes remained in the range of 10^{-3} to 10^{-4} S *cm-1. Cyclic voltammetry measurements showed that the electrochemical windows of PADA gel electrolytes ranged from -1 V to 4.5 V. These gel-type electrolytes garnered significant attention due to their high-energy density, flexibility, and safety, offering potential applications in various electronic devices. Traditional polymer electrolytes often require plasticizers to achieve reasonable ionic conductivity, but these plasticized systems can suffer from instability and reduced mechanical properties due to plasticizer transfer and volatilization. Ionically crosslinked gels, on the other hand, offer stability and improved ionic conductivity, making them a promising alternative for various applications, including high-load-bearing hydrogels, drug delivery vehicles, and bio-adhesives [14].

Flexible and Self-Healing Supercapacitors with Polyampholyte Hydrogel Electrolytes

Flexible and multifunctional zinc-ion batteries (ZIBs) are crucial components in the realm of flexible and wearable electronics. Yet, traditional gel electrolytes based on polyvinyl alcohol have intrinsic limitations in terms of their ability to self-heal and stretch, which fall short of meeting the demands for flexible, self-healing, and multifunctional ZIBs. In response to this challenge, in [15] embarked on a project to synthesize polyampholyte nanocomposite hydrogels. These hydrogels exhibited remarkable mechanical strength, impressive ionic conductivity (measuring at 27.3 $Ms*cm^{-1}$), and outstanding self-healing properties. These attributes arose from the presence of inorganic crosslinkers, namely Laponite and GO, along with zwitterionic monomers. The team utilized these polyampholyte hydrogel electrolytes to assemble ZIBs, incorporating carbon

nanotubes (CNTs)/vanadium disulfide as cathodes and CNTs/Zn as anodes. The resulting ZIBs demonstrated exceptional electrochemical performance, boasting a discharge capacity of 245 F g^{-1} at 0.05 A g^{-1}. Most notably, these ZIBs possessed multifunctional healability under various conditions, including ambient temperature, near-infrared light at 808 nm, and heating. Impressively, even after undergoing five and six cycles of being broken and healed, they retained 80% and 54 % of their initial capacity, respectively[15].

Biochar-Reduced-Graphene-Oxide Electrodes for Aqueous Supercapacitors

Li et al. [16] have developed a unique type of electrode known as biochar-reduced-graphene-oxide (BC-RGO) electrodes by incorporating reduced graphene oxide into biochar. These electrodes play a crucial role in the creation of supercapacitors. The resulting supercapacitor exhibits an impressive energy density of 30 Wh/kg, with approximately 90 % capacitance retention after 5000 charge-discharge cycles at room temperature and a power density of 50 W/kg. Even at a frigid temperature of -30 °C, this supercapacitor maintains an energy density of 10.5 Wh/kg when operating at a power density of 500 W/kg. The outstanding low-temperature performance is attributed to the concept of non-freezable water near the hydrophilic polymer chains, opening up new possibilities for research into water phase behavior in the vicinity of polyampholyte chains. The combination of BC-RGO electrodes and polyampholyte hydrogel electrolytes holds great promise for supercapacitors in flexible electronics and low-temperature environments [16].

Enhancing the performance of electrochemical storage devices at low temperatures is critical for applications in automobiles, wearable devices, and energy grids in cold climates. Traditional challenges at low temperatures include reduced ion transport due to increased viscosity and the brittleness of polymeric binder components. While supercapacitors can operate at low temperatures down to -40 °C using organic solvents or ionic liquids, these liquids have their own drawbacks, such as humidity-dependent conductivity, toxicity, and environmental contamination risks. Gel polymer electrolytes, however, offer a promising solution, providing a balance between solid and liquid electrolytes. Polyampholyte hydrogel electrolytes stand out due to their unique mechanical properties, self-healing ability, and resistance to crack propagation. Biochar, derived from low-temperature pyrolysis of biological waste, has garnered attention for various applications, including energy storage. However, pure biochar lacks the necessary specific capacitance, structural integrity, and electrical conductivity for use as an electrode material. To overcome these limitations, BC-RGO electrodes were developed, incorporating reduced graphene oxide into biochar. These electrodes offer a cost-effective solution with improved performance compared to traditional alternatives.

Intending the properties of Polyampholytes for Specific battery Applications

The flexibility of polyampholytes enables researchers to tailor their properties for specific battery applications. By adjusting the polymer composition, molecular weight, or charge distribution, it is possible to optimize ionic conductivity, mechanical strength, thermal stability, and other relevant parameters. For instance, the incorporation of hydrophobic segments can enhance the stability of polyampholytes in aqueous electrolytes, making them suitable for aqueous battery systems. Such tunability provides a pathway for designing polyampholytes that meet the requirements of different battery chemistries and device configurations. The ionic conductivity of polyampholytes can be adjusted to meet the requirements of different battery chemistries and operating conditions. By carefully selecting the monomer composition and charge density, researchers can enhance the mobility of ions within the polymer matrix, leading to improved charge transport and faster kinetics. Increasing the charge density or incorporating ion-conductive moieties can boost the ionic conductivity of polyampholytes, making them suitable for high-power applications or batteries operating at low temperatures.

Polyampholytes can be designed to possess the desired mechanical properties, including strength, flexibility, and elasticity. Modulating the molecular weight and cross-linking density allows researchers to optimize the mechanical stability and toughness of polyampholytes. This is particularly crucial in applications where the battery undergoes mechanical stresses during operation, such as in portable devices or electric vehicles. By tailoring the mechanical properties of polyampholytes, researchers can enhance the durability and cycling performance of batteries. The ability to tailor the properties of polyampholytes allows researchers to optimize their performance for specific battery applications. By carefully adjusting the polymer composition, molecular structure, and charge distribution, researchers can achieve improved ionic conductivity, mechanical strength, thermal stability, solvent compatibility, environmental sensitivity, and electrode material compatibility. This customization of polyampholytes contributes to the advancement of tailored energy storage technologies and paves the way for the development of high-performance and efficiency. Ionic conductivity is a critical property of polyampholytes that directly influences their performance in energy storage applications. It refers to the ability of the polymer to facilitate the movement of ions, both cations and anions, within its structure. The ionic conductivity of polyampholytes plays a crucial role in determining the efficiency and kinetics of ion transport, which in turn impacts the overall electrochemical performance of batteries[10, 17, 18].

The presence of charged groups within the polymer chain is fundamental to the ionic conductivity of polyampholytes. A higher charge density leads to a greater number of charge carriers available for ion transport, resulting in enhanced conductivity. Increasing the charge density can be achieved by incorporating more

ionizable groups or adjusting the polymer composition to include monomers with higher charge densities. Polymer morphology, including chain conformation and polymer-solvent interactions, affects the mobility of ions within the polyampholyte matrix. For example, an extended or open-chain conformation provides more space for ion movement, facilitating higher ionic conductivity. The strength and nature of the interactions between ions and polyampholyte chains significantly impact the ionic conductivity. The electrostatic interactions between the charged groups in the polymer and the surrounding ions influence the ion transport kinetics. Strong ion-polymer interactions promote effective ion solvation and enhance ion mobility, leading to improved conductivity.

Results and discussion

Overcoming Challenges of integration of polyampholytes into commercial batteries

Polyampholytes, the versatile ionic polymers that have been making waves in the world of advanced energy storage technologies, hold enormous promise for the future of batteries. These polymers exhibit exceptional stability and safety attributes, offering significant advantages over traditional electrolytes. However, despite their numerous strengths, there are still some challenges to overcome and exciting prospects on the horizon as we strive to integrate polyampholytes into commercial batteries [8, 19].

One of the foremost challenges on the path to realizing the full potential of polyampholytes in batteries is the need to improve their overall ionic conductivity, particularly at low temperatures. Ionic conductivity is a pivotal parameter that directly influences battery performance, and achieving optimal performance even in cold climates is essential. To address this challenge, researchers are actively exploring various strategies. Among these strategies, nanocomposite formation, copolymerization, and cross-linking techniques stand out as promising avenues. Another pivotal aspect in advancing polyampholytes for battery applications is understanding the degradation mechanisms that these polymers may undergo. To ensure their practical implementation in commercial batteries, researchers must delve into the intricacies of how polyampholytes interact with battery components over time.

Designing stable polyampholytes with extended cycle life is a fundamental goal in overcoming the challenges of degradation. Researchers are actively engaged in studying the effects of prolonged charge-discharge cycles on polyampholyte materials. Insights gained from these.

The journey of polyampholytes in the world of batteries is still in its early stages, but the potential is undeniable. With concerted efforts to enhance ionic conductivity, a thorough understanding of degradation mechanisms, and the design of stable, long-lasting polyampholyte materials, we are poised to unlock even more of the tremendous promise they hold. The future envisions batteries that are

not only safer and more stable but also highly efficient and adaptable to various operating conditions. Whether it's powering electric vehicles, revolutionizing portable electronics, or enabling grid-scale energy storage, polyampholytes have the potential to play a pivotal role in shaping the next generation of energy storage technologies.

Funding information

This work was supported by the Committee of the MES, RK (IRN AP09260760, 2021–2023).

Conclusions

In conclusion, polyampholytes represent a remarkable breakthrough in the realm of energy storage materials, offering a host of attributes that are propelling them to the forefront of innovation in this field. Their unique combination of positively and negatively charged groups, coupled with their impressive ionic conductivity and superior ion adsorption and diffusion properties, has unlocked a wealth of opportunities for designing advanced energy storage systems.

Furthermore, the inherent benefits of reduced interfacial resistance, flexibility, and compatibility with a wide range of electrode materials make polyampholytes a good choice for various energy storage applications. These attributes collectively contribute to not only efficient charge transport but also to heightened power output and prolonged cycle life, addressing critical challenges in the energy storage sector.

As research and development efforts in polyampholyte-based energy storage technologies progress, we are witnessing the continued expansion of the horizons of materials science. This relentless pursuit of innovation is paving the way for groundbreaking advancements in the field.

Conflicts of interests

The authors declare no conflicts of interests.

REFERENCES

1 **Toleutay, G., Su, E., Kudaibergenov, S. E.** Swelling and mechanical properties of quenched polyampholyte hydrogels based on 2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid sodium salt (AMPS) and (3-acrylamidopropyl) trimethylammonium chloride (APTAC) // Bulletin of the University of Karaganda-Chemistry. – 2019. – № 96. – P. 35-43. https://doi.org/ 10.31489/2019Ch4/35-43.

2 **Toleutay, G., Su, E., Kudaibergenov, S. E., Okay, O.** Highly stretchable and thermally healable polyampholyte hydrogels via hydrophobic modification // Colloid and Polymer Science. – 2020. – № 3 (298). – P 273–284. https://doi.org/10.1007/s00396-020-04605-8.

3 **Kudaibergenov, S. E.** Polyampholytes Synthesis, Characterization and Application. – New York : Kluwer Academic/Plenum Publishers6 – 2002. –P . 212.

4 **Kudaibergenov, S. E.** Physicochemical, Complexation and Catalytic Properties of Polyampholyte Cryogels // Gels. – 2019. –№ 1 (5) https://doi.org/10.3390/gels5010008.

5 **Zhumadilova, G., Yashkarova, M., Bimendina, L., Kudaibergenov, S.** Interpolymer complexes of novel linear and crosslinked acrylic acid-Schiff base copolymers // Polymer International. – 2003. Jun 2003. – № 6 (52). – P. 876–882, https://doi.org/10.1002/pi.994.

6 **Han, M., Kim, D. W., Kim, Y. C.** Charged Polymer-Coated Separators by Atmospheric Plasma Induced Grafting for Lithium-Ion Batteries // Acs Applied Materials & Interfaces. – 2016. – № 39 (8). – P. 26073–26081. https://doi.org/10.1021/acsami.6b08781.

7 **Wei, J. J., Yin, C. Y., Wang, H. L., Wang, Q. G.** Polyampholyte-doped aligned polymer hydrogels as anisotropic electrolytes for ultrahigh-capacity supercapacitors // Journal of Materials Chemistry A. – 2018. – №1 (6). – P. 58-64 https://doi.org/10.1039/c7ta09616j.

8 **Gavrilova, N. D., Makhaeva, E. E., Malyshkina, I. A., Khokhlov, A. R.** Dielectric response with different of polyampholytes structures // Polymer Science Series B. – 2003. – № 11 (45). – P. 379–383.

9 **Rejtar, T., Slais, K.** Isotachophoretic focusing of strong and weak electrolytes in combined pH and conductivity gradients // Journal of Chromatography A. –1999. – № 838. – C. 71-80. https://doi.org/10.1016/s0021-9673(98)01003-6.

10 **Wang, P. P., et al.** Application of Amphoteric Polyacrylamide Solely or with the Combination of Cationic Starch for Paper Strength Improvement// Bioresources. –2018. –№4 (13). – C. 7864-7872. doi: 10.15376/biores.13.4.7864 –7872.

11 **Long, T. J., Li, Y., Fang, X.X., Sun, J. Q.** Salt-Mediated Polyampholyte Hydrogels with High Mechanical Strength, Excellent Self-Healing Property, and Satisfactory Electrical Conductivity // Advanced Functional Materials. – 2018. – № 44 (28). https://doi.org/doi: 10.1002/adfm.201804416.

12 **Sgreccia, E., Pasquini, L., Ercolani, G., Knauth, P., Di Vona, M. L.** Stimuli-responsive amphoteric ion exchange polymers bearing carboxylic and amine groups grafted to a cross-linkable silica network // European Polymer Journal. – 2019. – № 112. – P. 255–262. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.01.003.

13 **Hastings, D. E., Bozelli, J. C., Epand, R. M., Stover, H. D. H.** Investigating the Effects of Charge Arrangement in Stimuli-Responsive Polyelectrolytes // Macromolecules. –2021. – № 24 (54). – P.11427–11438. – https://doi.org/10.1021/acs.macromol.1c01882.

14 **Chen, W., Tang, H., Ou, Z., Wang, H., Yang, Y.** Electrochemical behavior of ionically crosslinked polyampholytic gel electrolytes // Electrochimica Acta. – 2007. –№ 4 (53). – P. 2065–2070. https://doi.org/10.1016/j.electacta.2007.09.012.

15 **Yang, Y. A., Li, W. W., Su, W. T., Lang, M., Li, H. L., Zhang, F.** Multiple healing flexible zinc-ion battery based on double cross-linked polyampholyte hydrogel electrolyte //Journal of Power Sources. – 2023. – № 579. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2023.233313.

16 **Li, X. D., Wang, X., Ok, Y. K., Elliot, J.A.W., Chang, S.X., Chung, H. J.** Applications: Polyampholyte Gel Electrolytes with Biochar Electrodes // Scientific Reports. –2017. – № 7. –C. 11. https://doi.org/10.1038/s41598-017-01873-3.

17 **Zhang, Q., Zhang, Q. F., Zhang, S. B., Li, S. H.** Synthesis and characterization of sulfonated poly(aryl ether sulfone) containing pendent quaternary ammonium groups for proton exchange membranes // Journal of Membrane Science. – 2010. –№354. – P. 23-31. 10.1016/j.memsci.2010.02.068.

18 **Dong, A. J., Hou, G. L., Feng, M. H., Li, A. G.** Properties of amphoteric polyurethane waterborne dispersions. III. Isoelectric points and precipitation // Journal of Polymer Science Part B-Polymer Physics. – 2002. – № 21 (40). – C. 2440-2448. https://doi.org/10.1002/polb.10303.

19 **Harrison, I. M., Candau, F., Zana, R.** Interactions between polyampholytes and ionic surfactants// Colloid and Polymer Science. – 1999. – № 277.– P. 48–57. – https://doi.org/10.1007/s003960050366.

Accepted for publication on 28.11.23

**Г. Төлеутай[1,2], М. Елубай[3], Г. Айткалиева[4], Г. Елемесова[5]*
[1,4,5]Сәтбаев университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы;
[2]Стамбул университеті, Стамбул қ., Түркия;
[3]Торайғыров университет, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ЖЕТІЛДІРІЛГЕН САҚТАУ ЖҮЙЕСІНЕ АРНАЛҒАН ИОНДЫҚ ПОЛИМЕРЛЕР РЕТІНДЕГІ ПОЛИАМФОЛИТТЕР

Энергияны сақтаудың тиімді және тұрақты шешімдерін іздеу зерттеушілерді материалдар мен технологиялардың кең ауқымын зерттеуге итермеледі. Олардың ішінде полимерлер озық аккумуляторлық жүйелерді әзірлеуде перспективалы үміткер ретінде пайда болды. Бұл инновациялық тәсіл бірнеше артықшылықтарды ұсынады және энергияны сақтау және пайдалану тәсілімізде төңкеріс жасауға мүмкіндік береді. Аккумуляторлық жүйелердегі полимерлер үлкен үмітке ие болғанымен, өткізгіштікті оңтайландыру және уақыт өте келе полимер деградациясына қатысты ықтимал мәселелерді

шешуді қоса алғанда, қиындықтар әлі де бар. Дегенмен, жүргізіліп жатқан ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық күш-жігер осы проблемаларды белсенді түрде шешуде, полимер негізіндегі энергияны сақтау технологияларымен қол жеткізуге болатын шектеулерді итермелейді. Технологияның алға жылжуы және полимерлік материалдар туралы түсінігіміз тереңдеген сайын, біз полимер негізіндегі батареялар әлемімізді таза, қауіпсіз және жан-жақты қуат көздерімен қуаттандыруда маңызды рөл атқаратын болашақты болжай аламыз. Сонымен қатар, бір макромолекулада оң және теріс зарядтарды қамтитын полиамфолиттер деп аталатын полимерлер тобының Advanced Battery Technologies-те көптеген әлеуетті қолданбалары бар. Осындай ерекше сапаға байланысты полиамфолиттер керемет электрохимиялық қасиеттерді көрсете алады, бұл оларды батареяларда иондық полимерлер ретінде пайдалану үшін қолайлы кандидаттар етеді. Бұл мақалада полиамфолиттердің дамып келе жатқан саласы және олардың алдыңғы қатарлы аккумуляторлық технологиялар саласындағы иондық полимерлер ретіндегі перспективалық рөлі қарастырылады. Мұнда біз олардың батарея қауіпсіздігін, тұрақтылығын және жалпы өнімділігін арттырудағы әлеуетті үлестерін зерттейміз. Бұл зерттеу келесі ұрпақ энергия сақтау шешімдерін іздеуде полиамфолиттер ұсынатын инновациялық мүмкіндіктерді көрсетеді.

Кілтті сөздер: Полиамфолиттер, иондық полимерлер, кеңейтілген сақтау жүйелері, электрохимиялық көрсеткіштер, энергия сақтау жүйелері.

Г. Толеутай[1,2], М. Елубай[3], Г. Айткалиева[4], Г. Елемесова[5]
[1,4,5]Сатпаев у ниверситет, Алматы, Республика Казахстан,
[2]Стамбульский университет, Стамбул, Турция,
[3] Торайгыров Университет, Павлодар, Казахстан
Принято к изданию 28.11.23.

ПОЛИАМФОЛИТЫ КАК ИОННЫЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ

Поиск эффективных и устойчивых решений для хранения энергии побудил исследователей изучить широкий спектр материалов и технологий. Среди них полимеры оказались многообещающим кандидатом при разработке современных аккумуляторных систем.

Этот инновационный подход предлагает ряд преимуществ и потенциально может произвести революцию в способах хранения и использования энергии. Хотя полимеры в аккумуляторных системах открывают огромные перспективы, остаются проблемы, включая оптимизацию проводимости и решение потенциальных проблем, связанных с деградацией полимера с течением времени. Однако текущие исследования и разработки активно решают эти проблемы, расширяя границы достижимых технологий хранения энергии на основе полимеров. Поскольку технологии продолжают развиваться, а наше понимание полимерных материалов углубляется, мы можем предвидеть будущее, в котором батареи на основе полимеров будут играть значительную роль в обеспечении нашего мира более чистыми, безопасными и универсальными источниками энергии. Кроме того, семейство полимеров, известных как полиамфолиты, которые содержат как положительные, так и отрицательные заряды в одной макромолекуле, имеет множество потенциальных применений в передовых аккумуляторных технологиях. Из-за этого особого качества полиамфолиты могут проявлять потрясающие электрохимические свойства, что делает их желательными кандидатами для использования в качестве ионных полимеров в батареях. В этой статье рассматривается развивающаяся область полиамфолитов и их многообещающая роль в качестве ионных полимеров в сфере передовых аккумуляторных технологий. Здесь мы рассмотрим их потенциальный вклад в повышение безопасности, стабильности и общей производительности аккумуляторов. Это исследование подчеркивает инновационные возможности, которые полиамфолиты предлагают в поисках решений для хранения энергии следующего поколения.

Ключевые слова: полиамфолиты, ионные полимеры, современные системы хранения, электрохимические характеристики, системы хранения энергии.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ

Адамова Айгуль Дюсенбиновна, Ассистент профессор, Astana IT University, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: aika_pavl@mail.ru

Акимжанов Темірболат Балтабайұлы, PhD, «Қазақстандық стандарттау және метрология институты» Республикалық мемлекеттік кәсіпорны, Астана қ , 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: takimzhanov@mail.

Айтқалиева Гульзат, PhD, қауымд. профессор, Геология, мұнай және тау-кен ісі институты, Сәтбаев университеті, Алматы қ., 050012, Қазақстан Республикасы, e-mail: g.aitkaliyeva@satbayev.university; https://orcid.org/0000-0001-9872-6317.

Амир Ерлан Камалиевич, докторант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан, e-mail: a.erlan_999@mail.ru

Аманкельдин Шоқан Аманкелдіұлы докторант, «Электроэнергетика» мамандығы, Энергетика, автоматика және телебайланыс факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: Amankeldin1992@gmail.com

Ашимова Айгуль Кенжибаевна, докторант, «Электроэнергетика» мамандығы, Сәтбаев университеті, Энергетика және машина жасау институты, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: Ashimova_ak@mail.ru

Алибеккызы Карлыгаш, PhD, қауымд. профессор, Д. Серікбаев атындағы Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университет, Өскемен қ., 070016, Қазақстан Республикасы, e-mail: karlygash.eleusizova@mail.ru

Андреева Оксана Александровна, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, «Электротехника және автоматтандыру» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: andreyeva.oa @mail.ru

Айтбекова Шапағат Болатбекқызы, магистрант, 2 курс, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., 050038, Қазақстан Республикасы

Аканова Акерке Сапаровна, PhD, аға оқытушы, «Компьютерлік ғылымдар» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: akerkegansaj@mail.ru

Асқадұлы Қанат, оқытушы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университет,, Өскемен қ., 070016, Қазақстан Республикасы, e-mail: kanat.askaduly@gmail.com

Байбусинова Макпал Сапаровна, аға оқытушы, Computer Science факультеті, Торайғыров университет, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: makpaly@mail.ru

Бектасова Асемгуль Айтпаевна, докторант, «Электроэнергетика» мамандығы, Энергетика және машина жасау институты, Қ. Сәтбаев университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: Bektasova_aa@mail.ru

Байдилдина Айжан Толеубековна, PhD, қауымд. профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университет, Өскемен қ., 070016, Қазақстан Республикасы, e-mail: atj-43@mail.ru

Бельгинова Сауле Аскербековна, PhD, қауымд. профессор, Туран университеті, Алматы қ., 050039, Қазақстан Республикасы, e-mail : sbelginova@gmail.com

Барукин Александр Сергеевич, PhD, қауымд. профессор, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: alexbarukin@mail.ru

Бижанов Нұрлан Уәлиханұлы, докторанты, «Электроэнергетика» мамандығының А. Байтұрсынов атындағы Қостанай аймақтық университеті, Қостанай, 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail: bizhanov_nurlan@inbox.ru

Боргеков Дарын Боранбаевич, PhD, ҚР ЭМ Ядролық физика институты, Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы,e-mail: d.borgekov@inp.kz

Бергузинов Асхат Нурланович, PhD, профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: askhat_berguzinov@mail.ru

Белый Александр Владимирович, профессор «География және туризм» кафедрасы, Торайғыров университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: alexander.belyi@mail.ru

Бахтияр Балжан, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, Энергетика факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010006, Қазақстан Республикасы, e-mail: bahtyar.baljan@mail.ru

Боканова Алия Абылгазиевна, профессор, Техника ғылымдарының докторы, доцент, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.,010008,Қазақстан Республикасы, e-mail :bokanova_a@mail.ru

Велеба Войцех, техника ғылымдарының докторы, Вроцлав ғылым және технологиялар университетінің профессоры, Вроцлав қ., 50370, Польша, e-mail: wojciech.wieleba@pwr.edu.pl.

Войткевич Софья Валентиновна, доцент м.а., ӨПА кафедрасы,Энергетика, автоматика және телекоммуникация факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: sofiya_v@kstu.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

Джанаргалиева Малика Руслановна, магистрант, «География және туризм» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: malika_28-01@mail.ru

Дробинский Александр Васильевич, техника ғылымдарының кандидаты, профессор (Қазақстан), «Электротехника және автоматтандыру» кафедрасының профессоры, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: avd1942@ramdler.ru

Динмуханбетова Айгуль Жумагельдыевна, PhD, қауымд. профессор, Торайғыров университеті, Энергетика факультеті, Павлодар қ., 140008,Қазақстан Республикасы, e-mail: ardi100909@mail.ru

Есім Аяна Қазбекқызы, «Қызмет көрсету саласы» бағыты бойынша докторант, Л. Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: ayana_esimova99@mail.ru

Есимова Динара Даутовна, педагогика ғылымдарының кандидаты, «География және туризм» кафедрасының, меңгерушісі, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: dika-73@mail.ru

Есен Бегім Ержанұлы, магистрант, 2 курс, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., 050038, Қазақстан Республикасы, e-mail: begim.yesen@gmail.com

Елемесова Гаухар, магистрант, Геология, мұнай және тау-кен ісі институты, Сәтбаев университеті, Алматы қ., 050012, Қазақстан Республикасы; e-mail: g.yelemessova@satbayev.university

Елубай Ерболкызы Гульмира, PhD, 3 курс докторанты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 000001, Қазақстан Республикасы, e-mail: gulmiragip@gmail.com

Елубай Мәдениет, химия ғылымдарының кандидаты,Торайғыров университеті, Химия және химиялық технологиялар кафедрасы, меңгерушісі, профессор, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: yelubay.m@tou.edu.kz https://orcid.org/0000-0002-6209-5215

Жартыбаева Макпал Галымбековна, PhD, доцент м.а., Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: makkenskii@mail.ru

Жумажанов Серік Каратайұлы, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор (доцент), Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhumaser@mail.ru

Жумалиева Алтынай Каирбековна, техника ғылымдарының магистрі, оқытушы, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010006, Қазақстан Республикасы, e-mail : zhumaliyeva1990@list.ru

Жалмағамбетова Ұлтуар Қайырболатқызы, PhD, қауымд. профессоры,«Электротехника және автоматтандыру» кафедрасы, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ultuara@mail.ru

Звонцов Алексей Сергеевич, аға оқытушысы, «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: trigal@mail.ru

Исабеков Жанат Бейсембайұлы, PhD, қауымд. профессор (доцент), Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asbizh@mail.ru

Исупова Наталья Александровна, техника ғылымдарының кандидаты (РФ), «Автономды объектілердің электротехникалық кешендері және электр көлігі» кафедрасы, доцент, НРУ Мәскеу энергетикалық университеті Мәскеу қ., 111020, Ресей Федерациясы, e-mail: natashaisu@mail.ru

Исенов Сұлтанбек Сансызбаевич, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, Энергетика факультетінің деканы, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: isenov_sultan@mail.ru

Искаков Руслан Маратбекович, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: rus.iskakov79@mail.ru

Исабеков Жанібек Назарбекұлы, PhD, доцент міндетін атқарушы, Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Туркестан қ.,161200, Қазақстан Республикасы, e-mail: janibek_23.93@mail.ru

Иванов Валерий Анатольевич, доцент м.а., ӨПА кафедрасы, Энергетика, автоматика және телекоммуникация факультеті, Әбілқас Сағынов

атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: v.ivanov_6119@mail.ru

Калинин Алексей Анатольевич, PhD, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Инновациялық технологиялар факультеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: a.kalinin@kstu.kz

Козловский Артем Леонидович, PhD, қауымд. профессор (доцент), ҚР ЭМ Ядролық физика институты, Астана қ.,010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kozlovskiy.a@inp.kz

Кислов Александр Петрович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kislovpsu@mail.ru

Кириченко Лалита Николаевна, докторант, Автоматтандыру және басқару мамандығы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: lalita17021996@gmail.com

Калтаев Абдулла Габдылманапулы, PhD, қауымд. профессор (доцент), Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: abdulla911@mail.ru

Карабасов Арман Олжасович, магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: karabassov.arman@list.ru

Қасым Руслан Тоқтасынұлы, магистр, сениор лектор, Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kasym.ruslan@gmail.com

Карманов Амангельды Ерболович, PhD, қауымд. профессор, «Жылуэнергетикасы» кафедрасы, меңгерушісі, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: aman270685@mail.ru

Кошумбаев Марат Булатович, техника ғылымдарының докторы, аға оқытушы, Энергетика факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: marat7759@mail.ru

Кузнецова Наталья Сергеевна, магистр, «Психология» мамандығы, Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті, «Экономика жоғары мектебі», Томск қ., 634000, Ресей Федерациясы, e-mail: natalia_kuznetsova@tpu.ru

Құттыбай Нұржігіт Бақытұлы, PhD, доцент м.а., «Қатты дене физикасы және бейсызық физика» кафедрасы, Физика техникалық факультеті, әл - Фараби атындағы Казақ ұлттық университеті, Алматы қ.,050038, Қазақстан Республикасы, e-mail: Nurjigit.10.93@gmail.com

Кусаин Маржан Айдынқызы, Магистрант, 2 курс, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., 050038, Қазақстан Республикасы, e-mail: marzhan.6008@gmail.com

Қошқарбай Нұрсұлтан Жалғасұлы, докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., 050038, Қазақстан Республикасы, e-mail: Koshkarbay.n@kaznu.kz, aitbekovashapa@gmail.com

Кинжибекова Акмарал Кабиденовна, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: akmaral70@mail.ru

Клецель Марк Яковлевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы

Колесников Евгений Николаевич, PhD, постдокторанты «Электротехника және автоматтандыру» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: jeka89_pvl@mail.ru

Кошеков Кайрат Темирбаевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, Азаматтық авиация академиясы, Алматы қ., 050039, Қазақстан Республикасы, e-mail: kkoshekov@mail.ru

Курбанов Якуб Мухсатұлы, Ғылыми зерттеулер және құзыреттіліктер орталығының басшысы, «Азаматтық Авиация Академиясы», Алматы қ., 050039, Қазақстан Республикасы, e-mail: kurbanov_yakub@list.ru

Маханова Махмуда Акпаровна, экономика ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, Энергетика факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010006, Қазақстан Республикасы, e-mail: murassayahat@mail.ru

Маулет Меруерт, аға ғылыми қызметкер, «Беттік инженерия және трибология» ҒЗО, С. Аманжолов Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ., 070002, Қазақстан Республикасы, e-mail: Maulet_meruert@mail.ru

Машрапов Бауыржан Ерболович, PhD, постдокторанты, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: bokamashrapov@mail.ru

Машрапова Ризагуль Мегданиятовна, PhD, қауымд. профессор, Торайғыров университеті,Энергетика факультеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: rizka1504@mail.ru

Мейрханова Мира Болатқызы, магистрант, «7М07101 -Автоматтандыру және басқару» мамандығы, ӨПА кафедрасы, Энергетика, автоматика және телекоммуникация факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: immira.bm@gmail.com

Молдахметов Саят Сайранович, PhD, доцент,« Инженерлік және сандық технологиялар факультеті, Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті», Петропавл қ.,150000,Қазақстан Республикасы, e-mail: ssmoldahmetov@ku.edu.kz

Нұрмағанбетова Гүлім Сахитовна, PhD, аға оқытушы, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: g_sahitovna@mail.ru

Никифоров Александр Степанович, техника ғылымдарының докторы, профессор, «Жылуэнергетика» кафедрасы, энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: aleke4599@mail.ru

Нуркина Шолпан Муратовна, докторант «Жылуэнергетика» мамандығы, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: sholpan_shupeeva@mail.ru

Новожилов Александр Николаевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, «Электр энергетикасы» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлода қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: novozhilova_on@mail.ru

Новожилов Тимофей Александрович, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау» кафедрасы, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644000, Ресей Федерациясы, e-mail: timokvey@mail.ru.

Оришевская Елена Вячеславовна, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail:eva_pgu@mail.ru

Оспанова Назира Нургазыевна, педагогика ғылымдарының кандидаты, доцент, профессоры, Computer Science факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: nazira_n@mail.ru

Оржанова Жанар Керимбековна, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор ассистенті, Логистика және көлік академиясы, г. Алматы, 50012, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhanar.orzhanova@mail.ru

Оралбекова Жанар Орымбаевна, PhD, доцент, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: oralbekova@bk.ru

Оразбекова Әсем Қамбарқызы, техника ғылымдарының магистрі, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: Oka-a7@mail.ru

Пирманов Ильдар, докторант, Азаматтық авиация академиясы, Алматы қ., 050039,Қазақстан Республикасы, e-mail: i.pirmanov@agakaz.kz

Рақышева Мадина Аділханқызы, аға оқытушы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университет, Өскемен қ., 070016, Қазақстан Республикасы, e-mail: Rakysheva.madina@gmail.com

Рахадилов Бауыржан Корабаевич, PhD, қауымд. профессор, «PlasmaScience» ЖШС директоры, Сәрсен Аманжолв атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ.,070002, Қазақстан Республикасы, e-mail: Rakhadiolovb@mail.ru

Райсов Нұрмаханбет Саятұлы, С. Аманжолов Шығыс Қазақстан университеті, «Беттік инженерия және трибология» ҒЗО, инеженер, Өскемен қ., 070002, Қазақстан Республикасы, e-mail: 2002raisov@gmail.com

Рахимбердинова Дилара Муратовна, PhD, постдокторант, «Электротехника және автоматтандыру» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: Di_lara83@mail.ru

Риттер Екатерина Сергеевна, PhD, доцент, Инженерлік және сандық технологиялар факультеті, «Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті», Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы, e-mail: esritter@ku.edu.kz

Риттер Дмитрий Викторович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерлік және сандық технологиялар факультеті, Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл,150000, Қазақстан Республикасы, e-mail: dritter@ku.edu

Садвакасова Құралай Жанжігітқызы, педагогика ғылымдарының кандидаты, доцент м.а., Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: k.sadvakasova@inbox.ru

Сәрсенбаев Ерлан Алиасқарұлы, PhD, кафедра меңгерушісі, Энергетика кафедрасы, Энергетика және машина жасау институты, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: y.sarsenbayev@satbayev.university

Сарсикеев Ермек Жасланұлы, PhD, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: sarsikeyev.ermek@yandex.ru

Сулейменова Гүлмира Оразбайқызы, техника ғылымдарының магистрі, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: gulmira--84@mail.ru

Сагалбаева Әсем Қаирғалиқызы, Ттехника ғылымдарының магистрі, «Intek» ЖК инженері, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: futyn2@mail.ru

Сағдолдина Жұлдыз Болатқызы, аға ғылыми қызметкер, Сарсен Аманжолов Шығыс Қазақстан университеті, «Беттік инженерия және

трибология» ҒЗО, Өскемен қ., 070002, Қазақстан Республикасы, e-mail: sagdoldina@mail.ru

Смагулова Каршига Канатовна, доцент, ӨПА кафедрасы, Энергетика, автоматика және телекоммуникация факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ.,100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: smagulovakk@mail.ru

Сейдахметов Бекен Канелович, Экономика ғылымдарының кандидаты, «Азаматтық авиация академиясы, Алматы қ., 050039, Қазақстан Республикасы, e-mail: rector@agakaz.kz

Смирнов Андрей Петрович, докторант, «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» мамандығы, Инженерлік және сандық технологиялар факультеті, Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы, e-mail: gprsboost03@mail.ru

Савостин Алексей Александрович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерлік және сандық технологиялар факультеті, Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл қ.,150000, Қазақстан Республикасы, e-mail: asavostin@ku.edu.kz

Сериков Тансауле Габдыманапович, PhD, қауымд. профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: tansaule_s@mail.ru

Талипов Олжас Манарбекович, PhD, профессор, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ.,140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: talipov1980@mail.ru

Тохметова Куралай Муратбековна, аға оқытушысы, ӨПА кафедрасы, Энергетика, автоматика және телекоммуникация факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: kuralay_tokhmetova@mail.ru

Тұрсұнбаева Гүлжамал Уйезбекқызы, техника ғылымдарының магистрі, оқытушы, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010006, Қазақстан Республикасы, e-mail: guljama@mail.ru

Толегенова Арай Сарсенгалиевна, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор м. а, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: balgyn.bek.2018@gmail.com

Тұрдыбек Балғынбек, магистр, Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: b.turdybek@alt.edu.kz

Төлеутай Гаухар, PhD, Инженерлік бейімдегі лаборатория, Сәтбаев университеті, Алматы қ., 050012, Қазақстан Республикасы; https://orcid.org/0000-0003-0381-6665, e-mail: gaukhar.toleutay@gmail.com

Ұзаққызы Нұргүл, PhD, доцент м.а., Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: nura_astana@mail.ru

Увалиева Индира Махмутовна, PhD, қауымд. профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университет, Өскемен қ., 070016, Қазақстан Республикасы, e-mail: iuvalieva@mail.ru

Утебаев Думан Нурмуханбетович, докторант, «Электроэнергетика» мамандығы, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай аймақтық университеті, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail: udn91@mail.ru

Уахитова Айгуль Ботановна, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор (доцент), С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., 000001, Қазақстан Республикасы, e-mail: a.uakhitova@mail.ru

Фаурат Алина Александровна, қауымд. профессор, География және туризм кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: alina03.09@mail.ru

Шакенов Қалижан Бақытжанұлы, PhD, қауымд. профессор, Энергетика кафедрасы, Энергетика және машина жасау институты, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: k.shakenov@satbayev.university

Шлимас Дмитрий Игорьевич, PhD, аға ғылыми қызметкер, ҚР ЭМ Ядролық физика институты, Астана қ.,010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: shlimas@inp.kz

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Адамова Айгуль Дюсенбиновна, ассистент профессор, Astana IT University, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: aika_pavl@mail.ru

Акимжанов Темірболат Балтабайевич, PhD, «Казахстанский институт стандартизации и метрологии», г. Астана, 010000, Казахстан, e-mail: takimzhanov@mail.ru

Айткалиева Гульзат, PhD, ассоц. профессор, Институт геологии, нефти и горного дела, Сатпаев университет, г. Алматы, 050012, Республика Казахстан; e-mail: g.aitkaliyeva@satbaev.university, https://orcid.org/0000-0001-9872-6317.

Амир Ерлан Камалиевич, докторант, Казахский государственный университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Казахстан, e-mail: a.erlan_999@mail.ru

Аманкельдин Шокан Аманкельдыулы, докторант, специальности «Электроэнергетика», Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: Amankeldin1992@gmail.com

Ашимова Айгуль Кенжибаевна, докторант по специальности «Электроэнергетика», Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, Институт Энергетики и машиностроения, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: Ashimova_ak@mail.ru

Алибеккызы Карлыгаш, PhD, ассоц. профессор, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, 070016, Республика Казахстан, e-mail: karlygash.eleusizova@mail.ru

Андреева Оксана Александровна, кандидат технических наук, ассоц. профессор, кафедра «Электротехника и автоматизация»,Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: andreyeva.oa @mail.ru

Айтбекова Шапағат Болатбекқызы, магистрант, 2 курс, Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, г. Алматы, 050038, Республика Казахстан, e-mail: aitbekovashapa@gmail.com

Аканова Акерке Сапаровна, PhD, старший преподаватель, кафедра «Компьютерные науки», Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: akerkegansaj@mail.ru

Асқадұлы Қанат, преподаватель, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, 070016, Республика Казахстан, e-mail: kanat.askaduly@gmail.com

Байбусинова Макпал Сапаровна, ст. преподаватель, Факультет Computer Science, Торайгыров университет, г. Павлодар , 140008, Республика Казахстан, e-mail: makpaly@mail.ru

Бектасова Асемгуль Айтпаевна, докторант, специальность «Электроэнергетика», Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, Институт Энергетики и машиностроения, Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: Bektasova_aa@mail.ru

Байдилдина Айжан Толеубековна, PhD, ассоц. профессор, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, 070016, Республика Казахстан, e-mail: atj-43@mail.ru

Бельгинова Сауле Аскербековна, PhD, ассоц. профессор, Университет «Туран», г. Алматы, 050039, Республика Казахстан, e-mail: sbelginova@gmail.com

Барукин Александр Сергеевич, PhD, ассоц. профессор, Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: alexbarukin@mail.ru

Бижанов Нурлан Уалиханович, докторант, специальность «Электроэнергетика», Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан, e-mail: bizhanov_nurlan@inbox.ru

Боргеков Дарын Боранбаевич, PhD, Институт ядерной физики МЭ РК, г. Астана, 010008, Республика Казахстан,e-mail: d.borgekov@inp.kz

Бергузинов Асхат Нурланович, PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: askhat_berguzinov@mail.ru

Белый Александр Владимирович, профессор, кафедра «География и туризм», Торайгыров университет, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: alexander.belyi@mail.ru

Бахтияр Балжан, кандидат технических наук, ассоц. профессор, Факультет энергетики, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010006, Республика Казахстан, e-mail: bahtyar.baljan@mail.ru

Боканова Алия Абылгазиевна, Доктор технических наук, доцент, профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана қ., 010008, Республика Казахстан, e-mail: bokanova_a@mail.ru

Велеба Войцех, доктор технических наук, профессор, Вроцлавский университет науки и технологий, г. Вроцлав, 50370, Польша, e-mail: wojciech.wieleba@pwr.edu.pl.

Войткевич Софья Валентиновна, и.о.доцента кафедра АПП, Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: sofiya_v@kstu.kz

Глущенко Татьяна Ивановна, кандидат экономических наук, ассоц. профессор (доцент), Инженерно-технический институт, Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан, e-mail: tatyana194@inbox.ru

Джанаргалиева Малика Руслановна, магистрант по направлению «Туризм», кафедра «География и туризм» Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: malika_28-01@mail.ru

Дробинский Александр Васильевич, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Электротехника и автоматизация», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан, e-mail: avd1942@ramdler.ru

Динмуханбетова Айгуль Жумагельдыевна, PhD, ассоц. профессор, Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ardi100909@mail.ru

Есім Аяна Қазбекқызы, докторант по направлению «Сфера обслуживания», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: ayana_esimova99@mail.ru

Есимова Динара Даутовна, кандидат педагогических наук, зав. кафедрой «География и туризм», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: dika-73@mail.ru

Есен Бегім Ержанұлы, магистрант, 2 курс, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, 050038, Республика Казахстан, e-mail: begim.yesen@gmail.com

Елемесова Гаухар, магистр, Институт геологии, нефти и горного дела Сатпаев университет, г. Алматы, 050012, Республика Казахстан, e-mail: g.yelemessova@satbaev.university

Ерболкызы Гульмира, PhD, докторант 3 курса, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, 000001, Республика Казахстан, e-mail: gulmiragip@gmail.com

Елубай Мадениет, кандидат химических наук, профессор Заведующий кафедрой Химии и химических технологий, Торайгыров Университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: yelubay.m@tou.edu.kz., https://orcid.org/0000-0002-6209-5215

Жартыбаева Макпал Галымбековна, PhD, и.о. доцента, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстан, e-mail: makkenskii@mail.ru

Жумажанов Серик Каратаевич, кандидат технических наук, ассоц. профессор (доцент), Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Казахстан, e-mail: zhumaser@mail.ru

Жумалиева Алтынай Каирбековна, магистр технических наук, преподаватель, Факультет энергетики, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010006, Республика Казахстан, e-mail: zhumaliyeva1990@list.ru

Жалмагамбетова Ултуар Каирбулатовна, PhD, ассоц. профессор кафедра «Электротехники и автоматизации», Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар,140008, Республика Казахстан, e-mail: ultuara@mail.ru

Звонцов Алексей Сергеевич ст. преподаватель, специальность «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Факультет Энергетики Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: trigal@mail.ru

Исабеков Жанат Бейсембайевич, PhD, ассоц. профессор (доцент), Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: asbizh@mail.ru

Исупова Наталья Александровна, кандидат технических наук (РФ), доцент, кафедра «Электротехнические комплексы автономных объектов и электрического транспорта», НИУ «Московский энергетический университет», г. Москва,111020, Российская Федерация, e-mail: natashaisu@mail.ru

Исенов Султанбек Сансызбаевич, кандидат технических наук, ассоц. профессор, декан энергетического факультета, Энергетический факультет, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана,010000, Республика Казахстан, e-mail: isenov_sultan@mail.ru

Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук, ассоц. профессор, Энергетический факультет, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: rus.iskakov79@mail.ru

Исабеков Жанибек Назарбекович, PhD, и.о доцента, Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави, Түркістан қ., 161200, Республика Казахстан, e-mail: janibek_23.93@mail.ru

Иванов Валерий Анатольевич, и.о.доцента, кафедра АПП, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Факультет Энергетики, автоматики и телекоммуникаций, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: v.ivanov_6119@mail.ru

Калинин Алексей Анатольевич, PhD, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Факультет инновационных технологий, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: a.kalinin@kstu.kz

Козловский Артем Леонидович, PhD, ассоц. профессор (доцент), Институт ядерной физики МЭ РК, г. Астана,010008, Республика Казахстан, e-mail: kozlovskiy.a@inp.kz

Кислов Александр Петрович, кандидат технических наук, профессор, Факультет, Энергетики и компьютерных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kislovpsu@mail.ru

Кириченко Лалита Николаевна, докторант по специальности Автоматизация и управление, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: lalita17021996@gmail.com

Калтаев Абдулла Габдылманапулы, PhD, ассоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: abdulla911@mail.ru

Карабасов Арман Олжасович, магистрант, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: karabassov.arman@list.ru

Қасым Руслан Тоқтасынұлы, магистр, сениор – лектор, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: kasym.ruslan@gmail.com

Карманов Амангельды Ерболович, PhD, ассоц. профессор (доцент), зав. кафедрой «Теплоэнергетика», Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: aman270685@mail.ru

Кошумбаев Марат Булатович, доктор технических наук, старший преподаватель, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Энергетический факультет, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: marat7759@mail.ru

Кузнецова Наталья Сергеевна, магистр, специальность «Психология» Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». г. Томск, 634000, Российская Федерация, e-mail: natalia_kuznetsova@tpu.ru

Құттыбай Нұржігіт Бақытұлы, PhD, И.о. доцент, кафедра «Физики твердого тела и нелинейной физики», физико-технический факультет,

Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, г. Алматы, 050038, Республика Казахстан, e-mail: Nurjigit.10.93@gmail.com

Кусаин Маржан Айдынқызы, магистрант, 2 курс, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, 050038, Республика Казахстан, e-mail: marzhan.6008@gmail.com

Кинжибекова Акмарал Кабиденовна, кандидат технических наук, ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан, e-mail: akmaral70@mail.ru

Клецель Марк Яковлевич, доктор технических наук, профессор, Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

Колесников Евгений Николаевич, PhD, постдокторант, кафедра «Электротехника и автоматизация», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: jeka89_pvl@mail.ru

Қошқарбай Нұрсұлтан Жалғасұлы, докторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, 050038, Республика Казахстан, e-mail: Koshkarbay.n@kaznu.kz

Кошеков Кайрат Темирбаевич, доктор технических наук, профессор, Академия гражданской авиации, г. Алматы, 050039, Республика Казахстан, e-mail: kkoshekov@mail.ru

Курбанов Якуб Мухсатұлы, руководитель Центра научных исследований и компетенций, Академия гражданской авиации, г. Алматы, 050039, Республика Казахстан, e-mail: kurbanov_yakub@li

Маханова Махмуда Акпаровна, кандидат экономических наук, старший преподаватель, Факультет энергетики, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010006, Республика Казахстан, e-mail: murassayahat@mail.ru

Маулет Меруерт, ст. научный сотрудник, Восточно-Казахстанского университет имена Сарсена Аманжолова НИЦ «Инженерия поверхности и трибология», г. Усть-Каменогорск, 070002, Республика Казахстан, e-mail: Maulet_meruert@mail.ru

Машрапов Бауыржан Ерболович, PhD, постдокторант, Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: bokamashrapov@mail.ru

Машрапова Ризагуль Мегданиятовна, PhD, ассоц. профессор, Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008,Республика Казахстан, e-mail: rizka1504@mail.ru

Мейрханова Мира Болатқызы, магистрант, специальность «7М07101 – Автоматизация и управление», кафедра АПП, Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский технический университет

имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: immira.bm@gmail.com

Молдахметов Саят Сайранович, PhD, доцент, Факультет инженерии и цифровых технологий, «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан, e-mail: ssmoldahmetov@ku.edu.kz

Нурмаганбетова Гулим Сахитовна, PhD, ст. преподаватель, Энергетический факультет, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: g_sahitovna@mail.ru

Никифоров Александр Степанович, доктор технических наук, профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар,140003, Республика Казахстан, e-mail: aleke4599@mail.ru

Нуркина Шолпан Муратовна, докторант, специальность «Теплоэнергетика», Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар,140000, Республика Казахстан, e-mail: sholpan_shupeeva@mail.ru

Новожилов Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, кафедра «Электроэнергетика», профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: novozhilova_on@mail.ru

Новожилов Тимофей Александрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий» Омский государственный технический университет, г. Омск, 644000, Российская Федерация, e-mail: timokvey@mail.ru.

Оришевская Елена Вячеславовна, магистр, ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: eva_pgu@mail.ru

Оспанова Назира Нургазыевна, кандидат педагогических наук, доцент, профессор, Факультет Computer Science, Торайгыров университет, г. Павлодар , 140008, Республика Казахстан, e-mail: nazira_n@mail.ru

Оржанова Жанар Керимбековна, кандидат технических наук, доцент, ассистент профессора, Академия логистики и транспорта, г. Алматы қ.,50012, Республика Казахстан, e-mail: zhanar.orzhanova@mail.ru

Оралбекова Жанар Орымбаевна, PhD, доцент, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстан, e-mail: oralbekova@bk.ru

Оразбекова Асем Камбаровна, Магистр технических наук, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: Oka-a7@mail.ru

Пирманов Ильдар, докторант, Академия гражданской авиации», г. Алматы,050039, Республика Казахстан, e-mail: i.pirmanov@agakaz.kz

Рақышева Мадина Аділханқызы, ст. преподаватель, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, 070016, Республика Казахстан, e-mail: Rakysheva.madina@gmail.com

Рахадилов Бауыржан Корабаевич, PhD, Директор ТОО «PlasmaScience», ассоц. профессор, Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолва, г. Усть-Каменогорск,070002, Республика Казахстан, e-mail: Rakhadiolovb@mail.ru

Райсов Нурмаханбет Саятулы, Восточно-Казахстанского университет имени Сарсена Аманжолова, инженер, НИЦ «Инженерия поверхности и трибология», г. Усть-Каменогорск, 070002, Республика Казахстан, e-mail: 2002raisov@gmail.com

Рахимбердинова Дилара Муратовна, PhD, Постдокторант, кафедра «Электротехника и автоматизация, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: Di_lara83@mail.ru

Риттер Екатерина Сергеевна, PhD, доцент, Факультет инженерии и цифровых технологий, «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», г. Петропавловск,150000, Республика Казахстан, e-mail: esritter@ku.edu.kz

Риттер Дмитрий Викторович, кандидат технических наук, Факультет инженерии и цифровых технологий, профессор, «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан, e-mail: dritter@ku.edu.kz

Садвакасова Куралай Жанжигитовна, кандидат педагогических наук, и.о. доцента, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстан, e-mail: k.sadvakasova@inbox.ru

Сарсенбаев Ерлан Алиаскарович, PhD, заведующий кафедры «Энергетика», Институт Энергетики и машиностроения, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы,050000, Республика Казахстан, e-mail: y.sarsenbayev@satbayev.university

Сарсикеев Ермек Жасланович, PhD, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: sarsikeyev.ermek@yandex.ru

Сулейменова Гульмира Оразбаевна, магистр технических наук, «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: gulmira--84@mail.ru

Сагалбаева Асем Каиргалиевна, Магистр технических наук, инженер ИП «Intek», Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: futyn2@mail.ru

Сагдолдина Жулдыз Болаткызы, ст. научный сотрудник, Восточно-Казахстанского университет имена Сарсена Аманжолова, НИЦ «Инженерия поверхности и трибология», г. Усть-Каменогорск, 070002, Республика Казахстан, e-mail: sagdoldina@mail.ru

Смагулова Каршига Канатовна, доцент, кафедра АПП, Факультет энергетики, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагиноваавтоматики и телекоммуникаций, г. Караганда, 100027,Республика Казахстан, e-mail: smagulovakk@mail.ru

Сейдахметов Бекен Канелович, кандидат экономических наук, Академия Гражданской Авиации, г. Алматы, 050039, Республика Казахстан, e-mail: rector@agakaz.kz

Смирнов Андрей Петрович, докторант, специальность «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Факультет инженерии и цифровых технологий, «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», г. Петропавловск,150000,Республика Казахстан, e-mail: gprsboost03@mail.ru

Савостин Алексей Александрович, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии и цифровых технологий, «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», Петропавловск,150000, Республика Казахстан, e-mail: asavostin@ku.edu.kz

Сериков Тансауле Габдыманапович, PhD, ассоц. профессор,Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: tansaule_s@mail.ru

Талипов Олжас Манарбекович, PhD, профессор, Факультет нергетики, Торайгыров университет, Павлодар,140008, Республика Казахстан, e-mail: talipov1980@mail.ru

Тохметова Куралай Муратбековна, старший преподаватель кафедры АПП, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникаций, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: kuralay_tokhmetova@mail.ru

Турсунбаева Гулжамал Уйезбековна, магистр технических наук, преподаватель, Факультет энергетики, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010006, Республика Казахстан, e-mail: guljama@mail.ru

Толегенова Арай Сарсенгалиевна, кандидат технических наук, и.о ассоц. профессора, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: balgyn.bek.2018@gmail.com

Турдыбек Балгынбек, магистр, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: b.turdybek@alt.edu.kz

Толеутай Гаухар, PhD, Лаборатория инженерного профиля, Сатпаев университет, г. Алматы, 050012, Республика Казахстан; https://orcid.org/0000-0003-0381-6665, e-mail: gaukhar.toleutay@gmail.com

Узаккызы Нургуль, PhD, и.о. доцента, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстан, e-mail: nura_astana@mail.ru

Увалиева Индира Махмутовна, PhD, ассоц. профессор, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, 070016, Республика Казахстан, e-mail: iuvalieva@mail.ru

Утебаев Думан Нурмуханбетович, докторант, специальность «Электроэнергетика», Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан, e-mail: udn91@mail.ru

Уахитова Айгуль Ботановна, кандидат технических наук, ассоц. профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 000001, Республика Казахстан, e-mail: a.uakhitova@mail.ru

Фаурат Алина Александровна, ассоц. профессор, кафедра «География и туризм», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: alina03.09@mail.ru

Шакенов Калижан Бахытжанович, PhD, ассоц. профессор, кафедра «Энергетика», Институт Энергетики и машиностроения, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы,050000, Республика Казахстан, e-mail: k.shakenov@satbayev.university

Шлимас Дмитрий Игорьевич, PhD, ст. научный сотрудник, Институт ядерной физики МЭ РК, г. Астана, 010008, Республика Казахстан, e-mail: shlimas@inp.kz

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Adamova Aigul Dusenbinovna, assistant professor, Astana IT University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: aika_pavl@mail.ru

Akimzhanov Temirbolat, PhD, R. S. E «Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology», Astana, 010000, e-mail: takimzhanov@mail.ru

Aitkaliyeva Gulzat, PhD (Petrochemistry), Associate Professor, Institute of Geology, Oil and Mining, Satbayev University, Almaty, 050012, Republic of Kazakhstan; e-mail: g.aitkaliyeva@satbayev.university; https://orcid.org/0000-0001-9872-6317.

Amir Yerlan, doctoral student, S. Seifullin Kazakh State University, Astana, 010000, Kazakhstan, e-mail: a.erlan_999@mail.ru

Amankeldin Shokan Amankeldyuly, Doctoral student in «Electrical Engineering», Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Faculty of energy, automation and telecommunications, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: Amankeldin1992@gmail.com

Ashimova Aigul, doctoral student in «Electric Power Industry», Satbayev University, Institute of Energy and Mechanical Engineering, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: Ashimova_ak@mail.ru

Alibekkyzy Karlygash, PhD, associate professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, 070016, Republic of Kazakhstan, e-mail: karlygash.eleusizova@mail.ru

Andreyeva Oksana Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electrical Engineering and Automation, Toraighyrov University, Pavlodar,140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: andreyeva.oa @mail.ru

Aitbekova Shapagat, undergraduate students, 2nd year, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, 050038, Republic of Kazakhstan, e-mail: aitbekovashapa@gmail.com

Akanova Akerke Saparovna, PhD, senior lecturer, Department of Computer Science, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullina, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: akerkegansaj@mail.ru

Askaduly Kanat, Lecturer, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,Ust-Kamenogorsk, 070016, Republic of Kazakhstan, e-mail: kanat.askaduly@gmail.com

Baibussinova Makpal Saparovna, senior lecturer, Faculty of Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: makpaly@mail.ru

Bektassova Assemgul, doctoral student in «Electric Power Industry», Satbayev University, Institute of Energy and Mechanical Engineering, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: Bektasova_aa@mail.ru

Baidildina Aizhan, PhD, associate professor, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, Ust-Kamenogorsk, 070016, Republic of Kazakhstan, e-mail: atj-43@mail.ru

Belginova Saule, PhD, associate professor, Turan University, Almaty, 050039, Republic of Kazakhstan, e-mail: sbelginova@gmail.com

Barukin Alexsandr Sergeevich, doctor PhD, assoc. professor, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: alexbarukin@mail.ru

Bizhanov Nurlan Ualikhanovych, doctoral student in, «Electric Power Industry», Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: bizhanov_nurlan@inbox.ru

Borgekov Daryn Boranbayevich, PhD, Institute of Nuclear Physics ME RK, Astana, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: d.borgekov@inp.kz

Berguzinov Askhat Nurlanovich, PhD, Professor, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: askhat_berguzinov@mail.ru

Belyi Alexander Vladimirovich, Professor, Department of «Geography and Tourism» Toraighyrov University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: alexander.belyi@mail.ru

Bakhtiyar Balzhan, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Faculty of Energy, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, 010006, Republic of Kazakhstan, e-mail: bahtyar.baljan@mail.ru

Bokanova Alya Abylgazievna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, L. N. Gumilyov Eurasian National University,Astana ,010008,Republic of Kazakhstan, e-mail: bokanova_a@mail.ru

Wojciech Wieleba, Doctor of Technical Sciences, Professor, Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, 50370, Poland, e-mail: wojciech.wieleba@pwr.edu.pl.

Voitkevich Sofya Valentinovna, Acting 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: sofiya_v@kstu.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

Janargaliyeva Malika Ruslanovna, undergraduate students in tourism department of «Geography and Tourism», Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: malika_28-01@mail.ru

Drobinsky Aleksandr Vasiljtvich, Candidate of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan), Professor of the Department of «Electrical Power Engineering and automation»,Toraighyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: avd1942@ramdler.ru

Dinmukhanbetova Aigul Zhumageldyevna, PhD, associate professor, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ardi100909@mail.ru

Yessim Ayana Kazbekkyzyzy, doctoral student in «Service sphere», L. N. Gumilev Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ayana_esimova99@mail.ru

Yessimova Dinara Dautovna, Candidate of Pedagogical Sciences, head of department of «Geography and tourism», Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: dika-73@mail.ru

Yessen Begim, undergraduate students, 2nd year, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, 050038, Republic of Kazakhstan, e-mail: begim.yesen@gmail.com

Yelubay, Madeniyet, Candidate of Chemical Science, Professor Head of the Department of Chemistry and Chemical Technologies, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: yelubay.m@tou.edu.kz., https://orcid.org/0000-0002-6209-5215

Yelemessova Gaukhar, master, Institute of geology, oil and mining, Satbayev University, Almaty, 050012, Republic of Kazakhstan; e-mail: g.yelemessova@satbayev.university

Yerbolkyzy Gulmira, PhD doctoral student, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, 000001, Republic of Kazakhstan, e-mail: gulmi-ragip@gmail.com

Zhartybayeva Makpal Galymbekovna, PhD, acting associate professor, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: makkenskii@mail.ru

Zhumazhanov Serik, Candidate of Technical Sciences, associate professor, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhumaser@mail.ru

Zhumaliyeva Altynai Kairbekovna, Master of Technical Sciences, teacher, Faculty of Energy, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullina, Astana, 010006, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhumaliyeva1990@list.ru

Zhalmagambetova Ultuar Kairbulatovna, PhD, Associate Professor Department of Electrical Engineering and Automation, Faculty Power Engineers,

Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ultuara@mail.ru

Zvontsov Aleksey Sergeyevich, senior lecturer in «Radio Engineering, Electronics and Telecommunications», Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: trigal@mail.ru

Issabekov Zhanat Beisembayevich, PhD, Associate Professor, Faculty of Energy, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asbizh@mail.ru.

Isupova Natalya Alexandrovna, Candidate of Technical Sciences (RF), Associate Professor, Department of «Electrotechnical Complexes of Autonomous Objects and Electric Transport», NRU «Moscow Power Engineering Institute», Moscow, 111020, Russian Federation, e-mail: natashaisu@mail.ru

Issenov Sultanbek Sansyzbaevich, Candidate of Technical Sciences, Associated Professor, Dean of the Faculty of Energy, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: isenov_sultan@mail.ru

Iskakov Ruslan Maratbekovich, Candidate of Technical sciences, Associated Professor, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: rus.iskakov79@mail.ru

Issabekov Zhanibek Nazarbekuly, PhD, acting assistant professor,K. A. Yasawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan, e-mail: janibek_23.93@mail.ru

Ivanov Valeriy Anatolievich, Acting 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: v.ivanov_6119@mail.ru

Kalinin Alexey Anatolievich, PhD, Faculty of innovation technology, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: a.kalinin@kstu.kz

Kozlovskiy Artem Leonidovich, PhD, Associate Professor, Institute of Nuclear Physics ME RK, Astana, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kozlovskiy.a@inp.kz

Kislov Aleksandr Petrovich, Faculties of Energy and Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kislovpsu@mail.ru

Kirichenko Lalita Nikolaevna, doctoral student in «Automation and Contro»,Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: lalita17021996@gmail.com

Kaltayev Abdulla Gabdylmanapuly, Associate Professor, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan,e-mail: abdulla911@mail.ru

Karabassov Arman Olzhasovich, undergraduate students S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail : karabassov.arman@list.ru

Kassym Ruslan Toktasynuly, Master, senior lecturer, Academy of Logistics and Transport, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kasym.ruslan@gmail.com

Karmanov Amangeldy Erbolovich, PhD, Associate Professor, Head of the Department of «Heat Power Engineering», Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: aman270685@mail.ru

Koshumbaev Marat Bulatovich, Doctor of Technical Sciences, senior lecturer, Faculty of Energy, Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: marat7759@mail.ru

Kuznetsova Natalya Sergeevna, Master's degree in Psychology, National Research University Higher School of Economics, Tomsk, 634000, Russian Federation, e-mail: natalia_kuznetsova@tpu.ru

Kuttybay Nurzhigit, PhD, acting associate professor, Department of Solid State and Nonlinear Physics, Faculty of Physics and Technology, Kazakh National University named after Al Farabi, Almaty,050038, Republic of Kazakhstan, e-mail: Nurjigit.10.93@gmail.com

Kussain Marzhan, undergraduate student, 2nd year, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, 050038, Republic of Kazakhstan, e-mail: marzhan.6008@gmail.com

Kinzhibekova Akmaral Kabidenovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Heat Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: akmaral70@mail.ru

Kletsel Mark Yakovlevich, Doctor of Technical Sciences, professor, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

Kolesnikov Evgeny Nikolaevich, PhD, «Electric Power Engineering», Postdoctoral lecturer, Department of Electrical Engineering and Automation, Toraigyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: jeka89_pvl@mail.ru

Koshkarbay Nursultan, doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, 050038, Republic of Kazakhstan

Koshekov Kairat, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academy of Civil Aviation, Almaty, 050039, Republic of Kazakhstan, e-mail: kkoshekov@mail.ru

Kurbanov Yakub, Head of the Center for Scientific Research and Competence, Academy of Civil Aviation, Almaty, 050039, Republic of Kazakhstan, e-mail: kurbanov_yakub@list.ru

Makhanova Makhmuda, doctoral student, Candidate of Economic Sciences, senior lecturer, Faculty of Energy, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, 010006, Republic of Kazakhstan, e-mail: murassayahat@mail.ru

Maulet Meruyert, senior researcher, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University Research Center «Surface Engineering and Tribology», Ust-Kamenogorsk, 070002, Republic Kazakhstan, e-mail: Maulet_meruert@mail.ru

Mashrapov Bauyrzhan Erbolovich, PhD, postdoctoral student, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail:bokamashrapov@mail.ru

Mashrapova Rizagul Megdaniyatovna, PhD, assoc. professor, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: rizka1504@mail.ru

Meirkhanova Mira Bolatovnky. undergraduate student, Department of APP, specialty «7M07101 – Automation and Control», Faculty of Energy, Automation and Telecommunications,Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda,100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: immira.bm@gmail.com

Moldakhmetov Sayat Sayranovich, PhD, assistant professor, «Manash Kozybayev North Kazakhstan university», Faculty of Engineering and Digital Technology, Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ssmoldahmetov@ku.edu.kz

Nurmaganbetova Gulim Sakhitovna, PhD, senior lecturer, Faculty of Energy, Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: g_sahitovna@mail.ru

Nikiforov Aleksandr Stepanovich, doctor of Technical Sciences, Professor Department of Heat Power Engineering, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail:aleke4599@mail.ru

Nurkina Sholpan Muratovna, doctoral student in «Heat power engineering», Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan,e-mail: sholpan_shupeeva@mail.ru

Novozhilov Alexander Nikolaevich, doctor of Technical Sciences, Professor Department of «Electric Power Engineering», Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: novozhilova_on@mail.ru

Novozhilov Timofey Alexandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Department of «Power Supply of Industrial Enterprises»,

Omsk State Technical University, Omsk, 644000, Russian Federation, e-mail: timokvey@mail.ru

Orishevskaya Elena Vyacheslavovna, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Heat Power Engineering, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: eva_pgu@mail.ru

Ospanova Nazira Nurgazyevna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor, Faculty of Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: nazira_n@mail.ru

Orzhanova Zhanar Kerimbekovna, Candidate of Technical Sciences, associate professor, assistant professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, 050012, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhanar.orzhanova@mail.ru

Oralbekova Zhanar Orymbayevna, PhD, associate professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: oralbekova@bk.ru

Orazbekova Asem Kambarovna, Master of Technical Sciences, Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: Oka-a7@mail.ru

Pirmanov Ildar, doctoral student, «Academy of Civil Aviation», Almaty ,050039, Republic of Kazakhstan, e-mail: i.pirmanov@agakaz.kz

Rakysheva Madina, Senior Lecturer, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, 070016, Republic of Kazakhstan, e-mail: Rakysheva.madina@gmail.com

Rakhadilov Bauyrzhan Korabayevich, PhD, Director of PlasmaScience LLP, associate professor, Sarsen Amanzholv East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, 070002, Republic of Kazakhstan, e-mail: Rakhadiolovb@mail.ru

Raisov Nurmakhanbet Saiyatuly, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan engineer University, Research Center «Surface Engineering and Tribology», Ust-Kamenogorsk, 070002, Republic of Kazakhstan, e-mail: 2002raisov@gmail.com

Рахимбердинова Дилара Муратовна, PhD «Electric Power Engineering»,Postdoctoral student of the Department of Electrical Engineering and Automation, Toraigyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: Di_lara83@mail.ru

Ritter Ekaterina Sergeevna, PhD, assistant professor, «Manash Kozybayev North Kazakhstan University», Faculty of Engineering and Digital Technology, Petropavlovsk,150000, Republic of Kazakhstan, e-mail: esritter@ku.edu.kz

Sadvakassova Kuralay Zhanzhigitovna, PhD, acting associate professor, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: k.sadvakasova@inbox.ru

Sarsenbayev Yerlan, PhD. Head of Department, Department of Power Engineering, Institute of Energy and Mechanical Engineering, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: y.sarsenbayev@satbayev.university

Sarsikeyev Yermek Zhaslanovich, PhD, Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail :sarsikeyev.ermek@yandex.ru

Suleimenova Gulmira Orazbaevna, Master of Technical Sciences, Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: gulmira--84@mail.ru

Sagalbaeva Asem Kairgalievna, Master of Technical Sciences, engineer IP «Intek», Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail : futyn2@mail.ru

Sagdoldina Zhuldyz Bolatkyzy, senior researcher, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University Research Center «Surface Engineering and Tribology», Ust-Kamenogorsk, 070002, Republic of Kazakhstan, e-mail: sagdoldina@mail.ru

Smagulova Karshiga Kanatovna, 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: smagulovakk@mail.ru

Seidakhmetov Beken, PhD in Economics, «Academy of Civil Aviation» Almaty, 050039, Republic of Kazakhstan, e-mail: ector@agakaz.kz

Smirnov Andrey Petrovich, doctoral student in «Radio Engineering, Electronics and Telecommunications», «Manash Kozybayev North Kazakhstan University», Faculty of Engineering and Digital Technology, Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan, e-mail: gprsboost03@mail.ru

Savostin Alexey Aleksandrovich, Candidate of Technic Sciences, professor «Manash Kozybayev North Kazakhstan University», Faculty of Engineering and Digital technology,Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan, e-mail: asavostin@ku.edu.kz

Serikov Tansaule Gabdymanapovich, PhD, associate professor, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: tansaule_s@mail.ru

Talipov Olzhas Manarbekovich, PhD, professor, Faculty of Energetics, Toraighyrov University, Pavlodar,140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: talipov1980@mail.ru

Tokhmetova Kuralai, 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: kuralay_tokhmetova@mail.ru

Tursunbayeva Gulzhamal Uyezbekovna, Master of Technical Sciences, teacher, Faculty of Energy, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, 010006, Republic of Kazakhstan, e-mail :guljama@mail.r

Tolegenova Arai Sarsengalievna, Doctor of Technical Sciences, acting associate professor, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: balgyn.bek.2018@gmail.com

Turdybek Balgynbek, undergraduate student, Academy of Logistics and Transport, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: b.turdybek@alt.edu.kz

Toleutai Gaukhar, PhD, Laboratory of Engineering, Satbayev University, Almaty, 050012, Republic of Kazakhstan;https://orcid.org/0000-0003-0381-6665.e-mail: gaukhar.toleutay@gmail.com

Uzakkyzy Nurgul, PhD, acting associate professor, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: nura_astana@mail.ru

Uvalieva Indira, PhD , associate professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, 070016, Republic of Kazakhstan, e-mail: iuvalieva@mail.ru

Utebayev Duman Nurmukhanbetovich, doctoral student in «Electric Power Industry», Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: udn91@mail.ru

Yerbolkyzy Gulmira, doctoral student, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, 000001, Republic of Kazakhstan, e-mail: gulmiragip@gmail.com

Uakhitova Aigul Botanovna, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, 000001, Republic of Kazakhstan, e-mail: a.uakhitova@mail.ru

Faurat Alina Alexandrovna, Associate Professor, Department of Geography and Tourism, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: alina03.09@mail.ru

Shakenov Kalizhan, PhD, Associate Professor, Institute of Energy and Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: k.shakenov@satbayev.university

Shlimas Dmitriy Igorevich, PhD, Senior Researcher, Institute of Nuclear Physics ME RK, Astana, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: shlimas@inp.kz

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 28.11.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.12.2023 ж. қол қойылды.
Электронды баспа
29.9 Mb RAM
Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова
Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Тапсырыс №4175

Сдано в набор 28.11.2023 г. Подписано в печать 29.12.2023 г.
Электронное издание
29.9 Mb RAM
Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова
Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Заказ № 4175

«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